



SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS
DE ÁGUA E SANEAMENTO
DA MAIA



**PLANO
DIRETOR DE
SANEAMENTO**

**CONCELHO
DA MAIA**

Os SMAS da Maia, enquanto entidade municipal gestora no setor da água, assumem a missão de garantir o abastecimento de água e a gestão de águas residuais com base em princípios de sustentabilidade e inovação, salvaguardando a saúde pública, a valorização da água e a proteção dos recursos hídricos bem como a proximidade com a comunidade.

Num quadro de excelência de qualidade do serviço, os SMAS da Maia elaboraram o Plano Estratégico e Desenvolvimento 2030, documento que congrega um conjunto de eixos e objetivos estratégicos que convocam a entidade gestora a assumir o papel que lhe compete no território municipal: Pilar de Sustentabilidade e Inovação.

Para assegurar a gestão eficiente e sustentável da rede de drenagem e tratamento de águas residuais, em 2024 teve início o desenvolvimento do Plano Diretor de Saneamento do Município da Maia, documento concluído e apresentado publicamente no Dia Mundial do Ambiente de 2025.

O Plano Diretor de Saneamento elaborado com o apoio da Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, é o documento que fornece as linhas orientadores da estratégia de modernização do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais do Município da Maia, no curto, médio e longo prazo, num quadro que se pretende de resiliência, sustentabilidade e adaptação climática, com vista a garantir um desempenho de elevada qualidade do serviço prestado à comunidade e o cumprimento da legislação aplicável.

Enquanto instrumento técnico e estratégico, num horizonte até 2075, este plano preconiza a implementação de soluções inovadoras e diferenciadas que mudarão o paradigma da gestão do sistema de recolha, drenagem e tratamento de águas residuais, compaginando-o com o desenvolvimento urbano e económico do Concelho da Maia e contribuindo para a melhoria do ambiente e atratividade do território.

As soluções propostas assentam numa abordagem holística que articula intervenções físicas - reabilitação contínua da rede de saneamento, beneficiação das ETAR e implementação de soluções de base natural – com medidas de modernização da gestão – implementação de sistemas de monitorização em tempo real e capacitação técnica.

O planeamento faseado das intervenções, com um investimento total estimado de 150 milhões de euros, confere exequibilidade e prioriza as ações mais prementes, assegurando a evolução progressiva para um sistema mais eficiente e robusto, como desejável e necessário.

Temos a honra de partilhar este documento através do site institucional dos SMAS da Maia, acessível em www.smasmaia.pt e da oferta simbólica deste exemplar aos nossos parceiros, porque afinal....

Água Somos Todos Nós.



ANTÓNIO DOMINGOS DA SILVA TIAGO
Presidente do Conselho de Administração dos SMAS da Maia

PLANO DIRETOR DE SANEAMENTO

NOME:	Elaboração do Plano Diretor de Saneamento do concelho da Maia
REFERÊNCIA:	HH2408
TIPO:	Plano Diretor de Saneamento
CONFIDENCIALIDADE:	Não confidencial
CLIENTE:	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Maia
DATA:	09 de julho de 2025

AUTORES:

Beatriz Duarte (Eng.^a Ambiente)
Iara Boleta (Des.^a)
Inês Lopes (Arq.^a)
João Barreiro (Eng.^o Ambiente, PhD)
Rita Ventura Matos (Eng.^a Ambiente, PhD)

REVISTO E APROVADO POR:

José Saldanha Matos (Eng.^o Civil, PhD)

DISTRIBUIÇÃO: -

VERSÃO: V02

Versão	Data	Responsável	Pontos Alterados
V01	26/05/2025	JSM	Criação do documento (Versão <i>Draft</i>)
V02	08/07/2025	JSM	Revisão geral

ÍNDICE DE TEXTO

SUMÁRIO EXECUTIVO	1
1. INTRODUÇÃO	3
1.1 ÂMBITO E OBJETIVOS.....	3
1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	5
2. MISSÃO, VISÃO E OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DOS SMAS DA MAIA.....	7
2.1 MISSÃO E VISÃO	7
2.2 OBJETIVOS E EIXOS ESTRATÉGICOS	7
2.3 METAS E INDICADORES.....	12
3. LEGISLAÇÃO RELEVANTE	15
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
3.2 DECRETO REGULAMENTAR N.º 23/95, DE 23 DE AGOSTO – REGULAMENTO GERAL DOS SISTEMAS PÚBLICOS E PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	15
3.3 DECRETO-LEI N.º 152/97, DE 19 DE JUNHO – TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS	16
3.4 DIRETIVA (EU) 2024/3019 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO, DE 27 DE NOVEMBRO (NOVA DARU) 18	
3.5 DECRETO-LEI N.º 236/98, DE 1 DE AGOSTO – PROTEÇÃO DO MEIO AQUÁTICO E MELHORIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	21
3.6 DECRETO-LEI N.º 276/2009, DE 2 DE OUTUBRO – REGIME DE UTILIZAÇÃO DE LAMAS.....	21
4. DADOS DE BASE.....	23
4.1 LOCALIZAÇÃO E ÁREA SERVIDA	23
4.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS E HIPSOMETRIA	23
4.3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	25
4.4 CADASTRO DE INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	27
4.4.1 <i>Sub-sistemas de drenagem doméstica</i>	27
4.4.2 <i>Sub-sistema de Cambados</i>	28
4.4.3 <i>Sub-sistema de Ponte de Moreira</i>	31
4.4.4 <i>Sub-sistema da Parada</i>	34
4.5 CADASTRO DE INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	39
4.5.1 <i>Análise de cadastro existente</i>	39
4.6 EVOLUÇÃO E CENÁRIOS DEMOGRÁFICOS	41
4.6.1 <i>População residente, flutuante e equivalente industrial</i>	41
4.6.2 <i>Capitação de águas residuais</i>	44
4.6.3 <i>Cenários de evolução</i>	44
4.7 RESULTADO DA VISITA DE CAMPO.....	46
4.8 MEIO RECETOR – RIO LEÇA	49
4.8.1 <i>Classificação ecológica, química e global</i>	49
4.8.2 <i>Associação de Municípios Corredor do Rio Leça</i>	53

4.9	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	54
4.9.1	<i>Enquadramento</i>	54
4.9.2	<i>Plano Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas</i>	58
5.	CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM	61
5.1	METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO	61
5.1.1	<i>Considerações iniciais</i>	61
5.1.2	<i>Investigação</i>	64
5.1.3	<i>Avaliação</i>	66
5.1.4	<i>Plano de Ação</i>	66
5.1.5	<i>Implementação</i>	68
5.2	ASPETOS HIDRÁULICOS E AMBIENTAIS	68
5.2.1	<i>Aspetos gerais</i>	68
5.2.2	<i>Estimativa de caudais de águas residuais</i>	69
5.2.3	<i>Avaliação do desempenho hidráulico dos emissários em tempo seco</i>	71
5.2.4	<i>Avaliação do desempenho hidráulico dos emissários e coletores em tempo de chuva</i>	89
5.2.5	<i>Risco de septicidade: odores, toxicidade e corrosão</i>	99
5.3	ASPETOS ESTRUTURAIS E OPERACIONAIS	114
6.	CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	115
6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	115
6.2	ETAR DE CAMBADOS	115
6.3	ETAR DE PONTE DE MOREIRA	119
6.4	ETAR DE PARADA	126
6.5	ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE CARBONO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO	134
6.5.1	<i>Considerações iniciais</i>	134
6.5.2	<i>Aspetos teóricos</i>	135
6.5.3	<i>Metodologia de cálculo</i>	138
6.5.4	<i>Apresentação e análise dos resultados</i>	143
7.	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS AO UTILIZADOR (ERSAR)	147
7.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	147
7.2	CLASSIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SERVIÇO	147
7.3	ÍNDICES DE DESEMPENHO	150
8.	PRINCIPAIS PROBLEMAS E DESAFIOS DO SISTEMA DE SANEAMENTO	153
8.1	ASPETOS GERAIS	153
8.2	PRINCIPAIS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	153
8.2.1	<i>Lacunas de dados de cadastro</i>	153
8.2.2	<i>Limitações de capacidade hidráulica de algumas das infraestruturas de drenagem</i>	155
8.2.3	<i>Afluências indevidas de caudais</i>	157
8.2.4	<i>Descarga de excedentes e poluição do meio recetor</i>	158

8.2.5	<i>Envelhecimento dos ativos</i>	159
8.3	DESAFIOS DE FUTURO	162
9.	ESTRATÉGIAS E SOLUÇÕES PARA BENEFICAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO	171
9.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	171
9.2	REABILITAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM	171
9.2.1	<i>Considerações gerais</i>	171
9.2.2	<i>Técnicas de reabilitação de coletores</i>	172
9.3	CONTROLO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS	174
9.3.1	<i>Prestação de serviço para a redução de afluências indevidas (2025-2028)</i>	174
9.3.2	<i>Plano de minimização de afluências indevidas</i>	175
9.3.3	<i>Desvio, controlo e regulação de caudal</i>	177
9.3.4	<i>Soluções de controlo na origem de águas pluviais</i>	180
9.4	ESTRATÉGIAS DE CONTROLO DE SULFURETOS E DE LIBERTAÇÃO DE ODORES	183
9.4.1	<i>Considerações gerais</i>	183
9.4.2	<i>Abordagem proposta</i>	185
9.4.3	<i>Estratégias futuras potenciais para controlo de sulfuretos</i>	189
9.5	BENEFICAÇÃO DAS ETAR	190
9.5.1	<i>Considerações gerais</i>	190
9.5.2	<i>ETAR de Ponte de Moreira</i>	190
9.5.3	<i>ETAR de Parada</i>	191
9.5.4	<i>Reutilização de efluente tratado</i>	192
9.6	OTIMIZAÇÃO E DESCENTRALIZAÇÃO DO SISTEMA	195
9.6.1	<i>Zonas húmidas construídas</i>	200
9.7	SOLUÇÕES DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO	203
9.7.1	<i>Monitorização, controlo em tempo real e aviso</i>	203
9.7.2	<i>Estudos, projetos, assistência técnica e fiscalização de obra</i>	206
9.7.3	<i>Formação, capacitação e aquisição de conhecimento</i>	206
9.7.4	<i>Investigação e inovação</i>	206
10.	ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS E PLANEAMENTO DAS INTERVENÇÕES	207
10.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	207
10.2	CUSTOS DE INVESTIMENTO E PLANEAMENTO	207
11.	SÍNTESE E CONCLUSÕES	209
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	211
	ANEXO 1 – VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DOS EMISSÁRIOS EM TEMPO SECO, EM REGIME PERMANENTE E UNIFORME	219
	ANEXO 2 – DESCRIÇÃO DO MODELO AEROSEPT+ E REDE CONCEPTUAL SIMULADA	241

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Síntese do plano de ação e metas do Plano Estratégico dos SMAS da Maia 2030.	11
Quadro 2.2 – Síntese comparativa dos indicadores da 3ª e 4ª geração do sistema de avaliação da qualidade dos serviços de gestão de águas residuais urbanas (ERSAR, 2022, 2024).	13
Quadro 3.1 – Síntese dos objetivos e metas estabelecidos pela nova DARU.	20
Quadro 4.1 – Características das EE de águas residuais do sub-sistema de Cambados.	30
Quadro 4.2 – Características das condutas elevatórias das EE de águas residuais do sub-sistema de Cambados.	30
Quadro 4.3 – Distribuição dos diâmetros dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.	32
Quadro 4.4 – Distribuição dos materiais dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.	32
Quadro 4.5 – Ano de instalação e idade média dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.	33
Quadro 4.6 – Características das EE de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.	33
Quadro 4.7 – Características das condutas elevatórias das EE de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.	34
Quadro 4.8 – Distribuição dos diâmetros dos emissários do sub-sistema de Parada.	36
Quadro 4.9 – Distribuição dos materiais dos emissários do sub-sistema de Parada.	36
Quadro 4.10 – Ano de instalação e idade média dos emissários do sub-sistema de Parada.	36
Quadro 4.11a – Características das EE de águas residuais do sub-sistema de Parada.	37
Quadro 4.12 – Características das condutas elevatórias das EE de águas residuais do sub-sistema de Parada.	38
Quadro 4.13 – Evolução da população residente no concelho da Maia (INE).	41
Quadro 4.14 – Evolução da população residente servida pelo sistema de saneamento da Maia.	42
Quadro 4.15 – População flutuante em casas particulares associada a cada sub-sistema de drenagem doméstica.	43
Quadro 4.16 – Estimativa da captação de água no concelho da Maia, em 2021.	44
Quadro 4.17 – Locais observados na visita de campo de 13 de dezembro de 2024.	46
Quadro 4.18 – Limiares de qualidade dos parâmetros físico-químicos gerais aplicáveis em rios do agrupamento Norte para o 3.º ciclo de planeamento dos PGRH (APA, 2021).	50
Quadro 4.19 – Relação entre os cenários RCP e SSP (adaptado de IPCC, 2023)	56
Quadro 4.20 – Opções e medidas de adaptação do PMAAC-Maia relacionadas com drenagem e saneamento (CMM e AdEPorto, 2020).	60
Quadro 5.1 – Relação entre os objetivos e os requisitos funcionais (NP EN 752:2014).	62
Quadro 5.2 – População atualmente servida em cada bacia de drenagem doméstica.	70
Quadro 5.3 – Caudal médio e de ponta para cada sub-bacia de drenagem doméstica.	71
Quadro 5.4 – EE - Características assumidas para efeitos de modelação.	92
Quadro 5.5 – Impactes do gás sulfídrico na saúde humana.	101
Quadro 5.6 – Parâmetros de simulação a variar nos cenários no AeroSept+	104
Quadro 5.7 – Cenários de simulação de septicidade em AeroSept+ para o sub-sistema de Ponte de Moreira.	106
Quadro 5.8 – Cenários de simulação de septicidade em AeroSept+ para o sub-sistema de Parada.	109
Quadro 5.9 – Cenários de simulação de septicidade em AeroSept+ para o sub-sistema de Cambados.	112

Quadro 6.1 – Valores limites de emissão previstos para a ETAR de Ponte de Moreira (COBA, 202ab).	122
Quadro 6.2 – Valores limites de emissão previstos para a ETAR de Parada (COBA, 2024b).	131
Quadro 6.3 – Dados e pressupostos para a quantificação das emissões na ETAR de Cambados.	139
Quadro 6.4 – Dados e pressupostos para a quantificação das emissões na ETAR de Ponte de Moreira.	140
Quadro 6.5 – Dados e pressupostos para a quantificação das emissões na ETAR de Parada.	141
Quadro 6.6 – Outros parâmetros para a quantificação das emissões (comuns a todos os cenários).	142
Quadro 7.1 – Valor, classificação e índice de fiabilidade dos indicadores reportados à ERSAR entre 2018 e 2022.	148
Quadro 7.2 – Estimativa dos valores de reposição das infraestruturas do sistema de saneamento da Maia.	151
Quadro 8.1 – Disponibilidade/ausência de informação relativa à cota do terreno/tampa e profundidade das câmaras de visita no cadastro de infraestruturas de drenagem de águas residuais.	154
Quadro 8.2 – Identificação e descrição de locais com lacunas de informação cadastral.	154
Quadro 8.3 – Trechos dos emissários com ausência de levantamento de câmaras de visita.	155
Quadro 8.4 – Locais que apresentam redução da secção útil do coletor para jusante	156
Quadro 8.5 – Tipos de aflúências indevidas aos sistemas de drenagem urbana.	158
Quadro 8.6 – Ano de construção e idade média dos emissários.	161
Quadro 8.7 – Classificação dos indicadores do sistema de avaliação da qualidade dos serviços prestados ao utilizador estabelecido pela ERSAR reportados em 2023 e valores de referência para boa classificação.	163
Quadro 9.1 – Comparação das alternativas de renovação de coletores.	173
Quadro 9.2 – Mapa de trabalhos e quantidades da prestação de serviço para a redução de aflúências indevidas ao sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Maia.	174
Quadro 9.3 – Síntese de medidas usuais de mitigação de corrosão induzida por sulfuretos em sistemas de drenagem.	184
Quadro 9.4 - Normas de qualidade de água para reutilização para rega.	194
Quadro 9.5 - Descrição das classes de rega — usos e nível de tratamento adequado em função das várias classes de qualidade da água.	194
Quadro 9.6 - Normas de qualidade de água para usos urbanos e usos paisagísticos (fora do contexto urbano).	194
Quadro 9.7 - Normas de qualidade de água para reutilização em uso industrial (proteção para contacto humano).	195
Quadro 9.8 – Características das EE dos sub-sistemas de Cambados.	197
Quadro 9.9 – Características das EE dos sub-sistemas de Ponte de Moreira.	198
Quadro 9.10 – Características das EE dos sub-sistemas de Ponte de Moreira.	198
Quadro 10.1 – Estimativa de custos de investimentos e distribuição a curto, médio e longo prazo.	207
Quadro A1.1 – Verificação hidráulica do emissário do sub-sistema de Cambados.	220
Quadro A1.2 – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.	222
Quadro A1.3 – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.	227

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 – Enquadramento da localização da área em estudo.....	23
Figura 4.2 – Enquadramento da área de estudo na Rede Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça.....	24
Figura 4.3 – Hipsometria do concelho da Maia.....	25
Figura 4.4 – Enquadramento da área de estudo na Carta Geológica de Portugal, folha 9-C (Porto).	26
Figura 4.5 – Sub-sistemas e emissários de drenagem doméstica.	28
Figura 4.6 – Distribuição dos diâmetros dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Cambados.	29
Figura 4.7 – Distribuição dos materiais dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Cambados.	29
Figura 4.8 – Distribuição do ano de instalação dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Cambados.	29
Figura 4.9 – Distribuição dos diâmetros e materiais do emissário EM09 – Gemunde/Cambados.....	29
Figura 4.10 –Volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Cambados entre 2021 e 2023.....	31
Figura 4.11 – Distribuição dos diâmetros dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.....	31
Figura 4.12 – Distribuição dos materiais dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.....	31
Figura 4.13 – Distribuição do ano de instalação dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.	32
Figura 4.14 –Volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira entre 2021 e 2023.	34
Figura 4.15 – Distribuição dos diâmetros dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Parada.	35
Figura 4.16 – Distribuição dos materiais dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Parada..	35
Figura 4.17 – Distribuição do ano de instalação dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Parada.	35
Figura 4.18 –Volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Parada entre 2021 e 2023.....	39
Figura 4.19 – Infraestruturas de drenagem pluvial do concelho da Maia.	40
Figura 4.20 – Distribuição dos diâmetros dos coletores pluviais do concelho da Maia.	40
Figura 4.21 – Evolução da população residente no concelho da Maia (INE) e projeções demográficas da 2ª revisão do PDM da Maia.	41
Figura 4.22 – Evolução da população residente servida por cada sub-sistema de saneamento da Maia.	42
Figura 4.23 – Cenários de evolução da população residente em cada sub-sistema e no sistema de saneamento da Maia.	45
Figura 4.24 – Enquadramento do rio Leça na Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça e localização de ETAR com descarga no rio Leça.	49

Figura 4.25 – Tipologia de rios definida para Portugal Continental, Instituto Português da Água em “ <i>Tipologia de Rios em Portugal Continental no âmbito da Implementação da diretiva Quadro da Água</i> ” (INAG, 2008).....	50
Figura 4.26 – Classificação do estado/potencial ecológico das massas de água superficial na RH2 no 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027) do PGRH.	51
Figura 4.27 – Classificação do estado químico das massas de água superficial na RH2 no 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027) do PGRH.....	52
Figura 4.28 – Classificação do estado global das massas de água superficial na RH2 no 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027) do PGRH.....	52
Figura 4.29 - Representação dos locais de monitorização da rede LoRa no rio Leça (fonte: <i>rio-leca.pt</i>).	53
Figura 4.30 – Alteração para o cenário IPCC SRES A2 e período de 2071 - 2100 relativamente a 1961 - 1990 (projetos PESETA e PRUDENCE): temperatura média anual (°C) (esquerda) e precipitação anual (%) (direita).....	54
Figura 4.31 – Períodos de retorno (futuros) em anos de seca com uma intensidade atual de eventos de 100 anos, de acordo com diversos modelos de clima (Lehner et al., 2006).....	55
Figura 4.32 – Cenários SSP de emissões de CO ₂ e aquecimento global (adaptado de IPCC, 2023)	56
Figura 4.33 – Projeções das alterações globais em intensidade e frequência de eventos extremos de precipitação relativamente ao período de referência 1850-1900 (adaptado de IPCC, 2021).	57
Figura 4.34 – Projeções das curvas IDF para Lisboa (valores absolutos à esquerda e fatores de alteração à direita) para três períodos: 2041-2071 (c, d) e 2071-2100 (e, f) (Monjo et al., 2018).....	57
Figura 4.35 – Projeções climáticas dos valores extremos de temperatura para o cenário atual e futuros (CMM e AdEPorto, 2020).	59
Figura 5.1 – Diagrama em pirâmide (NP EN 752:2014).	61
Figura 5.2 – Processo de gestão integrada do sistema de drenagem de águas residuais (NP EN 752:2014).....	63
Figura 5.3 – Processo de investigação (NP EN 752:2014).....	65
Figura 5.4 – Processo de avaliação (NP EN 752:2014).	66
Figura 5.5 – Processo de elaboração do plano de ação (NP EN 752:2014).	67
Figura 5.6 – Processo de implementação (NP EN 752:2014).	68
Figura 5.7 – Bacias de drenagem doméstica afluentes a cada emissário.....	69
Figura 5.8 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM09 – Gemunde/Cambados.	74
Figura 5.9 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM06 – Maia (Poente).	75
Figura 5.10 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM10 – Nascente ZI.	76
Figura 5.11 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM11 – Poente ZI.	77
Figura 5.12 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM12 – Guarda.	78
Figura 5.13 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM13 – Carvalhido. ...	79
Figura 5.14 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM14 – Secundário de Matos.	80
Figura 5.15 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM01 – Arquinho.	81

Figura 5.16 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM02 – Maia (Nascente).	83
Figura 5.17 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM03 – Chiolo.	84
Figura 5.18 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM04 – Silva Escura.	85
Figura 5.19 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM05 – Boi Morto.	86
Figura 5.20 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM07 – Leandro.	87
Figura 5.21 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM08 – Leça.	88
Figura 5.22 – Representação, em planta, das infraestruturas de drenagem de águas residuais consideradas no modelo EPA-SWMM.	91
Figura 5.23 – Hietograma de projeto para Portugal (Matos, 1987).	93
Figura 5.24 – Hietogramas de projeto para as precipitações com períodos de retorno de 0,1, 0,5 e 2 anos.	93
Figura 5.25 – Curva padrão para os caudais domésticos.	94
Figura 5.26 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de frequência 10/ano ($T = 0,1$ anos): rácio de capacidade dos coletores e nós críticos.	95
Figura 5.27 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de frequência 10/ano ($T = 0,1$ anos): velocidade máxima nos coletores.	95
Figura 5.28 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de frequência 2/ano ($T = 0,5$ anos): rácio de capacidade dos coletores e nós críticos.	96
Figura 5.29 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de frequência 2/ano ($T = 0,5$ anos): velocidade máxima nos coletores.	96
Figura 5.30 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de $T = 2$ anos: rácio de capacidade dos coletores e nós críticos.	97
Figura 5.31 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de $T = 2$ anos: velocidade máxima nos coletores.	97
Figura 5.32 – Exemplo de verificação dos resultados de simulação dinâmica para a chuvada de frequência 10/ano ($T = 0,1$ anos) com locais críticos identificados pelos SMAS da Maia.	99
Figura 5.33 – Interações para simulação da formação e remoção de sulfuretos consideradas no AeroSept+.	103
Figura 5.34 – Representação esquemática do sub-sistema de Ponte de Moreira simulado em AeroSept+.	105
Figura 5.35 – Resultados de simulação de oxigénio dissolvido (OD) e sulfuretos totais (S_T) na fase líquida e gás sulfídrico ($H_2S_{(g)}$) na atmosfera dos coletores – Trecho 1 (Ponte Moreira).	107
Figura 5.36 – Resultados de simulação de oxigénio dissolvido e sulfuretos totais na fase líquida e gás sulfídrico – Trecho 2 (Ponte Moreira).	108
Figura 5.37 - Representação esquemática do sub-sistema de Parada simulado em AeroSept+.	109
Figura 5.38 – Resultados de simulação de gás sulfídrico ($H_2S_{(g)}$) na atmosfera dos coletores – Trechos 1, 2, 4 e 5 (Parada).	110
Figura 5.39 - Representação esquemática do sub-sistema de Parada simulado em AeroSept+.	111
Figura 5.40 - Resultados de simulação de gás sulfídrico ($H_2S_{(g)}$) na atmosfera dos coletores – Trechos 1 e 2 (Cambados).	113
Figura 6.1 – Vista aérea da ETAR de Cambados.	115

Figura 6.2 – Representação esquemática do processo de tratamento da ETAR de Cambados (COBA, 2023).....	116
Figura 6.3 – Volume tratado no período de 2022-2023 na ETAR de Cambados.	117
Figura 6.4 – Valores de concentração no afluente, efluente e eficiência de remoção dos parâmetros de CBO ₅ , CQO, SST, N-Total e P-Total no período de 2022-2023 na ETAR de Cambados.	118
Figura 6.5 – Vista aérea da ETAR de Ponte de Moreira.	119
Figura 6.6 - Vistas da ETAR de Ponte de Moreira: a) obra-de-entrada, b) vista de medição de caudal e decantação.	119
Figura 6.7 – Diagrama de funcionamento atual da ETAR de Ponte de Moreira (COBA, 2024a).	121
Figura 6.8 – Volume tratado no período de 2022-2023 na ETAR de Ponte de Moreira.	122
Figura 6.9 – Valores de concentração no afluente, efluente e eficiência de remoção dos parâmetros de CBO ₅ , CQO, SST, N-Total e P-Total no período de 2022-2023 na ETAR de Ponte de Moreira.	123
Figura 6.10 – Planta de implantação e arranjos exteriores após intervenções na ETAR de Ponte de Moreira (COBA, 2024a).	125
Figura 6.11 – Vista aérea da ETAR de Parada.	126
Figura 6.12 – Diagrama de tratamento atual na ETAR de Parada (COBA, 2024b).	127
Figura 6.13 – a) Elevação inicial da ETAR de Parada, b) Edifício de compostagem de lamas	128
Figura 6.14 – a) Vista do rio Leça e do recinto da ETAR de Parada; b) Registos de níveis de inundações atingidos em diferentes eventos no interior dos edifícios da ETAR de Parada.	128
Figura 6.15 - Principais intervenções propostas para a ETAR de Parada (COBA, 2024b).	129
Figura 6.16 – Perfil longitudinal do dique proposto (COBA, 2024b)	130
Figura 6.17 – Volume tratado no período de 2022-2023 na ETAR de Parada.	131
Figura 6.18 - Valores de concentração no afluente, efluente e eficiência de remoção dos parâmetros de CBO ₅ , CQO, SST, N-Total e P-Total no período de 2022-2023 na ETAR de Parada.	132
Figura 6.19 – Produção de lamas compostadas na ETAR de Parada no período 2022-2023, em toneladas de matéria seca por dia.	132
Figura 6.20 – Consumo mensal de biogás na ETAR de Parada no período 2022-2023, em milhares de metros cúbicos.	133
Figura 6.21 - Categorias de emissões avaliadas (fronteiras do sistema) (adaptado de Tumlin <i>et al.</i> , 2013).	135
Figura 6.22 – Visão geral dos âmbitos e emissões ao longo de uma cadeia de valor no contexto dos serviços de gestão de águas residuais (adaptado de Lake, 2023).	136
Figura 6.23 – Valores de referência para as emissões de GEE em ETAR.	137
Figura 6.24 – Diagrama de <i>Sankey</i> para as emissões de CO ₂ -eq, em toneladas, na ETAR de Parada.	143
Figura 6.25 – Diagrama de <i>Sankey</i> para as emissões de CO ₂ -eq, em toneladas, na ETAR de Ponte de Moreira.	144
Figura 6.26 – Diagrama de <i>Sankey</i> para as emissões de CO ₂ -eq, em toneladas, na ETAR de Cambados.	144
Figura 7.1 – Índices de conhecimento infraestrutural, medição de caudais, gestão patrimonial de infraestruturas e de segurança e resiliência reportados à ERSAR entre 2018 e 2023.	151

Figura 8.1 – Estações elevatórias de águas residuais, rede hídrica e infraestruturas de drenagem pluvial.....	159
Figura 8.2 – Idade das infraestruturas de drenagem de águas residuais (coletores e emissários).	160
Figura 8.3 – Distribuição das idades dos coletores de águas residuais em cada sub-sistema.....	161
Figura 8.4 – Oportunidades de economia circular ao longo do ciclo de vida de um produto (adaptado de Banco Mundial, 2022).....	164
Figura 8.5 – Barreiras gerais aos Modelos de Negócio Circulares (adaptado de Banco Mundial, 2022).	165
Figura 8.6 – O enquadramento WICER (adaptado de Delgado et al., 2021).	166
Figura 8.7 – A via da água na Economia Circular (IWA, 2016).	167
Figura 8.8 – Economia Circular em tecnologias de saneamento descentralizado (Patwa et al., 2025).	168
Figura 9.1 – Categorias de técnicas de reabilitação de coletores sem abertura de vala (ISTT).	172
Figura 9.2 - Fases para a implementação de um Plano de Minimização de Afluências Indevidas.	175
Figura 9.3 - Exemplo de válvula do tipo “vórtice” com “by-pass” e de curva (adaptação de Mosbaek - Hidrostant)	178
Figura 9.4 - Exemplo de válvula de regulação de caudal do tipo flutuante e de curva característica (adaptado de Biogest - Hidrostant).....	179
Figura 9.5 Principais técnicas de controlo na origem.....	182
Figura 9.6 – Exemplo de colocação de filtros de odores em tampas ou tubagens de ventilação (fonte: Nixor.pl).	186
Figura 9.7 – Filtro de odores instalado em câmara de visita adjacente.....	187
Figura 9.8 – Áreas contributivas a cada estação elevatória de águas residuais.	197
Figura 9.9 – Proposta de sistemas elevatórios a descentralizar.....	199
Figura 9.10 – Esquematização de uma solução com recurso a coletor intercetor para descentralização de sistemas elevatórios.	200
Figura 9.11 – Exemplo de zona húmida construída.....	200
Figura 9.12 – Exemplos de soluções descentralizadas de base natural (Dotro, et al., 2017).	201
Figura 9.13 – Central de controlo do sistema de drenagem da empresa municipal Barcelona Cicle de l’Aigua (fonte: <i>catalannews.com</i>).....	204

ÍNDICE DE DESENHOS

PEÇA DESENHADA	ESCALA
01 Planta de localização	1:2 500 000 1:50 000
02 Enquadramento hidrográfico	1:4 000 000 1:50 000
03 Carta hipsométrica	1:50 000
04 Carta geológica	1:50 000
05 Sub-sistemas e emissários de drenagem de águas residuais	1:50 000
06 Cadastro de infraestruturas de drenagem de águas residuais	1:100 000 1:5 000
07 Cadastro de infraestruturas de drenagem de águas pluviais e rede hídrica	1:25 000
08 Locais críticos identificados pela CRL-AM e SMAS da Maia e vistos na visita de campo	1:50 000
09 Sub-bacias e infraestruturas consideradas no modelo hidrodinâmico	1:50 000
10 Resultados da avaliação do desempenho hidráulico dos emissários em tempo seco	1:50 000
11 Resultados da avaliação do desempenho hidráulico dos emissários e coletores em tempo de chuva	1:50 000
12 Planta de implantação da ETAR de Cambados após intervenções (adaptado de NORAQUA, 2000)	1:250
13 Planta de implantação e perfil hidráulico das intervenções propostas para remodelação da ETAR de Ponte de Moreira (adaptado de COBA, 2024a)	1:1 000 1:300
14 Planta de implantação e diagrama linear das intervenções propostas para remodelação da ETAR de Parada (adaptado de COBA, 2024b)	1:1 000
15 Idade das infraestruturas de drenagem de águas residuais	1:25 000
16 Proposta preliminar de sistemas elevatórios a descentralizar	1:25 000
17 Desenho Tipo – Estação Elevatória Tipo I	1:50
18 Desenho Tipo – Estação Elevatória Tipo II	1:50
19 Desenho Tipo - Leito de macrófitas de fluxo vertical superficial	1:50
20 Desenho Tipo - Leito de macrófitas de fluxo horizontal superficial	1:50
21 Desenho Tipo - Leito de macrófitas "french-system"	1:50

SUMÁRIO EXECUTIVO

O Plano Diretor de Saneamento do concelho da Maia inclui o planeamento integrado e sustentável do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais no curto, médio e longo prazo. Este instrumento estratégico permite dotar os SMAS da Maia de uma base técnica para a tomada de decisões informadas, definindo prioridades de intervenção, estimativas de investimento e um plano faseado de ações, em articulação com os desafios técnicos, sociais, ambientais e demográficos atuais e futuros do território.

O sistema de saneamento da Maia é do tipo separativo, constituído por cerca de 553 km de coletores, incluindo os seus 14 emissários, 85 estações elevatórias e 3 estações de tratamento de águas residuais: Cambados, Ponte de Moreira e Parada. A rede apresenta uma densidade adequada e um grau de cobertura que se aproxima da universalidade. Estima-se que, atualmente, sejam servidos cerca de 135 000 habitantes, com projeções de crescimento até aproximadamente 175 000 habitantes, em 2075.

O diagnóstico ao sistema permitiu identificar um conjunto de problemas estruturais e funcionais, com impactos ambientais e sociais significativos. Destacam-se: a) a existência de lacunas no cadastro; b) limitações de capacidade hidráulica de vários trechos da rede; c) aflúências indevidas ao sistema, de caudais pluviais ou com origem no aquífero (com impactes na operação e tratamento das infraestruturas); d) descargas de excedentes poluídos no meio recetor (rio Leça); e e) situações de risco de septicidade em tempo seco, nomeadamente no que respeita à emissão de odores ofensivos e corrosão de materiais. Verificam-se ainda fragilidades na gestão de ativos e na capacidade de resposta a eventos extremos, num contexto em que se preveem maiores pressões associadas às alterações climáticas e à exigência de cumprimento de novos requisitos legais, nomeadamente decorrentes da aplicação da nova Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho (DARU).

No seguimento da fase de diagnóstico, foram propostas soluções integradoras dos princípios de resiliência e de adaptação a alterações climáticas, de economia circular e de sustentabilidade, sendo de realçar: 1 - a reabilitação contínua do sistema de drenagem a taxas iguais ou superiores a 1,5%; 2 - o controlo sistemático de aflúências indevidas; 3 - a otimização do número de sistemas elevatórios e descentralização, com recurso a soluções de tratamento de base natural; e 4 - a reabilitação e beneficiação das estações de tratamento, nomeadamente das ETAR de Parada e de Ponte de Moreira. Prevê-se que estas intervenções sejam complementadas por medidas não físicas (em termos de construção), como a modernização da operação, com introdução de tecnologias de monitorização, de controlo em tempo real e de aviso, bem como a formação e capacitação de quadros e sensibilização da comunidade.

O investimento total estimado ascende a cerca de 150 milhões de euros, distribuídos por curto prazo (2026–2030), médio prazo (2031–2045) e longo prazo (2046–2075). A concretização do Plano Diretor de Saneamento permitirá aos SMAS da Maia garantir elevados padrões de qualidade de desempenho técnico, ambiental e económico dos serviços a seu cargo, em linha com os objetivos estratégicos do Município.

Elaboração do Plano Diretor de Saneamento do concelho da Maia

– PLANO DIRETOR DE SANEAMENTO –

1. INTRODUÇÃO

1.1 ÂMBITO E OBJETIVOS

O presente documento corresponde ao quinto e último entregável (R5) da prestação de serviços de **“Elaboração de Plano Diretor de Saneamento do concelho da Maia”**, e que inclui assessoria técnica ao desenvolvimento de projetos das ETAR de Parada e de Ponte de Moreira, conforme Contrato estabelecido entre o Município da Maia e a Sociedade Hidra, Hidráulica e Ambiente, Lda., de 31 de maio de 2024, com um período de execução de 12 meses.

As preocupações dos SMAS do ponto de vista de satisfação da legislação no que respeita a descarga de efluentes, a adaptação às alterações climáticas, aumento da resiliência e aos desafios futuros, nomeadamente decorrentes da nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas (DARU), aprovada no Conselho Europeu a 5 de novembro de 2024 com entrada em vigor no início de 2025, abrem oportunidades e justificaram a elaboração de um Plano Diretor de Saneamento do concelho.

O sistema de saneamento da Maia inclui três sub-sistemas que drenam para Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), sendo que, recentemente, as duas maiores ETAR foram alvo de estudos e projetos de beneficiação, nomeadamente a ETAR de Parada e a ETAR de Ponte de Moreira. Posteriormente à entrega dos estudos e projetos, foram solicitadas propostas adicionais ao projetista, de forma a contemplar um conjunto adicional de medidas. O Plano incluiu assessoria técnica ao desenvolvimento dos projetos das ETAR de Parada e de Ponte de Moreira, e aos documentos associados, sendo de reforçar a oportunidade de captação de investimentos para esses fins, conforme previsto no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030 (PENSAARP 2030).

Paralelamente, constitui preocupação dos SMAS da Maia o impacto de aflúências indevidas no sistema, seja decorrente de infiltrações do aquífero, seja de escoamento direto por aflúências pluviais, tendo sido lançado, em 2024, um procedimento para a prestação de serviços de controlo de aflúências indevidas ao sistema de drenagem de águas residuais, com um prazo de execução de 3 anos, e que se iniciou em 2025.

O presente Plano Diretor apresenta uma visão holística, integradora e estratégica da evolução do sistema de saneamento da Maia, em que os vários componentes - utilizadores, coletores

públicas e infraestruturas associadas, bem como as três estações de tratamento e meio recetor - têm interdependências, sendo que a interferência numa componente afeta, ou pode afetar, as restantes. Pretende-se que, com este Plano Diretor, os SMAS da Maia otimizem a gestão integrada dos seus ativos, de forma sustentável, tendo em atenção fatores sociais, técnicos, económicos e ambientais.

O Plano incluiu as seguintes fases:

Fase 1 - Recolha de informação e estabelecimento dos dados base:

Identificação e análise dos dados base necessários que serviram de orientação e pressupostos para consequente desenvolvimento do Plano Diretor. Os principais produtos desta fase correspondem aos entregáveis “*Relatório de Planeamento de Atividades*” (R1, agosto 2024) e “*Relatório de dados base e critérios de conceção e pré-dimensionamento*” (R2, outubro 2024).

Fase 2 - Diagnóstico de desempenho do sistema de saneamento e identificação de principais desafios e assessoria técnica aos projetos das ETAR de Parada e Ponte de Moreira:

Indo de encontro às recomendações normativas, o diagnóstico compreende aspetos hidráulicos, ambientais, estruturais e operacionais, com ênfase nas redes de drenagem, mas contemplando, naturalmente, os sistemas de tratamento (ETAR) e o meio recetor, enquanto componentes do sistema integrado. Paralelamente, foi realizada uma avaliação técnica aos projetos de beneficiação das ETAR de Parada e Ponte de Moreira. Os principais produtos desta fase correspondem aos entregáveis “*Parecer técnico do Projeto de Execução da ETAR de Ponte de Moreira*” (R3.1, outubro 2024), “*Parecer técnico do Estudo Prévio da ETAR de Parada*” (R3.2, dezembro 2024) e o “*Relatório de Diagnóstico e de Desempenho do Sistema de Saneamento*” (R4, fevereiro 2025).

Fase 3 - Proposta de medidas e elaboração do Plano Diretor:

Tendo em conta os resultados do diagnóstico, identificam-se estratégias e soluções com vista à beneficiação do desempenho sustentável do sistema e ao cumprimento dos objetivos dos SMAS da Maia, apresentando soluções, medidas e respetivo planeamento para implementação. O presente documento constitui-se como o principal produto da prestação de serviços.

Fase 4 – Divulgação:

O Plano Diretor foi apresentado publicamente no dia 5 de junho de 2025, em sessão aberta, no Salão Nobre da Câmara Municipal da Maia, com a presença de diversas entidades oficiais — nomeadamente representantes do Município e das Freguesias da Maia, da Agência Portuguesa do Ambiente e da Associação de Municípios do Corredor do Rio Leça —, bem como de membros da população em geral. O documento esteve disponível no website da Câmara Municipal da Maia para apreciação pública e recolha de contributos e sugestões, até 30 de junho de 2025, resultando no presente documento final.

1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento é constituído por 11 Capítulos, 21 Peças Desenhadas e 2 Anexos.

Após o presente capítulo introdutório, no Capítulo 2 resume-se, de forma sucinta, os princípios orientadores dos SMAS da Maia no que respeita à sua missão, visão e objetivos, tendo em conta as tendências de gestão dos serviços do setor da água, e o respetivo Plano Estratégico.

No Capítulo 3 apresenta-se o enquadramento das atividades no que respeita à legislação do setor no que se refere aos critérios de dimensionamento de infraestruturas de drenagem, tratamento de águas residuais, descarga e proteção do meio recetor e utilização de lamas. Adicionalmente, é dada ênfase à nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas, recentemente aprovada pelo Conselho Europeu.

No Capítulo 4 apresentam-se os dados base que servem de orientação e pressupostos para o consequente desenvolvimento do Plano Diretor, incluindo contextualização geográfica do concelho da Maia, análise dos elementos disponibilizados, como do cadastro de infraestruturas de águas residuais, das características das estações elevatórias e das ETAR, caracterização das infraestruturas de drenagem e apresentação dos resultados da visita de campo efetuada com os técnicos dos SMAS e da Câmara Municipal. Apresenta-se, também, neste capítulo, uma estimativa da evolução da população servida pelo sistema de saneamento da Maia e respetiva projeção a médio e longo prazo, isto é, cenários de evolução demográfica, mas também de captações e caudais médios e de dimensionamento. Inclui-se, ainda, no Capítulo 4, uma breve descrição e caracterização do rio Leça, meio recetor principal dos efluentes do concelho, e um enquadramento dos potenciais impactes das alterações climáticas no sistema.

No Capítulo 5 é realizado, com base nos elementos disponíveis, o diagnóstico de aspetos hidráulicos, ambientais, estruturais e operacionais do sistema de saneamento, com ênfase nas redes de coletores. O diagnóstico hidráulico e ambiental é realizado de forma simplificada para os caudais de águas residuais em tempo seco, recorrendo à expressão de Gauckler-Manning-Strickler, e de forma mais complexa, para tempo de chuva, recorrendo ao modelo de simulação dinâmica EPA-SWMM. O diagnóstico pretende aferir o desempenho das redes domésticas face à ocorrência de aflúências pluviais diretas para eventos de precipitação frequentes. É ainda incluída uma análise do risco de septicidade, com recurso ao modelo AeroSept+. Os dados disponíveis para a realização do diagnóstico dos aspetos estruturais e operacionais são relativamente escassos, sendo que esta análise é sobretudo efetuada com base nos indicadores reportados à Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

No Capítulo 6 descrevem-se as principais características das três ETAR do concelho, incluindo o diagnóstico dos principais problemas de operação, já identificados no âmbito de trabalhos anteriores. É ainda apresentada uma estimativa inovadora em Portugal de avaliação da “pegada” de carbono das três ETAR.

No Capítulo 7 apresenta-se a análise da evolução, entre 2018 e 2023, da qualidade do serviço prestado aos utilizadores de acordo com o sistema de avaliação por indicadores da entidade reguladora (ERSAR).

Com base nos resultados da avaliação ao sistema, apresenta-se, no Capítulo 8, uma síntese dos principais problemas identificados e desafios do sistema de saneamento da Maia.

Tendo em conta esses desafios e oportunidades apresentam-se, no Capítulo 9, estratégias e soluções/medidas de resiliência e adaptação às alterações climáticas, de economia circular e de sustentabilidade, no quadro decorrente de aprovação de recente legislação comunitária (em particular a Diretiva (UE) 2024/3019). Como medidas principais incluem-se as intervenções físicas, como a reabilitação das infraestruturas e controlo de afluências indevidas, a reabilitação e beneficiação das ETAR e a otimização e descentralização do sistema, e de aquisição de conhecimento, como a implementação de um sistema de monitorização e aviso, a formação e capacitação contínua dos seus quadros, a sensibilização ambiental e a aposta na investigação e inovação.

No Capítulo 10 apresenta-se o custo total das soluções e respetivo planeamento de execução no curto (2026-2030), médio (2031-2045) e longo prazo (2046-2050).

Por fim, no Capítulo 11 inclui-se uma síntese do Plano Diretor e apresentam-se as principais conclusões.

2. MISSÃO, VISÃO E OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DOS SMAS DA MAIA

2.1 MISSÃO E VISÃO

Os SMAS da Maia têm como **Missão** garantir continuamente o abastecimento de água e a gestão das águas residuais no território maiato, com base em princípios de sustentabilidade e inovação, salvaguardando a saúde pública, a valorização da água e a proteção dos recursos hídricos bem como a proximidade com a comunidade

Constitui a **Visão** dos SMAS da Maia que estes serviços sejam garantidos num quadro de excelência de qualidade do serviço, de adaptação a alterações climáticas e de sustentabilidade, tendo em atenção a realidade atual e futura, satisfazendo os seguintes princípios:

Universalidade (100% de acesso).

Continuidade (24 h, 365 dias).

Proteção de valores ambientais.

2.2 OBJETIVOS E EIXOS ESTRATÉGICOS

O Plano Estratégico de Desenvolvimento dos SMAS da Maia 2030 estabelece os 3 objetivos estratégicos seguintes:

Promoção a sustentabilidade e resiliência – ambiental, financeira e infraestrutural.

Aposta na Inovação e Transição digital.

Fomento da relação de proximidade - municípios, entidades e colaboradores.

Para a concretização destes objetivos, esse plano, estabelece os seguintes 9 eixos estratégicos:

1. Sustentabilidade e circularidade
2. Inovação Tecnológica e Sistemas de Informação
3. Comunicação e Marketing
4. Educação e Cidadania
5. Cliente
6. Gestão de Pessoas
7. Desempenho operacional, financeiro e comercial
8. Património infraestrutural
9. Captação de investimento

No âmbito das Grandes Operações do Plano 2025-2029 dos SMAS da Maia, destaca-se, no setor do saneamento, a importância da captação de fundos para a realização de investimentos relevantes como a remodelação e beneficiação das ETAR de forma a cumprir as exigências previstas na nova DARU; a renovação de emissários e rede de drenagem de águas residuais que se aproximam do fim de vida útil; a redução das afluências indevidas à rede de drenagem de águas residuais; e o desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão do património baseado em dados.

Este documento realça ainda os seguintes princípios orientadores para a elaboração do Orçamento Ordinário para 2025-2029 e, consequentemente, da ação dos SMAS da Maia:

Cumprimento dos novos imperativos legais relativos aos níveis mínimos de qualidade dos serviços a prestar ao cidadão.

Implementação de mecanismos de incremento do controlo, gestão e da fiabilidade dos principais KPI (Key Performance Indicators) da organização.

Investimento em inovação, com uma forte aposta no domínio dos sistemas de informação e da automatização de processos, bem como no desenvolvimento de projetos de inteligência artificial e machine learning, com carácter preditivo, para melhoria da eficiência operacional e da integração dos sistemas que suportam as diversas atividades.

Captação de investimento a partir das linhas de financiamento disponíveis tendo em vista a melhoria do desempenho dos ativos dos SMAS e aumento da resiliência dos sistemas de água e de drenagem de águas residuais face às alterações climáticas.

Melhoria do desempenho ambiental das infraestruturas e atividades a cargo dos SMAS da Maia, principalmente em termos hídricos e energéticos;

Envolvimento da comunidade na tomada de decisão dos projetos a concretizar com vista à gestão sustentável pela água;

Fomento de uma cultura profissional solidária e capacitada para a gestão da mudança nos SMAS da Maia.

Neste contexto, o Plano Estratégico de Desenvolvimento dos SMAS da Maia 2030 estabelece o Plano de Ação 2030 com um conjunto ambicioso de ações enquadradas nos princípios, eixos e objetivos estratégicos definidos, sintetizado no Quadro 2.1. Neste quadro, destacam-se as ações relacionadas com o saneamento, nomeadamente:

1. **Plano Integrado de Gestão das Águas Residuais Urbanas – PIGARU:** assumindo a gestão das águas pluviais em 2025, os SMAS elaborarão um plano integrando com enfoque na resiliência, sustentabilidade e sinergias entre estes sistemas.
2. **Remodelação das estações de tratamento de águas residuais:** a remodelação das ETAR de Parada e de Ponte de Moreira é prioritária no âmbito do PENSARRP 2030, e em conformidade com a nova DARU. A empreitada da ETAR de Ponte de Moreira (9 M€) tem início previsto para o segundo semestre de 2025 e financiamento FEDER de 70%. Para a ETAR de Parada, estão em curso estudos técnicos que permitam a viabilização da sua remodelação.
3. **Unidade de água para reutilização (ApR) na ETAR de Ponte de Moreira:** A remodelação da ETAR de Ponte de Moreira inclui uma unidade piloto de reutilização de águas residuais tratadas (ApR) para autoconsumo, destinada à limpeza, manutenção e rega. A medida promove a economia circular e cumpre as diretrizes da nova DARU sobre reutilização de água.
4. **Plano de eficiência e descarbonização dos SMAS da Maia:** abrangendo a eficiência energética, hídrica, material e nos transportes, uso de energia renovável (UPAC), e reabilitação de edifícios, e alinhando-se com práticas sustentáveis e metas de descarbonização.

5. **Plano Diretor de Saneamento da Maia:** respeitante ao presente documento, o Plano inclui a definição de soluções e proposta de plano de ação, promovendo sinergias com o Plano Estratégico de Desenvolvimento dos SMAS da Maia 2030 e as Grandes Operações do Plano 2025-2029. Estão previstas ações de divulgação e formação, incluindo workshops e curso técnico em simulação hidráulica.
6. **Roadmap para a economia circular e da sustentabilidade:** alinhado com as estratégias nacionais e europeias, o plano foca-se na reutilização de água, redução de resíduos e emissões, valorização de recursos e promoção dos ODS, orientando a atuação até 2030.
7. **Sistema Integrado de Licenciamento e Acompanhamento Industrial – SILAI:** composto por uma equipa multidisciplinar responsável pela análise legal e técnica de pedidos de ligação, licenciamento, vistorias e monitorização de descargas industriais. Este sistema visa garantir o cumprimento dos Valores Limite de Emissão (VLE), assegurar o funcionamento eficiente das ETAR e prevenir a poluição do meio recetor. Permitirá ainda o controlo da qualidade das lamas, fundamentais para a produção de corretivos orgânicos por compostagem.
9. **BIM (Building Information Modeling):** Os SMAS da Maia preveem implementar a metodologia BIM até 2028, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 10/2024, antecipando a obrigatoriedade em 2030. A adoção do BIM visa modernizar a gestão de ativos, melhorar a eficiência nos processos de projeto, construção e manutenção, e integrar os dados no sistema de informação geográfica.
10. **Sistema Integrado de Gestão do Ciclo Urbano da Água – SIGEST:** sistema integrado de gestão digital que inclui três plataformas interoperáveis: gestão operacional das redes de água e saneamento, análise preditiva de dados (*machine learning*) e monitorização da qualidade da água em tempo real. O projeto visa otimizar a operação, prever falhas, reduzir perdas, melhorar a eficiência energética e garantir a qualidade da água.
11. **Telegestão Total – TT:** expansão da telegestão a todas as infraestruturas de água e saneamento (ETAR, zonas de medição e válvulas redutoras de pressão) e substituir o sistema atual por uma solução mais funcional, flexível e aberta. O objetivo é detetar anomalias em tempo real, agilizar a resposta operacional e reforçar o SIGEST na gestão eficiente do ciclo urbano da água.
19. **Estratégia Operacional melhoria da qualidade do serviço prestado ao utilizador final:** em conformidade com o Regulamento n.º 446/2024, que define níveis mínimos da qualidade do serviço prestado pelas entidades gestoras do setor da água e resíduos ao utilizador final, esta estratégia inclui: (i) a revisão do Regulamento dos Serviços Públicos de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais Urbanas do Município da Maia para incorporar as novas exigências legais; e (ii) a reengenharia de procedimentos internos para garantir o cumprimento dos prazos definidos pela ERSAR, através da monitorização mensal de indicadores de desempenho e compensações aplicadas.
26. **Estratégia de modernização e otimização da rede de saneamento de água residuais:** com base no Plano Diretor de Saneamento, no Projeto de Redução de Afluências Indevidas e na informação do sistema de gestão de ativos, abrangerá a reabilitação de emissários, coletores e estações elevatórias com métodos e materiais otimizados, incluindo também soluções baseadas na natureza para melhoria do desempenho energético e ambiental.

- 29. Sistema de gestão patrimonial de infraestruturas:** concluir a certificação do sistema de gestão de ativos segundo a norma NP EN ISO 55001, consolidando a sustentabilidade infraestrutural necessária ao desempenho operacional, comercial e financeiro da entidade.
- 30. Captação de investimento:** Face aos elevados encargos associados às exigências do PENSSARP 2030, da nova DARU e da ECO AP, os SMAS da Maia definem como estratégia prioritária a maximização da captação de fundos europeus para garantir a sustentabilidade financeira. Para operacionalizar esta estratégia será criado o Observatório de Oportunidades de Financiamento, em articulação com os serviços jurídicos e a equipa técnica especializada.

No cômputo geral, tendo em conta as crescentes exigências impostas pela legislação, o aprofundamento da regulação, e a tendência de modernização, profissionalização e valorização do setor, as dificuldades de operação e gestão sentidas pelos SMAS da Maia constituem, na realidade, uma oportunidade para catapultar a qualidade do serviço prestado.

Com uma adequada priorização e monitorização das estratégias e suas medidas, em que se inclui a devida preparação para captação de fundos comunitários, acompanhadas do devido planeamento a curto, médio e longo prazo, esta situação pode permitir aos SMAS da Maia tornar-se uma entidade gestora de referência através da implementação de soluções inovadoras e diferenciadoras com visão e perspetiva de futuro.

Quadro 2.1 – Síntese do plano de ação e metas do Plano Estratégico dos SMAS da Maia 2030.

PLANO DE AÇÃO 2030	Eixos							Meta				
	1. Sistent e circularidade	2. Inov tecn e Sist. de inf.	3. Comunicação e Marketing	4. Educação e Cidadania	5. Cliente	6. Gestão de Pessoas	7. Desemp. op., fin. e com.	8. Património Infraestrutural	9. Captação de investimento	2025	2026	2027
1 Plano Integrado de Gestão das Águas Residuais Urbanas - PIGARU	x						x					
2 Remodelação das Estações de Tratamento de Águas Residuais – ETAR Ponte de Moreira e Parada	x						x					
3 Unidade de ApR na ETAR de Ponte de Moreira	x	x										
4 Plano de Eficiência e Descarbonização dos SMAS	x						x					
5 Plano Estratégico do Diretor de Saneamento da Maia	x				x		x					
6 Roadmap para a Economia Circular e da Sustentabilidade	x	x			x							
7 Sistema integrado de licenciamento e acompanhamento industrial - SILAI	x						x					
8 Plano Municipal de Redução de Consumos próprios	x			x								
9 BIM - Building Information Modeling		x							x			
10 Sistema Integrado de Gestão do Ciclo Urbano da Água – SIGEST		x			x		x					
11 Telegestão Total - TI		x			x		x					
12 Plano normativo de aplicação da imagem corporativa ao universo SMAS			x		x							
13 Plano de gestão e marketing da marca SMAS			x		x							
14 Programa de Educação e Cidadania "Água Somos Todos Nós"				x	x		x					
15 Bebedouros da Maia				x								
16 Plano Estratégico de Educação e Cidadania pela Gestão da Água – 2026/2030				x	x							
17 Academia da Água				x	x							
18 Plano de Redução da Procura					x							
19 Estratégia Operacional melhoria da qualidade do serviço prestado ao utilizador final					x		x					
20 Posto de Atendimento ao Cidadão - PAC					x							
21 Projeto MEETING						x						
22 Dia dos SMAS da Maia						x						
23 Programa "Cultura profissional solidária e capacitada"						x						
24 Regulamento da macroestrutura organizacional dos SMAS						x						
25 Gabinete de gestão da eficiência hídrica	x	x					x					
26 Estratégia de modernização e otimização da rede de saneamento de água residuais	x	x					x					
27 Telemetria 100%	x						x					
28 Plano de Segurança da Água	x						x					
29 Sistema de Gestão Patrimonial de Infraestruturas								x				
30 Captação de investimento									x			
31 Contratação Pública Ecológica	x											

2.3 METAS E INDICADORES

No que respeita às metas a atingir, os SMAS da Maia deverão ter como princípio a nota de excelência nos indicadores do sistema de avaliação da qualidade dos serviços prestados ao utilizador estabelecido pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

Desde 2022 que vigora a 4ª geração do sistema de avaliação, assente nas recentes linhas estratégicas e metas definidas para o setor do saneamento, nomeadamente no regime jurídico de produção de água para reutilização obtida a partir do tratamento de águas residuais, bem como da sua utilização (Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto), e no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030 (PENSAARP 2030), sendo que, no âmbito das águas pluviais, esta primeira versão se foca essencialmente na recolha de informação para a caracterização deste serviço e na avaliação do conhecimento cadastral das infraestruturas existentes. Contudo, tendo em conta a necessidade de clarificação da intervenção da ERSAR na regulação do serviço de águas pluviais, a aplicação da avaliação da qualidade do serviço de gestão de águas pluviais encontra-se suspensa (ERSAR, 2024).

O sistema de avaliação da qualidade do serviço inclui um conjunto de indicadores distribuídos pelos seguintes objetivos: adequação do serviço ao utilizador, sustentabilidade da gestão do serviço e sustentabilidade ambiental. Adicionalmente, a ERSAR estabelece ainda um conjunto de informações/indicadores de contexto para caracterização do perfil da entidade gestora e do perfil do sistema. De notar que os SMAS da Maia se enquadram no âmbito de entidade gestora em baixa.

O cálculo dos indicadores de qualidade do serviço e de alguns indicadores de contexto é realizado através do fornecimento de dados específicos relativos à identificação da entidade gestora e de entidades gestoras interdependentes, aos recursos humanos, aos alojamentos, às infraestruturas, ao cumprimento da licença de descarga, aos volumes de água residual, à energia, às lamas do tratamento, às reclamações, às certificações e planeamento, e à economia. A informação recolhida é ainda classificada de acordo com o grau de fiabilidade da fonte de informação.

Em virtude da recente atualização do sistema de avaliação da qualidade dos serviços, importa também considerar e analisar os indicadores da 3ª geração, isto é, anteriores a 2022. Assim, no Quadro 2.2 apresenta-se uma síntese comparativa dos objetivos, critérios e indicadores da 3ª e 4ª geração do sistema de avaliação da qualidade dos serviços de gestão de águas residuais urbanas.

A análise dos resultados de avaliação dos SMAS da Maia, entre 2018 e 2023, é realizada no Capítulo 7.

Quadro 2.2 – Síntese comparativa dos indicadores da 3ª e 4ª geração do sistema de avaliação da qualidade dos serviços de gestão de águas residuais urbanas (ERSAR, 2022, 2024).

3ª GERAÇÃO (2017 - 2021)		4ª GERAÇÃO (2022 - ao momento)
OBJETIVO / Critérios / Indicadores		
ADEQUAÇÃO DO SERVIÇO AO UTILIZADOR		
Acessibilidade do serviço aos utilizadores		
AR01 – Acessibilidade física do serviço através de redes fixas (%)		AR02 – Acessibilidade física do serviço através de redes fixas e meios móveis (%)
AR02 – Acessibilidade económica ao serviço (%)		AR03 – Acessibilidade económica ao serviço (%)
Qualidade do serviço prestado aos utilizadores		
AR03 – Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais · ano)]		AR04 – Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais · ano)]
AR04 – Resposta a reclamações e sugestões (%)		AR05 – Resposta a reclamações, sugestões e pedidos de informação escritos (%)
SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DO SERVIÇO		
Sustentabilidade económica		
AR05 – Cobertura dos gastos (%)		AR06 – Cobertura dos gastos (%)
AR06 – Adesão ao serviço (%)		AR08 – Adesão ao serviço por rede fixa (%)
Sustentabilidade infraestrutural		
AR07 – Reabilitação de coletores (%/ano)		AR09 – Reabilitação de coletores (%/ano)
AR08 – Ocorrência de colapsos estruturais em coletores [n.º/(100 km · ano)]		AR10 – Ocorrência de colapsos estruturais em coletores [n.º/(100 km · ano)]
-		AR11 – Monitorização da condição de coletores (%)
-		AR12 – Utilização da infraestrutura de tratamento (%)
Produtividade física dos recursos humanos		
AR09 – Adequação dos recursos humanos [n.º/(100 km · ano)]		AR14 – Adequação dos recursos humanos no tratamento de águas residuais [n.º/(10 ⁶ m ³ · ano)]
-		AR15 – Adequação dos recursos humanos na recolha e drenagem de águas residuais [n.º/(100 km · ano)]
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL		
Eficiência na utilização de recursos ambientais		
AR10 – Eficiência energética de instalações elevatórias [(kWh/(m ³ · 100 m))]		AR16 – Eficiência energética de instalações elevatórias [(kWh/(m ³ · 100 m))]
-		AR17 – Produção de lamas no tratamento (kg/m ³)
-		Circularidade e Valorização
-		AR18 – Produção de água para reutilização (%)
-		AR19 – Produção própria de energia (%)
Eficiência na prevenção da poluição		
AR11 – Acessibilidade física ao tratamento (%)		-
AR12 – Controlo de descargas de emergência (%)		AR20 – Controlo de descargas de emergência e de tempestade (%)
AR13 – Cumprimento da licença de descarga (%)		AR21 – Cumprimento dos requisitos de descarga (%)
AR14 – Encaminhamento adequado de lamas do tratamento (%)		-

3. LEGISLAÇÃO RELEVANTE

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A gestão das águas residuais em Portugal assenta num conjunto articulado de diplomas legais que estabelecem as normas técnicas, ambientais e operacionais aplicáveis à recolha, tratamento, descarga e valorização dos efluentes gerados nos aglomerados urbanos e nas atividades industriais.

No âmbito da elaboração do presente Plano Diretor de Saneamento, importa destacar os principais diplomas com impacto direto sobre a conceção, funcionamento e controlo dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, nomeadamente:

- ☒ O **Decreto Regulamentar n.º 23/95**, de 23 de agosto, que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, estabelecendo os princípios e critérios técnicos para o dimensionamento, construção e exploração dos sistemas de drenagem.
- ☒ O **Decreto-Lei n.º 152/97**, de 19 de junho, que transpõe a Diretiva n.º 91/271/CEE, e a **nova Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho**, de 27 de novembro, relativos ao tratamento de águas residuais urbanas, impondo níveis mínimos de tratamento conforme a dimensão do aglomerado e a sensibilidade do meio recetor.
- ☒ O **Decreto-Lei n.º 236/98**, de 1 de agosto, que estabelece normas de qualidade ambiental e valores limite de emissão (VLE) para as descargas de águas residuais, aplicáveis tanto às águas como aos solos.
- ☒ O **Decreto-Lei n.º 276/2009**, de 2 de outubro, que regula a valorização agrícola de lamas de depuração provenientes do tratamento de águas residuais urbanas, domésticas e agropecuárias, promovendo a sua reutilização como fertilizante em solos agrícolas.

Em conjunto, estes diplomas constituem o quadro legal de referência para o planeamento, dimensionamento, licenciamento, operação e controlo dos sistemas de saneamento, sendo indispensáveis à definição de estratégias de gestão sustentável e de cumprimento das metas nacionais e comunitárias em matéria de ambiente e saúde pública.

3.2 DECRETO REGULAMENTAR N.º 23/95, DE 23 DE AGOSTO – REGULAMENTO GERAL DOS SISTEMAS PÚBLICOS E PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

O Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto, aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, estabelecendo os princípios e critérios técnicos que orientam a conceção, dimensionamento, construção e exploração destes sistemas. No âmbito da drenagem de águas residuais, o diploma aplica-se tanto aos sistemas públicos como aos prediais. O objetivo central é garantir o bom funcionamento

dos sistemas, assegurando a proteção da saúde pública, a qualidade ambiental e o conforto dos utentes.

A conceção dos sistemas de drenagem deve ter por base o enquadramento urbanístico, as características do aglomerado populacional e as condições do meio recetor. São definidos critérios para o dimensionamento das infraestruturas, nomeadamente a avaliação da evolução populacional, das captações médias e dos caudais industriais, bem como a consideração de fatores de afluência, caudais de infiltração, precipitação e coeficientes de escoamento. Os sistemas devem ser preferencialmente separativos, admitindo-se soluções unitárias ou mistas em situações devidamente justificadas. O regulamento proíbe expressamente o lançamento de substâncias perigosas, corrosivas, explosivas ou que comprometam o funcionamento das infraestruturas ou das estações de tratamento.

A rede de coletores deve ser concebida de forma a assegurar o escoamento eficaz e a prevenir a formação de gases ou fenómenos de septicidade. São definidos diâmetros mínimos, profundidades de assentamento, critérios de verificação hidráulica e requisitos relativos aos materiais utilizados.

O destino final das águas residuais deve ser definido em função da sua origem e do meio recetor. No caso das águas residuais domésticas, a descarga deve ser antecedida de tratamento adequado, com níveis definidos de acordo com as características do meio recetor. Para as águas residuais industriais, a aceitação na rede pública depende da realização de pré-tratamento, da compatibilidade com a capacidade da rede e da estação de tratamento, e do cumprimento de normas específicas, especialmente nos setores agroalimentar, pecuário, industrial, florestal e mineiro.

No domínio predial, o regulamento define a obrigatoriedade de sistemas de drenagem independentes para águas residuais e pluviais, bem como as regras para o dimensionamento, ventilação e materiais dos ramais, tubos de queda e coletores. É proibida a ligação direta de dispositivos suscetíveis de causar obstruções ou de comprometer a ventilação do sistema. A execução das redes prediais deve seguir os princípios estabelecidos para os sistemas públicos, incluindo a realização de ensaios de estanquidade e de eficiência.

Por fim, o diploma estabelece as responsabilidades das entidades gestoras quanto à operação, manutenção, fiscalização e tarifação dos sistemas, devendo ser assegurada a atualização dos cadastros, a medição dos caudais, a qualidade dos serviços prestados e a sustentabilidade económico-financeira dos sistemas de drenagem.

3.3 DECRETO-LEI N.º 152/97, DE 19 DE JUNHO – TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

A Diretiva 91/271/CEE do Conselho de 21 de maio, transposta para o direito português pelo DL 152/97 de 19 de junho, na redação do DL 149/2004 de 22 de junho, alterado pelo 198/2008 de 8 de outubro, refere-se ao tratamento de águas residuais urbanas, com o objetivo de promover

a proteção ambiental face aos efeitos negativos das descargas de águas residuais urbanas e de determinados setores industriais. Define obrigações específicas para as entidades gestoras dos sistemas de drenagem, fixando prazos para a implementação de infraestruturas e exigências quanto ao nível de tratamento a aplicar, em função da dimensão dos aglomerados populacionais e da sensibilidade do meio recetor, de salientar:

- ☒ Para os aglomerados com mais de 15 000 habitantes-equivalente (e.p.), é obrigatória a existência de sistemas de drenagem em pleno funcionamento até 31 de dezembro de 2000, sendo estabelecidos prazos diferenciados para aglomerados entre 2.000 e 15.000 e.p., e para situações em que a descarga ocorra em zonas sensíveis. A descarga de águas residuais só pode ser licenciada se for precedida de tratamento secundário, salvo nas exceções previstas. Em zonas sensíveis, o tratamento deve ser mais rigoroso, garantindo a remoção de fósforo e azoto, com vista à prevenção de fenómenos de eutrofização. Para as zonas menos sensíveis, o diploma admite a possibilidade de aplicação de tratamento primário, desde que se demonstre, através de estudo técnico, que a descarga não provoca deterioração ambiental.
- ☒ Nos aglomerados com menos de 2.000 e.p., ou com menos de 10.000 e.p. quando se trate de descargas em águas costeiras, exige-se pelo menos um tratamento apropriado, capaz de garantir o cumprimento dos objetivos de qualidade aplicáveis ao meio recetor. O diploma regula igualmente as condições de aceitação de águas residuais industriais em sistemas públicos, impondo a existência de regulamento próprio e a obrigatoriedade de pré-tratamento sempre que necessário para garantir o bom funcionamento das infraestruturas e a proteção do meio ambiente.
- ☒ No que respeita à gestão de lamas, é proibida a sua descarga em águas superficiais, estando a sua eliminação sujeita a autorização. O diploma incentiva a reutilização de águas residuais tratadas e de lamas, sempre que tal seja tecnicamente viável e ambientalmente adequado.

Esta diretiva foi objeto de uma avaliação aprofundada, revelando um sucesso significativo na redução das emissões de poluentes. No entanto, a avaliação identificou três grandes áreas de preocupação:

- ☒ A poluição remanescente de fontes urbanas para além das águas residuais domésticas, como as cidades mais pequenas, as instalações descentralizadas e a poluição das águas pluviais, e estabelecer valores-limite para os contaminantes emergentes.
- ☒ O alinhamento da diretiva com o Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*) exige esforços para reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa (GEE), diminuir o consumo de energia e reforçar a circularidade no setor das águas residuais.
- ☒ Prevalecem as questões de governança, incluindo disparidades no desempenho e na transparência dos operadores, aplicação insuficiente do princípio do “poluidor-pagador” e a necessidade de métodos de monitorização e comunicação de informações reforçados.

3.4 DIRETIVA (EU) 2024/3019 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO, DE 27 DE NOVEMBRO (NOVA DARU)

Para fazer face a estes desafios de uma forma eficiente em termos de custos, foi desenvolvida uma proposta de diretiva relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (UE, 2022). A 5 de novembro de 2024, o Conselho da União Europeia aprovou a revisão da Diretiva, que foi adotada a 27 de novembro do mesmo ano (Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho), entrando em vigor no 20.º dia seguinte ao da sua publicação.

A Diretiva de Águas Residuais Urbanas (DARU) foi revista e atualizada para ter em conta os avanços tecnológicos, as mudanças nas prioridades ambientais e os desafios emergentes, e representa um passo significativo para garantir a gestão sustentável das águas residuais urbanas na União Europeia. Assim, a nova DARU inclui disposições que conduzirão a alterações significativas à prática atual, com maiores exigências de requisitos de descarga de efluentes de ETAR, com preocupações de recuperação de recursos do sistema (energia, materiais ou água), mas também com preocupações de redução da poluição por água pluvial urbana, veiculada por excedentes ou por escoamento de superfície. Esta diretiva terá um grande impacto no setor da água, uma vez que inclui novas obrigações e exigências (Quadro 3.1), sendo de realçar as seguintes:

- ☒ **Monitorização das descargas de águas pluviais e da poluição** das escorrências urbanas, através da **implementação de planos de gestão integrada** da água em cidades com um equivalente populacional (e.p.) igual ou superior a 100 000 e em aglomerações com um e.p. superior a 10 000 que descarregam em zonas de risco.
- ☒ **Tratamento secundário** em todas as aglomerações com um e.p. igual ou superior a 1 000 até 2035.
- ☒ **Tratamento terciário** em todas as estações de tratamento de águas residuais urbanas com um e.p. igual ou superior a 150 000 até 2039 e em aglomerações com um e.p. igual ou superior a 10 000, que descarreguem em zonas que satisfaçam determinados critérios baseados no risco (zonas sensíveis), até 2045.
 - **Requisitos de percentagem mínima de redução e limites de concentração para o fósforo:** 90% ou 0,5 mg/L para as ETAR com um e.p. superior a 150 000 e 87,5% ou 0,7 mg/L para as ETAR entre 10 000 e 150 000 e.p., até 2039.
 - **Requisitos de percentagem mínima de redução e limites de concentração para o azoto:** 80% ou 8 mg/L para as ETAR com um e.p. superior a 150 000 e 80% ou 10 mg/L para as ETAR entre 10 000 e 150 000 e.p., até 2039.
- ☒ **Tratamento quaternário** em todas as estações de tratamento de águas residuais urbanas com um e.p. igual ou superior a 150 000 e em aglomerações com um e.p. igual ou superior a 10 000 que efetuem descargas em zonas que satisfaçam determinados critérios baseados no risco, até 2045.
- ☒ **Criação da responsabilidade alargada do produtor para medicamentos para uso humano e produtos cosméticos**, para cobrir os custos do tratamento quaternário (pelo menos 80% dos custos serão cobertos pelos produtores, complementados por financiamento nacional), até 2045.

- ☒ **Novas obrigações de monitorização centradas em vários parâmetros** de saúde pública (como vírus conhecidos e agentes patogénicos emergentes), poluentes químicos, incluindo os chamados “químicos para sempre” (substâncias per e polifluoroalquílicas ou PFAS), microplásticos e resistência antimicrobiana.
- ☒ **Introdução de um objetivo de neutralidade energética para o sector das águas residuais urbanas** até 2045 (a energia pode ser produzida no local ou fora dele e até 35% da energia não fóssil pode ser adquirida a fontes externas), com várias metas intercalares.

A recente Diretiva reconhece a necessidade de os Estados Membros implementarem soluções para reduzir a poluição de origem pluvial, definidas caso a caso, tendo em conta as condições locais específicas. De facto, os caudais pluviais urbanos e os desafios associados tenderão a aumentar devido à expansão das cidades e ao aumento das áreas impermeáveis, mas também em resultado das alterações do ciclo hidrológico decorrentes das alterações climáticas (i.e., precipitações intensas mais frequentes), aumentando potencialmente as descargas de excedentes poluídos para os meios recetores através de infraestruturas descarregadoras.

O envelhecimento das infraestruturas também agrava esta situação. Neste contexto, a descarga de excedentes poluídos constitui um dos principais desafios atuais e futuros na gestão das águas residuais urbanas, sendo a compreensão dos impactos destas descargas fundamental para o seu controlo. Contudo, o conhecimento do impacto dessas descargas poluentes no meio recetor é ainda bastante limitado em Portugal, devido à ausência de dados de monitorização, requerendo, para satisfazer a nova Diretiva, um grande investimento em conhecimento científico.

A nova Diretiva Europeia reforça a necessidade de desenvolvimento e aplicação de planos de gestão integrada das águas residuais urbanas a nível local (para todas as bacias e aglomerados com um e.p. igual ou superior a 100 000, até 2033, e para as aglomerações com um e.p. superior a 10 000 que descarreguem em zonas consideradas de risco).

O Art.º 21 da nova DARU introduz também obrigações em termos de monitorização, sendo que para todas os aglomerados ou regiões/bacias com um e.p. igual ou superior a 100 000, os Estados-Membros devem garantir que as autoridades competentes monitorizem a concentração e as cargas de poluentes de caudais excedentários descarregados para os meios recetores, sejam com origem em sistemas pluviais separativos, sejam de sistemas unitários ou pseudo-separativos. Monitorizar e estimar cargas poluentes de excedentes é, sem dúvida, relevante, dados os potenciais impactos nos meios recetores. Em Portugal, existem muitas entidades gestoras que desconhecem o número, local e funcionamento de todos os seus descarregadores, para onde descarregam e as suas características físicas. Em ERSAR (2023), no âmbito da 4.ª geração de indicadores, o indicador para as águas pluviais é “o grau de conhecimento infraestrutural”, o que revela o grau de incipiência do conhecimento nacional nesse domínio. Adicionalmente, as exigências de preparação e implementação de planos para a monitorização e controlo da poluição por excedentes devem resultar de estudos específicos e que possam suportar a decisão de implementação de medidas eficientes de controlo para se obterem os objetivos pretendidos. O objetivo de limitar a descarga de cargas poluentes de origem pluvial a 2% da carga total de tempo seco, referência da nova Diretiva, será muito difícil de concretizar.

Quadro 3.1 – Síntese dos objetivos e metas estabelecidos pela nova DARU.

Objetivo ▼	Metas ▶	2025/2030	2030/2035	2035/2040	2040/2045
Controlo de qualidade de excedentes ("overflows")	Monitorização em vigor. 2028: Identificação de zonas de risco, para 10 000 a 100 000. Controlo 2% do total tempo seco (processos equivalentes) - objetivo não vinculativo	2023: Planos integrados de gestão de AR para aglomerados > 100 000 ep (conteúdo definido)	2039: Planos integrados concretizados para aglomerados > 100 000 ep, (conteúdo definido)	2045: limite tendencial de 2% de carga poluente em TS na ETAR para todos os aglomerados > 10 000 ep (áreas de risco)	
Sistemas de tratamento individuais (STI) (< 1 000 ep, d > 10 a 25 ep/ha)	Inspeções regulares em todos os Estado Membro (EM) e apresentação de relatórios para EM com elevado n.º de STI	Entrada em vigor de legislação da UE para STI	-	-	
Aglomerados de pequenas dimensões (1 000 a 2 000 ep)	Definição de novos valores de limite de descarga (tratamento secundário) para aglomerados populacionais com > 1 000 ep (sistemas centralizados) 2027: Identificação de zonas sensíveis (ZS) a eutrofização.	2035: Aglomerados > 1 000 a 2 000 ep devem satisfazer os valores limite de descarga (com derrogações, para países, clima frio, e ultraperiféricas)	-	-	
Tratamento secundário e Tratamento terciário - Controlo de nutrientes (azoto e fósforo)	ETAR > 10 000 ep em ZS: - N: 80% red. ou 10 mg/l - P: 87,5% red. ou 0,7 mg/l ETAR > 150 000 ep: - N: 80% red. ou 8 mg/l - P: 90% red. ou 0,5 mg/l Implementação, com responsabilidade alargada do produtor (80% custos).	2033: 20 % das ETAR > 10 000 ep em ZS 30% das ETAR > 150 000	2036: 30% das ETAR > 10 000 ep em ZS 70% as ETAR > 150 000 ep 2039: 60% das ETAR > 10 000 ep em ZS 100% das ETAR > 150 000 ep	2045: Cumprimento a 100%, com derrogações	
Controlo de Micropoluentes (farmacêuticos e cosméticos - Tratamento quaternário)	Implementação, com responsabilidade alargada do produtor (80% custos). 2030: Identificação de áreas de risco (AR)	2033: 10% das ETAR > 10 000 ep em AR 20% das ETAR > 150 000 ep	2039: 60% das ETAR > 10 000 em AR ou 150 000 ep	2045: 100% das ETAR > 10 000 ep em AR ou 150 000 ep	
Neutralidade Energética	Implementação de auditorias energéticas para as ETAR e sistemas acima de 100 000 ep (2028) e de 10 000 ep (2032)	2030: 20% neutralidade 2035: 40% de neutralidade	2040: 70% de neutralidade	2045: 100% de neutralidade	
Responsabilidade Alargada do Produtor	Princípio de Responsabilidade Alargada ao Produtor para cobertura de custos adicionais associados ao Tratamento Quaternário	-	-	-	

3.5 DECRETO-LEI N.º 236/98, DE 1 DE AGOSTO – PROTEÇÃO DO MEIO AQUÁTICO E MELHORIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

O Decreto-Lei n.º 236/98 estabelece as normas, critérios e objetivos de qualidade com vista à proteção do meio aquático e à melhoria da qualidade das águas, em função dos seus principais usos. No que respeita às águas residuais, o diploma define normas de descarga e condições de licenciamento, aplicáveis tanto à água como ao solo, visando a proteção da saúde pública, dos recursos hídricos e dos ecossistemas.

A descarga de águas residuais urbanas, industriais e outras só é permitida mediante licenciamento, devendo respeitar normas específicas de qualidade e valores limite de emissão (VLE) definidos para diferentes parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. O diploma distingue as águas residuais domésticas, industriais e urbanas, estabelecendo regras diferenciadas consoante o tipo de descarga e o meio recetor. Prevê-se ainda um conjunto de medidas específicas para prevenir e controlar a poluição causada por substâncias perigosas, tanto nas águas superficiais como nas subterrâneas.

O licenciamento das descargas depende do cumprimento de condições gerais e técnicas, sendo exigida a monitorização periódica da qualidade das águas descarregadas e dos meios recetores, com base em métodos analíticos de referência. Estabelece-se também a obrigatoriedade de acesso a locais de descarga para fins de fiscalização e inspeção pelas entidades competentes.

No caso das substâncias perigosas, são definidos objetivos ambientais rigorosos e metodologias específicas para o controlo da sua presença no meio aquático. O diploma prevê ainda a elaboração de contratos de promoção ambiental e de programas de ação e monitorização da qualidade da água, bem como a responsabilidade por danos ambientais decorrentes de descargas poluentes.

3.6 DECRETO-LEI N.º 276/2009, DE 2 DE OUTUBRO – REGIME DE UTILIZAÇÃO DE LAMAS

O Decreto-Lei n.º 276/2009 estabelece o regime aplicável à utilização agrícola de lamas de depuração, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 86/278/CEE do Conselho, de 12 de junho. Este diploma surge na sequência da necessidade de atualizar e simplificar o regime anterior (Decreto-Lei n.º 118/2006), procurando compatibilizá-lo com outros regimes jurídicos, como o regime geral dos resíduos e o regime de proteção de albufeiras. A valorização agrícola das lamas de depuração é reconhecida como uma operação de valorização ambientalmente relevante e como uma melhor técnica disponível no contexto da gestão integrada da poluição, desde que realizada de forma controlada e com garantias de proteção da saúde pública e do ambiente, em particular dos solos e das águas.

O diploma aplica-se à utilização, em solos agrícolas, de lamas resultantes do tratamento de águas residuais domésticas, urbanas, agropecuárias, de fossas sépticas ou de composição similar. Define critérios técnicos e ambientais rigorosos para o tratamento, armazenamento, transporte e aplicação das lamas no solo. É obrigatório o licenciamento das operações de tratamento e armazenagem, bem como da própria aplicação no solo, a qual deve estar

enquadrada por um Plano de Gestão de Lamas (PGL), aprovado pela Direção Regional de Agricultura e Pescas (DRAP) territorialmente competente. Este plano, elaborado por um técnico responsável acreditado, deve incluir a identificação das explorações agrícolas envolvidas, a caracterização das lamas, as restrições legais, os dados analíticos dos solos e os procedimentos de aplicação.

A valorização agrícola só pode ser realizada com lamas tratadas, ou seja, sujeitas a processos que reduzam o poder de fermentação e o risco sanitário. Estão estabelecidos valores limite para metais pesados, compostos orgânicos e microrganismos tanto nas lamas como nos solos, bem como restrições à sua aplicação em determinadas condições (zonas de proteção de captações de água, áreas vulneráveis, culturas hortícolas em contacto com o solo, períodos do ano, etc.). A aplicação deve obedecer a práticas agronómicas sustentáveis e à definição de quantidades de nutrientes compatíveis com as necessidades das culturas e a qualidade dos solos, evitando a sobrecarga de azoto, fósforo e potássio.

O diploma impõe a realização de análises regulares às lamas e aos solos, de acordo com normas técnicas nacionais e internacionais, e a manutenção de registos por parte dos operadores. Define ainda deveres de informação, comunicação prévia às entidades competentes e ao agricultor, bem como regras específicas para a fiscalização e instrução de contraordenações, que variam em gravidade consoante o incumprimento. O incumprimento das disposições pode constituir contraordenação ambiental leve, grave ou muito grave, com sanções associadas. A valorização agrícola é proibida sem plano aprovado ou em desconformidade com os limites definidos.

4. DADOS DE BASE

4.1 LOCALIZAÇÃO E ÁREA SERVIDA

A área em estudo corresponde ao concelho da Maia, pertencente à Área Metropolitana do Porto, tal como enquadrado na Peça Desenhada 01. Este concelho, de aproximadamente 83 km², é composto por dez freguesias: Águas Santas, Castelo da Maia, Cidade da Maia, Folgosa, Milheirós, Moreira, Nogueira e Silva Escura, Pedrouços, São Pedro Fins, e Vila Nova da Telha (Figura 4.1).

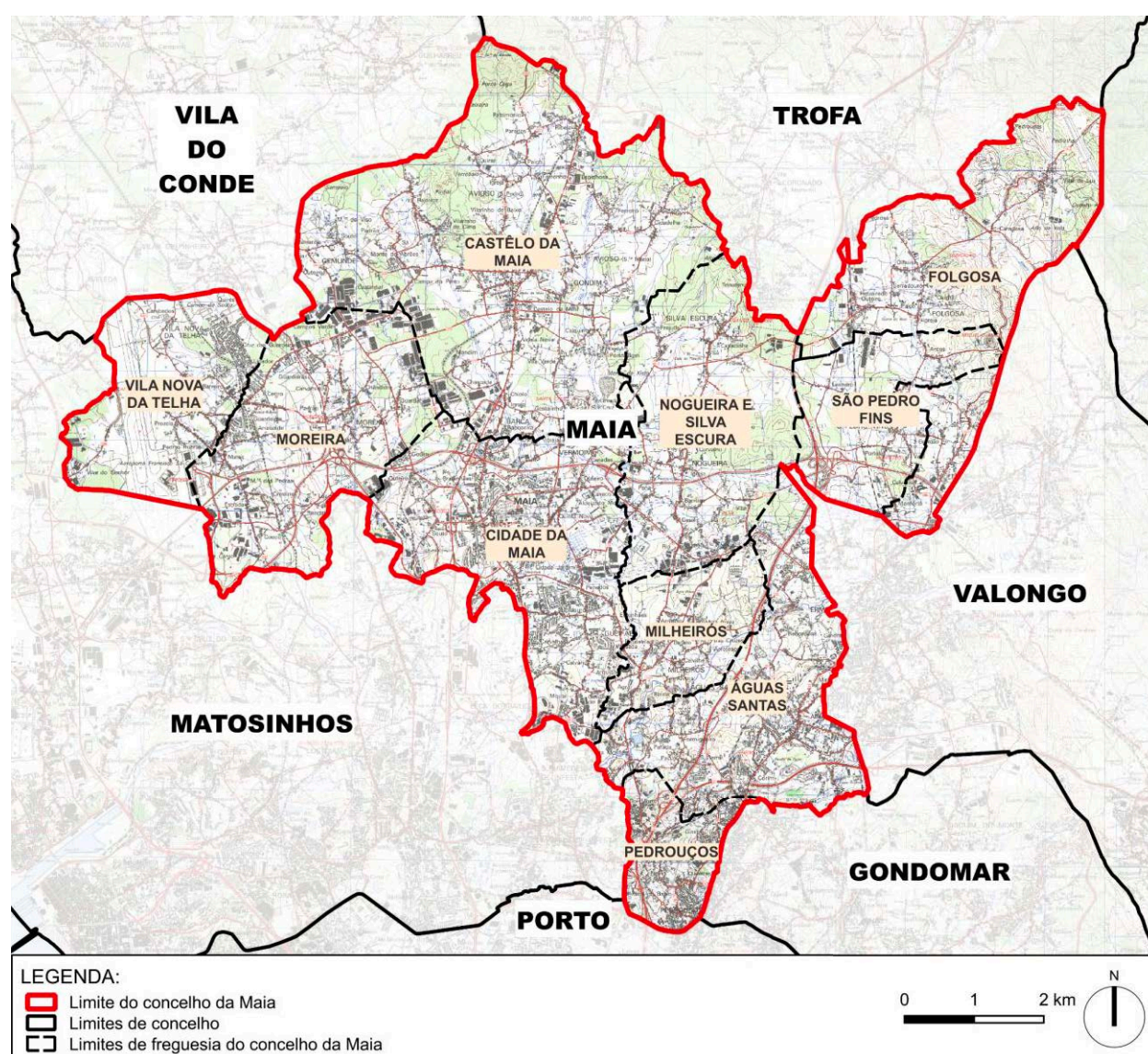


Figura 4.1 – Enquadramento da localização da área em estudo.

4.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS E HIPSOMETRIA

O concelho da Maia integra-se na Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça, maioritariamente na Bacia Hidrográfica do Rio Leça (191 km²), rio este que desagua no Porto de Leixões,

Matosinhos. Em conjunto com o Rio Leça, os afluentes Ribeira do Arquinho e Ribeira do Leandro são as linhas de água mais relevantes no concelho (Figura 4.2). Na Peça Desenhada 02 apresenta-se o enquadramento da área de estudo na rede hidrográfica de Portugal Continental.

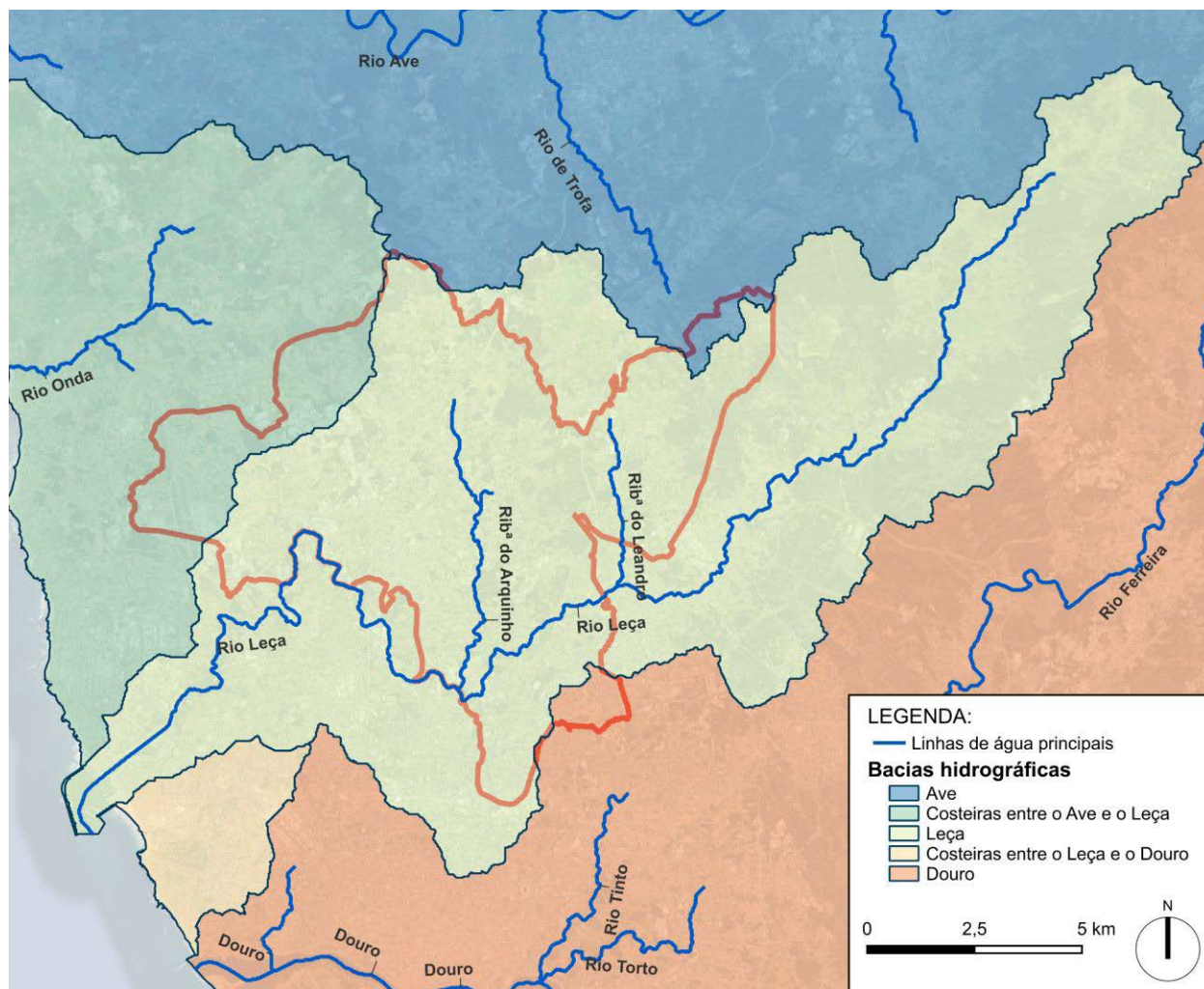


Figura 4.2 – Enquadramento da área de estudo na Rede Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça.

Na Peça Desenhada 03 e Figura 4.3 apresenta-se a carta hipsométrica da área em estudo, verificando-se que existe uma variabilidade moderada, com cotas topográficas entre 26 e 255 m, sendo que as cotas menores se verificam, naturalmente, junto às linhas de água e em direção ao litoral.

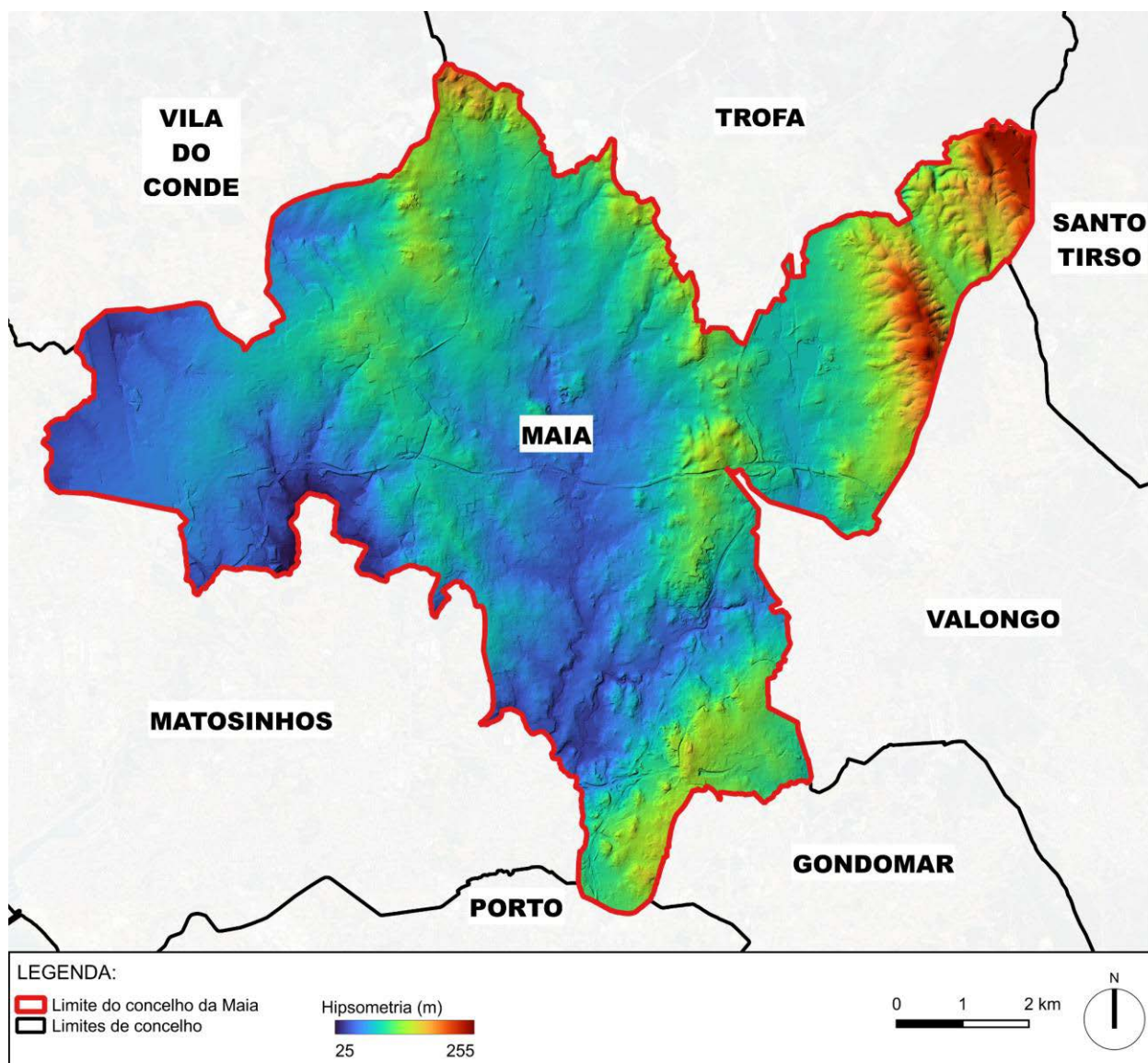


Figura 4.3 – Hipsometria do concelho da Maia.

4.3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Na Peça Desenhada 04 e Figura 4.4 apresenta-se o enquadramento da área de estudo na Carta Geológica de Portugal, folha 9-C (Serviços Geológicos de Portugal, 1957).

A área em estudo compreende maioritariamente terrenos relativamente aplanados, com reduzidas alterações a nível geomorfológico. Existem algumas elevações dispersas, sendo que na zona a nordeste estas chegam a atingir mais de 250 m de altitude, como por exemplo, o VG da Pedrinha que se encontra a 253 m de altitude ou a colina de S. Miguel O Anjo que atinge 256 m de altitude. Em direção a oeste, os terrenos vão perdendo cota progressivamente, revelando diferentes superfícies dispostas em bancadas suaves.

O Rio Leça surge a nordeste, no limite da área em estudo, numa zona caracterizada pela presença de pequenas cristas quartzíticas, constituindo-se como a principal linha de água da região. Em conjunto com os seus afluentes apresenta vales de inclinações suaves e percursos

bastante sinuosos, nomeadamente entre as localidades da Maia e de Leça do Balio, onde acompanha parcialmente os limites da área em estudo.

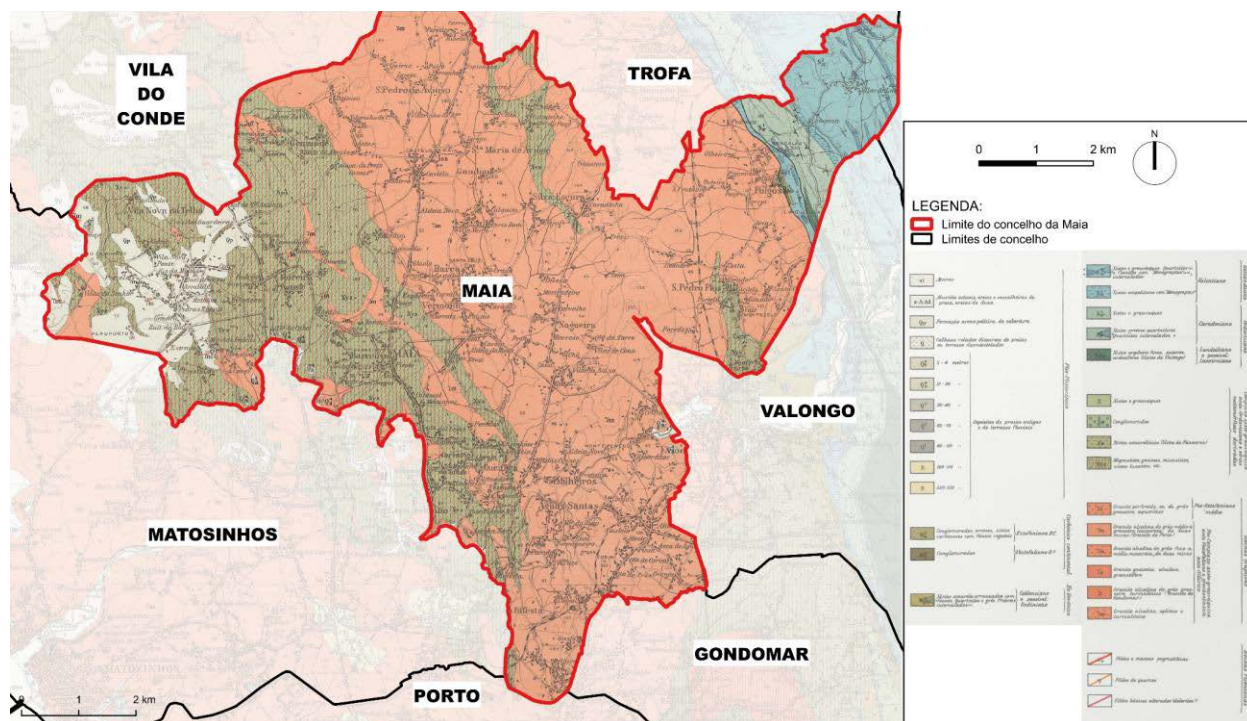


Figura 4.4 – Enquadramento da área de estudo na Carta Geológica de Portugal, folha 9-C (Porto).

Em termos litológicos, a área em estudo apresenta maioritariamente duas grandes formações: os granitos e os micaxistos, migmatitos e gneisses. A nordeste existem algumas famílias de xistos datadas do Silúrico e a Oeste ocorrem terrenos mais recentes constituídos maioritariamente por argilas e conglomerados. Apresenta-se de seguida e resumidamente, as características litológicas da formação mais antiga para a mais recente.

A formação mais representativa da área em estudo (m), compreende o granito alcalino de grão médio a grosseiro, de cores claras e com a presença predominante de biotite e moscovite, além dos feldspatos (ortose, oligoclase, albite, etc.). É designada por Granito do Porto e constitui uma rocha eruptiva do Pós-Estefaniano médio.

Sobre os granitos, assenta a formação mais representativa do complexo xisto-grauváquico (Xyz), constituída por Migmatitos, gneisses, micaxistos e xistos luzentes, entre outras ocorrências.

Seguem-se as formações do Silúrico, nomeadamente numa pequena zona a nordeste da área em estudo. Algumas destas unidades geológicas surgem como lentículas mais ou menos espessas de orientação sensivelmente NW-SE, tais como:

- ☒ Xistos gresoso-quartzíticos (sem fósseis) com intercalações de quartzitos, que se revelam através de relevos proeminentes, as denominadas cristas (S^{1e} – Xistos gresoso-quartzíticos);
- ☒ Xistos e grauvaques, sem fósseis na sua constituição, presentes numa espessa faixa mais ou menos regular de 500 m de largura (S^{1e'} – Xistos e Grauvaques);

- ☒ Xistos ampelitosos (negros, carbonosos) com Monograptus, que ocorre numa estreita faixa entre as localidades de Camposa e Outeiroa (S^2_a);
- ☒ Grauvaques vermelho-arroxeados e xistos, com a presença ocasional de manchas de quartzitos e ftanitos, com espessura considerável ($S^2_{a''}$).

Embora sem interesse e expressão para toda a área em estudo, surgem xistos amarelo-arroxeados com fósseis, intercalados com quartzitos e grés friáveis, numa estreita faixa na zona de Folgosa (D^1_{ab}), entre as formações do Silúrico e os granitos. Também na zona de S. Pedro Fins, e à semelhança da formação do Eo-Devónico (D^1_{ab}), surge uma formação com diminuta expressão em toda a área de estudo (H^3_a), constituída por conglomerados, ocasionalmente em bancadas espessas, arcoses e xistos argilosos frequentemente fossilíferos, datada do Carbónico continental.

Datadas do Plio-Plistocénico, surgem formações que respeitam a depósitos de praias antigas e de terraços fluviais e aluviões, a saber:

- ☒ Q^2 , raras manchas isoladas (zona de Pedrouço), constituídas por cascalheiras de calhaus rolados intercaladas por leitos argilosos (60-70 m);
- ☒ Q^4_a , pequenos retalhos sobre os granitos ou xistos, constituídos por conglomerados e grés amarelados (12-20 m);
- ☒ Q_P , representada numa extensa área, nas zonas de Pedras Rubras e Vilar do Pinheiro, sendo constituída por areias argilosas de cor amarelada (denominada por formação areno-pelítica de cobertura);
- ☒ Aluviões (a), constituídas por areias e cascalheiras anexas ao rio Leça, nomeadamente nas zonas de Cancela, a norte de Ermesinde, e de Infesta, a norte de S. Mamede de Infesta, incluídas ainda na área de estudo.

Relativamente à tectónica, encontram-se cartografados dois acontecimentos frágeis, nomeadamente duas falhas de orientação sensivelmente NW-SE e que delimitam a formação de xistos e grauvaques ($S^2_{a''}$), entre as zonas de Fonte Leite (a norte) e de S. Miguel o Anjo (a sul), aproximadamente.

4.4 CADASTRO DE INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

4.4.1 SUB-SISTEMAS DE DRENAGEM DOMÉSTICA

No que respeita ao saneamento, o concelho da Maia é servido por três sub-sistemas, a que correspondem as respetivas ETAR: Cambados, Ponte de Moreira e Parada, apresentado na Peça Desenhada 05 e Figura 4.5. As principais infraestruturas de drenagem de águas residuais destes sistemas são descritas, de seguida, tendo em conta a informação disponibilizada pelos SMAS da Maia, destacando-se o cadastro da rede de águas residuais e levantamento de descarregadores e pontos de descarga em formato vetorial e características das Estações Elevatórias, e registos de autocontrolo das ETAR. Na Peça Desenhada 06 apresentam-se as infraestruturas cadastradas de drenagem de águas residuais, em detalhe.

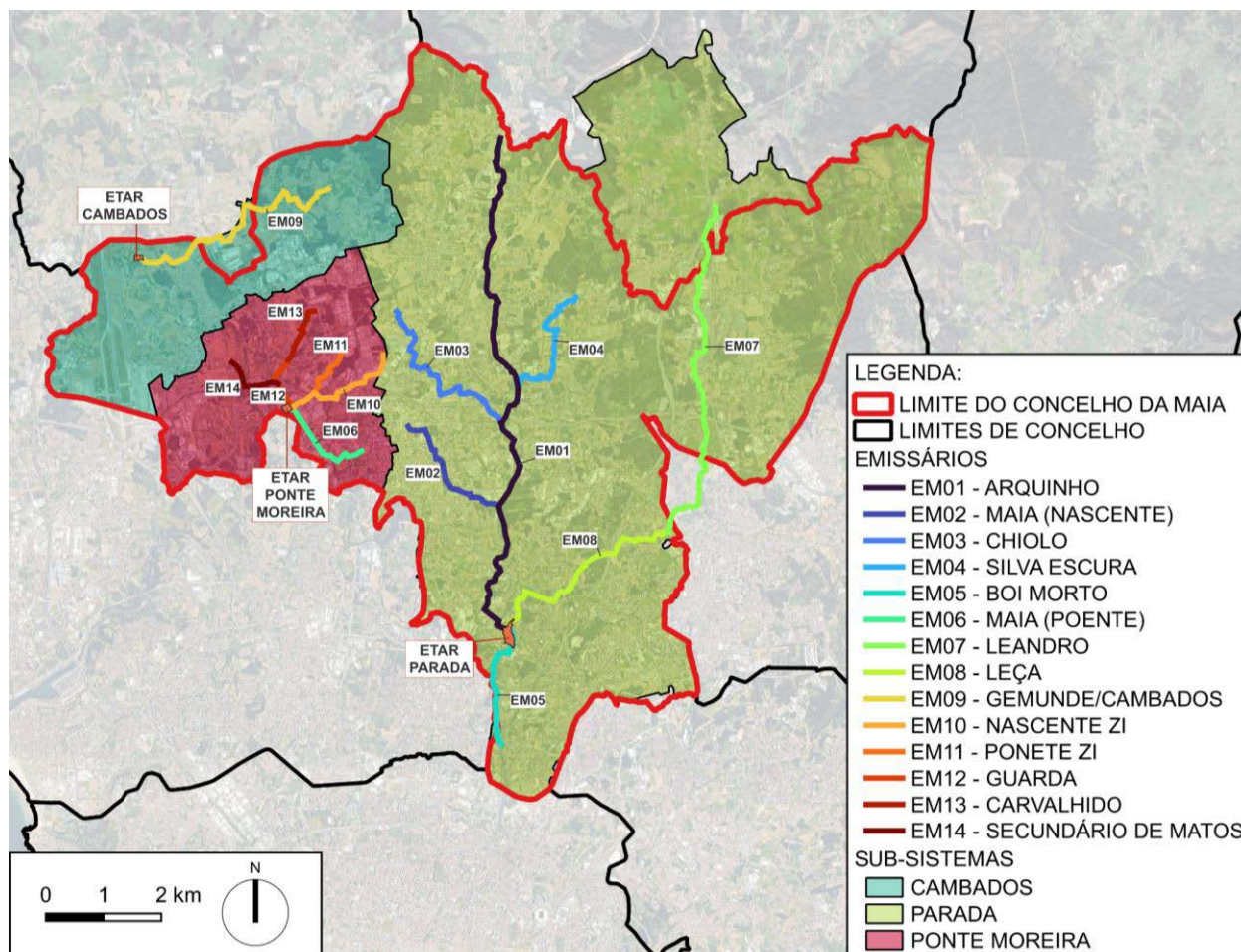
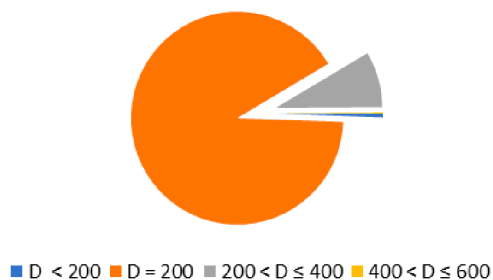


Figura 4.5 – Sub-sistemas e emissários de drenagem doméstica.

4.4.2 SUB-SISTEMA DE CAMBADOS

4.4.2.1 Análise do cadastro existente

O sub-sistema de Cambados apresenta um total aproximado de 60 km de coletores de águas residuais cadastrados. Esta rede apresenta a prevalência de coletores de diâmetro 200 mm (91%), sendo que o cadastro identifica uma variação de diâmetros entre 110 e 600 mm (Figura 4.6). Prevê-se que os coletores identificados com diâmetros inferiores a 200 mm correspondam a coletores de ramais. No que respeita aos materiais utilizados, prevalece o PVC com cerca de 81%, seguido de grés cerâmico e PPC (Figura 4.7). Cerca de 33% da rede foi instalada antes de 1990, sendo que entre 1991 e 2010 foi instalada cerca de 59% da rede e 8% após 2010, donde resulta uma idade média dos coletores de cerca de 28 anos (Figura 4.8).



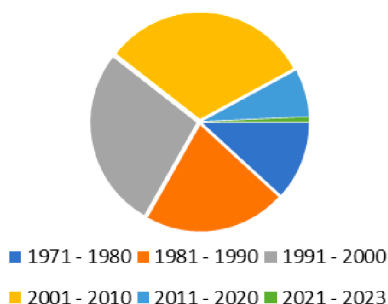
Diâmetro (mm)	Comprimento	
	(m)	%
D < 200	351	0.59%
D = 200	54,200	90.85%
200 < D ≤ 400	5,043	8.45%
400 < D ≤ 600	61	0.10%
Total	59,656	100.0%

Figura 4.6 – Distribuição dos diâmetros dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Cambados.



Material	Comprimento	
	(m)	%
Policloreto de vinilo (PVC)	48,094	80.62%
Grés cerâmico (GR)	6,710	11.25%
Polipropileno corrugado (PPC)	4,697	7.87%
Ferro fundido dúctil (FFD)	154	0.26%
Total	59,656	100.0%

Figura 4.7 – Distribuição dos materiais dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Cambados.



Ano de instalação	Comprimento	
	(m)	%
1971 - 1980	7,032	11.79%
1981 - 1990	12,793	21.44%
1991 - 2000	16,293	27.31%
2001 - 2010	18,816	31.54%
2011 - 2020	4,284	7.18%
2021 - 2023	437	0.73%
Total	59,656	100.0%

Figura 4.8 – Distribuição do ano de instalação dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Cambados.

O sub-sistema de Cambados é servido por um único emissário, EM09 – Gemunde/Cambados. Este emissário apresenta uma extensão total de 4,4 km, maioritariamente com 400 mm de diâmetro e uma distribuição semelhante de materiais entre PPC e PVC. De acordo com a informação do cadastro, este emissário foi construído em 1993 (32 anos). A Figura 4.9 resume a distribuição dos diâmetros e materiais deste emissário.

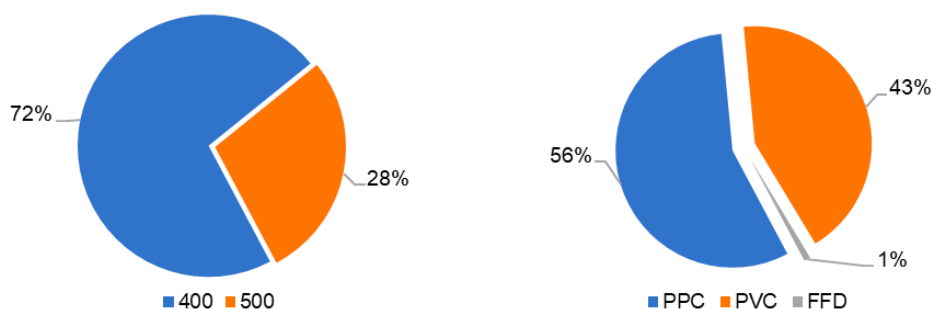


Figura 4.9 – Distribuição dos diâmetros e materiais do emissário EM09 – Gemunde/Cambados.

Estão também identificados dois descarregadores de emergência em duas estações elevatórias de águas residuais (EE18 e EE19) e um à entrada da ETAR, um descarregador de tempestade e dois pontos de descarga da ETAR de Cambados.

4.4.2.2 Caracterização de sistemas elevatórios

O sub-sistema de Cambados apresenta 13 estações elevatórias de águas residuais responsáveis por elevar caudais de águas residuais gerados em zonas cujo escoamento por gravidade não se configura possível para entrega aos emissários/ETAR. No Quadro 4.1 apresentam-se as principais características destas EE, sendo que, no Quadro 4.2, se apresentam as características das respetivas condutas elevatórias.

Quadro 4.1 –Características das EE de águas residuais do sub-sistema de Cambados.

Designação da EE	Ano de instalação	Nº de eletrobombas	Potência (W)	Altura manométrica (mca)	Caudal nominal (l/s)	Capacidade instalada (m³/h)	Telegestão	Sistema de intrusão inundação
EE04	1996	1	4.5	6.5	26	94	SIM	SIM
EE09	1998	2	24	13	32	230	SIM	SIM
EE11	2018	2	2.3	19	20	147	SIM	SIM
EE17	2000	2	11.5	19	32	230	SIM	SIM
EE18	2000	2	7.4	10	26	188	SIM	SIM
EE19	2000	2	4.5	19	25	180	SIM	SIM
EE31	2003	2	11.2	19	21	152	SIM	SIM
EE41	2005	2	3.1	17	34	244	SIM	SIM
EE44	2005	2	3.1	20	29	205	SIM	SIM
EE45	2005	2	5.9	20	29	205	SIM	SIM
EE54	2008	2	5.9/3.3	19	25	180	SIM	SIM
EE65	2012	2	2.4	33.8	25	180	SIM	SIM
EE76	2021	2	0	12.6	22	160	NÃO	SIM

Quadro 4.2 – Características das condutas elevatórias das EE de águas residuais do sub-sistema de Cambados.

Designação da EE	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Material
EE04	258	90	PVC
EE09	421	110	PVC
EE11	375	140	PVC
EE17	629	110	PVC
EE18	468	110	PVC
EE19	906	125	FFD
EE31	213	110	PVC
EE41	292	110	PEAD
EE44	458	125	PVC
EE45	454	125	PVC
EE54	121	160	PVC
EE65	343	160	PVC
EE76	162	110	PEAD

Na Figura 4.10 apresenta-se o volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Cambados entre 2021 e 2023. De referir que, em 2023, o volume elevado foi superior ao de 2022 em todas as EE, sendo de realçar o incremento de 215% na EE17, 98% na EE41 e de 1000% na EE65. A EE76 não apresenta registo de dados.

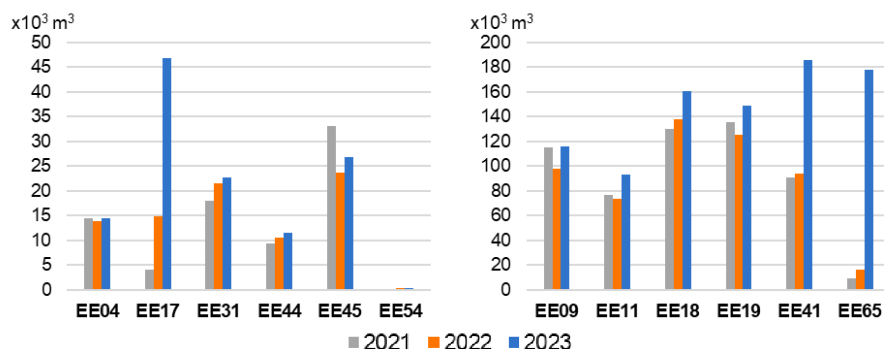
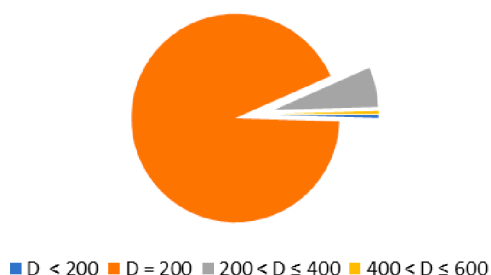


Figura 4.10 – Volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Cambados entre 2021 e 2023.

4.4.3 SUB-SISTEMA DE PONTE DE MOREIRA

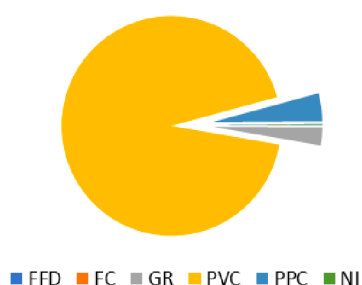
4.4.3.1 Análise de cadastro existente

O sub-sistema de Ponte de Moreira apresenta um total aproximado de 68,5 km de coletores de águas residuais cadastrados. Esta rede apresenta a prevalência de coletores de diâmetro 200 mm (93%), sendo que o cadastro identifica uma variação de diâmetros entre 110 e 500 mm (Figura 4.11). Prevê-se que os coletores identificados com diâmetros inferiores a 200 mm correspondam a coletores de ramais. No que respeita aos materiais utilizados, prevalece o PVC com cerca de 93%, seguido de PPC (4%) e grés cerâmico (3%) (Figura 4.12). Cerca de 31% da rede foi instalada antes de 1990, sendo que entre 1991 e 2010 foi instalada cerca de 62% da rede e 6% após 2010, donde resulta uma idade média dos coletores de cerca de 28 anos (Figura 4.13).



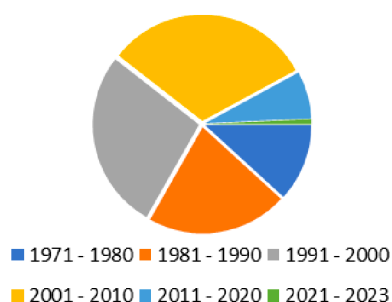
Diâmetro (mm)	Comprimento	
	(m)	%
D < 200	345	0.50%
D = 200	63,633	92.88%
200 < D ≤ 400	4,212	6.15%
400 < D ≤ 500	321	0.47%
Total	68,511	100.0%

Figura 4.11 – Distribuição dos diâmetros dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.



Material	Comprimento	
	(m)	%
Policloreto de vinilo (PVC)	63,753	93.05%
Polipropileno corrugado (PPC)	2,810	4.10%
Grés cerâmico (GR)	1,811	2.64%
Não identificado	82	0.12%
Ferro fundido dúctil (FFD)	46	0.07%
Fibrocimento (FC)	9	0.01%
Total	68,511	100.0%

Figura 4.12 – Distribuição dos materiais dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.



Ano de instalação	Comprimento	
	(m)	%
≤ 1970	279	0.41%
1971 - 1980	3,448	5.03%
1981 - 1990	17,717	25.86%
1991 - 2000	23,601	34.45%
2001 - 2010	19,168	27.98%
2011 - 2020	3,392	4.95%
2021 - 2023	905	1.32%
Total	68,511	100.0%

Figura 4.13 – Distribuição do ano de instalação dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.

O sub-sistema de Ponte de Moreira é servido por um conjunto de cinco emissários: EM06 - Maia (Poente), EM10 - Nascente ZI, EM11 - Poente ZI, EM12 - Guarda, EM13 - Carvalhido e EM14 - Secundário de Matos.

O Quadro 4.3 e Quadro 4.4 apresentam uma síntese das características destes emissários no que respeita aos diâmetros e materiais identificados no cadastro. É de salientar a predominância do diâmetro mínimo de 200 mm nos emissários EM10 e EM11, em PVC. Os emissários EM13 e EM14 são compostos exclusivamente por trechos de diâmetro 315 mm, sendo que o EM13 apresenta trechos em PVC e grés cerâmico e o EM14 é exclusivamente composto por coletores em PVC. Os emissários EM06 e EM12 são maioritariamente constituídos por trechos de 500 mm em PVC.

Quadro 4.3 – Distribuição dos diâmetros dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

Diâmetro (mm)	EM06 Maia (Poente)	EM10 Nascente ZI	EM11 Poente ZI	EM12 Guarda	EM13 Carvalhido	EM14 Secundário de Matos
200	-	1,735 (79%)	1,090 (100%)	-	-	-
250	102 (6%)	475 (21%)	-	-	-	-
315	-	-	-	285 (28%)	1,089 (100%)	1,078 (100%)
350	693 (39%)	-	-	-	-	-
500	987 (55%)	-	-	721 (72%)	-	-
Total	1,782 (100%)	2,209 (100%)	1,090 (100%)	1,007 (100%)	1,089 (100%)	1,078 (100%)

Quadro 4.4 – Distribuição dos materiais dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

Material	EM06 Maia (Poente)	EM10 Nascente ZI	EM11 Poente ZI	EM12 Guarda	EM13 Carvalhido	EM14 Secundário de Matos
PVC	99%	100%	97%	100%	60%	100%
PPC	1%	-	-	-	-	-
GR	-	-	3%	-	40%	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

No Quadro 4.5 apresenta-se um resumo relativo ao ano de instalação e idade média dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira, cujas percentagens se apresentam em função dos comprimentos totais.

Quadro 4.5 – Ano de instalação e idade média dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

Emissário	Ano de construção	Idade média
EM06 - Maia (Poente)	2006 (100%)	19
EM10 - Nascente ZI	1986/1987 (73%) 2008 (27%)	33
EM11 - Poente ZI	1986/1987 (100%)	39
EM12 - Guarda	1985 (100%)	40
EM13 - Carvalhido	1986 (100%)	39
EM14 - Secundário de Matos	1992 (54%) 2000 (19%) 2019 (27%)	24

Adicionalmente, estão identificados dois descarregadores de emergência em duas estações elevatórias (EE16 e EE30) e um à entrada da ETAR, um descarregador de tempestade na EE26 e um ponto de descarga da ETAR.

4.4.3.2 Caracterização de sistemas elevatórios

O sub-sistema de Ponte de Moreira apresenta 12 estações elevatórias de águas residuais responsáveis por elevar caudais de águas residuais gerados em zonas cujo escoamento por gravidade não se configura possível para entrega aos emissários/ETAR. No Quadro 4.6 apresentam-se as principais características destas EE, sendo que no Quadro 4.7 se apresentam as características das respetivas condutas elevatórias. A EE78 pertence ao Metro do Porto e está desativada.

Quadro 4.6 – Características das EE de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.

Designação da EE	Ano de instalação	Nº de eletrobombas	Potência (W)	Altura manométrica (mca)	Caudal nominal (l/s)	Capacidade instalada (m³/h)	Telegestão	Sistema de intrusão inundação
EE05	1996	1	9.4	11	32	115	SIM	SIM
EE12	1999	2	11	18.5	24	170	SIM	SIM
EE13	2017	1	4	18.2	13	45	SIM	SIM
EE15	2000	2	7.4	11	26	188	SIM	SIM
EE16	2000	2	4.5	27	40	288	SIM	SIM
EE26	2001	2	8.8/7.58.4/7.5	13	33	235	SIM	SIM
EE30	2002	2	2.9	22	36	260	SIM	SIM
EE52	2007	2	4.5	27	32	230	SIM	SIM
EE62	2011	1	3.3	17	34	122	SIM	SIM
EE69	2015	2	2.9	12.6	22	160	SIM	SIM
EE80	2023	2	7.1	19.03	11	76	NÃO	0
EE78	2009	Desativada						

Quadro 4.7 – Características das condutas elevatórias das EE de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira.

Designação da EE	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Material
EE05	365	110	PEAD
EE12	187	110	PVC
EE13	145	90	PVC
EE15	463	110	PVC
EE16	456	110	PVC
EE26	507	160	PVC
EE30	286	110	PVC
EE52	339	90	PVC
EE62	122	75	PVC
EE69	64	110	PVC
EE80	176	110	PEAD
EE78	117	160	PVC

Na Figura 4.14 apresenta-se o volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira entre 2021 e 2023. De realçar o aumento em 40% e 300% no volume elevado na EE05 e na E69 em 2023 quando comparado com 2022, respetivamente, a redução em 42% e no volume elevado pela EE13 em 2023 face a 2022 e a redução em 96% no volume elevado na EE62 face a 2021 (não foram registados valores em 2022). A EE80, tendo sido instalada em 2023, apenas apresenta valores estimados de volume elevado.

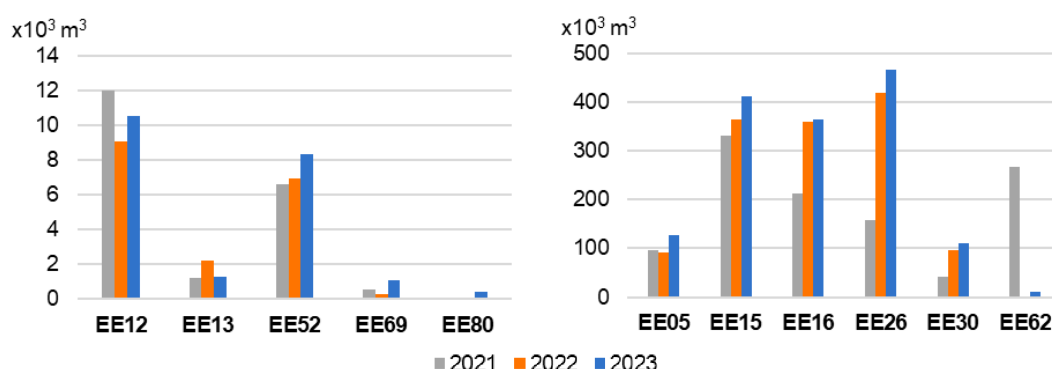
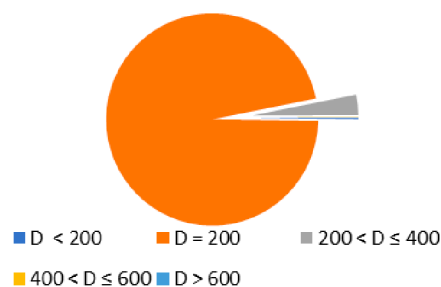


Figura 4.14 – Volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Ponte de Moreira entre 2021 e 2023.

4.4.4 SUB-SISTEMA DA PARADA

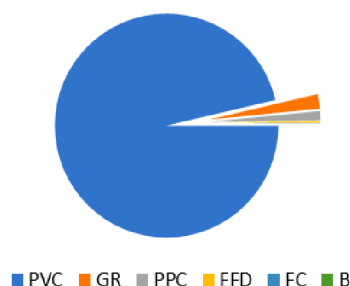
4.4.4.1 Análise de cadastro existente

O sub-sistema de Parada apresenta um total aproximado de 380 km de coletores de águas residuais cadastrados. Esta rede apresenta a prevalência de coletores de diâmetro 200 mm (97%), sendo que o cadastro identifica uma variação de diâmetros entre 125 e 700 mm (Figura 4.15). Prevê-se que os coletores identificados com diâmetros inferiores a 200 mm correspondam a coletores de ramais. No que respeita aos materiais utilizados, prevalece o PVC com cerca de 96%, seguido de grés cerâmico (2%) e PPC (1%) (Figura 4.16). Cerca de 25% da rede foi instalada antes de 1990, sendo que entre 1991 e 2010 foi instalada cerca de 70% da rede e 5% após 2010, donde resulta uma idade média dos coletores de cerca de 27 anos (Figura 4.17).



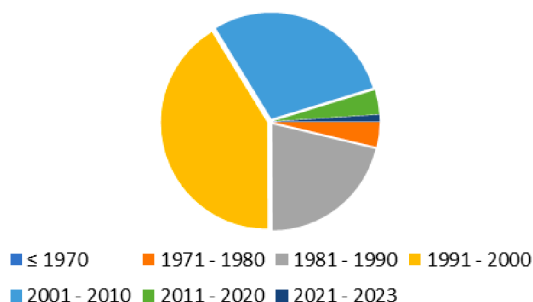
Diâmetro (mm)	Comprimento	
	(m)	%
D < 200	927	0.24%
D = 200	367,564	96.60%
200 < D ≤ 400	11,703	3.08%
400 < D ≤ 600	193	0.05%
D > 600	105	0.03%
Total	380,492	100.0%

Figura 4.15 – Distribuição dos diâmetros dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Parada.



Material	Comprimento	
	(m)	%
Policloreto de vinilo (PVC)	366,527	96.33%
Grés cerâmico (GR)	8,018	2.11%
Polipropileno corrugado (PPC)	5,037	1.32%
Ferro fundido dúctil (FFD)	688	0.18%
Fibrocimento (FC)	160	0.04%
Betão pré-fabricado (B)	62	0.02%
Total Geral	380,492	100.0%

Figura 4.16 – Distribuição dos materiais dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Parada.



Ano de instalação	Comprimento	
	(m)	%
≤ 1970	21	0.01%
1971 - 1980	14,266	3.75%
1981 - 1990	80,554	21.17%
1991 - 2000	157,236	41.32%
2001 - 2010	110,402	29.02%
2011 - 2020	14,036	3.69%
2021 - 2023	3,977	1.05%
Total Geral	380,492	100.0%

Figura 4.17 – Distribuição do ano de instalação dos coletores de águas residuais do sub-sistema de Parada.

O sub-sistema de Parada é servido por um conjunto de sete emissários: EM01 – Arquinho, EM02 - Maia (Nascente), EM03 - Chiolo, EM04 - Silva Escura, EM05 - Boi Morto, EM07 - Leandro e EM08 - Leça.

O Quadro 4.8 e Quadro 4.9 apresentam uma síntese das características destes emissários no que respeita aos diâmetros e materiais identificados no cadastro. É de salientar que o EM04 é composto na sua totalidade por coletores em PVC com o diâmetro mínimo de 200 mm. Os emissários EM03 e EM05 são compostos predominantemente compostos por trechos de diâmetro de 400 mm e os emissários EM01 e EM02 por trechos de 500 mm, em PVC. O emissário EM07 tem como diâmetro predominante os 450 mm, sendo o PEAD o material mais usado. Por fim, o EM08 apresenta diâmetro de 600 m em praticamente toda a sua extensão, sendo o PVC o material predominante.

Quadro 4.8 – Distribuição dos diâmetros dos emissários do sub-sistema de Parada.

Diâmetro (mm)	EM01 Arquinho	EM02 Maia (Nascente)	EM03 Chiolo	EM04 Silva Escura	EM05 Boi Morto	EM07 Leandro	EM08 Leça
200	2,571 (25%)	871 (36%)	-	2,886 (100%)	-	405 (6%)	-
315	-	44 (2%)	1,389 (39%)	-	-	1,136 (16%)	-
400	-	413 (17%)	2,149 (60%)	-	2,109 (100%)	512 (7%)	-
450	-	-	-	-	-	3,865 (55%)	-
500	5,917 (58%)	1,118 (46%)	69 (2%)	-	-	746 (11%)	-
600	1,791 (17%)	-	-	-	-	369 (5%)	4,684 (100%)
700	-	-	-	-	-	-	2 (0%)
Total	10,279 (100%)	2,446 (100%)	3,608 (100%)	2,886 (100%)	2,109 (100%)	7,032 (100%)	4,686 (100%)

Quadro 4.9 – Distribuição dos materiais dos emissários do sub-sistema de Parada.

Material	EM01 Arquinho	EM02 Maia (Nascente)	EM03 Chiolo	EM04 Silva Escura	EM05 Boi Morto	EM07 Leandro	EM08 Leça
PVC	95%	100%	98%	100%	64%	19%	64%
PPC	2%	-	2%	-	-	-	-
FFD	3%	-	-	-	-	5%	16%
GR	-	-	-	-	36%	-	4%
PEAD	-	-	-	-	-	75%	15%
FFD	-	-	-	-	-	1%	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

No Quadro 4.10 apresenta-se um resumo no que respeita ao ano de construção e idade média dos emissários do sub-sistema de Parada, cujas percentagens se apresentam em função dos seus comprimentos totais.

Quadro 4.10 – Ano de instalação e idade média dos emissários do sub-sistema de Parada.

Emissário	Ano de construção	Idade média
EM01 - Arquinho	1986-1989 (80%) 2000 (20%)	36
EM02 - Maia (Nascente)	1977 (34%) 1998 (31%) 2003 (17%) 2016 (9%) 2019 (9%)	30
EM03 - Chiolo	1998/1999 (72%) 2006 (11%) 2010 (6%) 2015 (11%)	24
EM04 - Silva Escura	1999 (100%)	26
EM05 - Boi Morto	1986 (100%)	39
EM07 - Leandro	1998 (100%)	27
EM08 - Leça	2000 (100%)	25

Estão ainda identificados sete descarregadores de emergência em estações elevatórias (EE28, EE29, EE40, EE46, EE55, EE59 e EE67) e dois na ETAR, um descarregador de tempestade na EE08 e um ponto de descarga na ETAR.

4.4.4.2 Caracterização de sistemas elevatórios

O sub-sistema de Parada apresenta 68 estações elevatórias de águas residuais responsáveis por elevar caudais de águas residuais gerados em zonas cujo escoamento por gravidade não se configura possível para entrega aos emissários/ETAR. Destas, 7 pertencem ao concelho da Trofa, estando excluídas da presente análise, e outras 7 não se encontram sobre gestão da SMAS Maia, sendo de gestão de privados, no caso de EE de redes prediais, ou da CM da Maia, no caso da EE93. No cadastro disponibilizado, não se identificam 4 das 7 EE prediais não geridas pelas SMAS Maia (EE90, EE91, EE92 e EE94). No Quadro 4.11 apresentam-se as principais características as EE deste sub-sistema, sendo que no Quadro 4.12 se apresentam as características das respetivas condutas elevatórias.

Quadro 4.11a – Características das EE de águas residuais do sub-sistema de Parada.

Designação da EE	Ano de instalação	Nº de eletrobombas	Potência (W)	Altura manométrica (mca)	Caudal nominal (l/s)	Capacidade instalada (m³/h)	Telegestão	Sistema de intrusão inundação
EE01	1993	2	27.4	21.0	56	404	SIM	SIM
EE02	1994	2	5.9	11.0	24	172	SIM	SIM
EE03	1995	2	3.6	11.0	28	202	SIM	SIM
EE07	1996	2	NC	6.0	26	188	SIM	SIM
EE08	2018	2	6	27.0	12	84	SIM	SIM
EE10	1998	2	9.4	6.0	26	188	SIM	SIM
EE14	2000	2	2.9	19.0	32	230	SIM	SIM
EE20	2001	1	8.8	13.5	24	86	SIM	SIM
EE21	2001	1	5.9	6.0	25	90	SIM	SIM
EE22	2001	2	3.3	14.0	28	202	SIM	SIM
EE23	2001	1	2.9	24.5	80	288	SIM	SIM
EE24	2001	1	4.9	13.0	28	101	SIM	SIM
EE25	2001	2	2.9	19.0	15	108	SIM	SIM
EE27	2001	1	7.5	13.1	70	252	SIM	SIM
EE28	2002	2	2.7	11.0	34	244	SIM	SIM
EE29	2002	2	4.2	10.0	28	202	SIM	SIM
EE32	2006	2	1.65	30.0	85	612	SIM	SIM
EE33	2003	1	29.9	13.0	25	90	SIM	SIM
EE34	2003	2	3.3	17.0	34	244	SIM	SIM
EE35	2004	2	4.2	20.0	29	205	SIM	SIM
EE36	2004	2	3.1	17.0	26	188	SIM	SIM
EE37	2004	1	4.5/4.2	13.0	24	86	SIM	SIM
EE38	2004	1	5.9	13.0	26	94	SIM	SIM
EE39	2005	2	6	32.0	32	230	SIM	SIM
EE40	2005	2	9.4	20.0	29	205	SIM	SIM
EE42	2005	2	3.1	20.0	3	21	SIM	SIM
EE43	2005	2	3.1	20.0	29	205	SIM	SIM
EE46	2005	2	5.9	13.5	26	188	SIM	SIM
EE47	2006	2	3.3	11.0	26	188	SIM	SIM
EE48	2006	1	6	19.0	25	90	SIM	SIM
EE49	2006	1	3.3	6.0	25	90	SIM	SIM
EE50	2007	2	3.3	27.0	28	202	SIM	SIM
EE51	2007	2	3.8	24.0	26	188	SIM	SIM
EE53	2007	2	7.4	6.0	24	172	SIM	SIM
EE55	2009	2	3.3	41.0	40	288	SIM	SIM
EE56	2009	2	11.4	6.0	25	180	SIM	SIM
EE57	2009	1	3.3	13.0	25	90	SIM	SIM
EE58	2009	2	3.3	19.0	20	144	SIM	SIM
EE59	2009	1	4.4	18.2	13	45	SIM	SIM
EE60	2009	2	2.9	13.0	25	180	SIM	SIM
EE61	2010	2	3.3	13.0	25	180	SIM	SIM
EE63	2011	1	4.2	17.0	34	122	SIM	SIM
EE64	2012	2	4.2	20.0	29	205	SIM	SIM

Quadro 4.11b –Características das EE de águas residuais do sub-sistema de Parada.

Designação da EE	Ano de instalação	Nº de eletrobombas	Potência (W)	Altura manométrica (mca)	Caudal nominal (l/s)	Capacidade instalada (m³/h)	Telegestão	Sistema de intrusão inundaçao
EE66	2013	2	9.4	13.0	25	180	SIM	SIM
EE67	2013	2	3.3	12.4	23	168	SIM	SIM
EE68	2015	1	2.9	18.2	13	45	SIM	SIM
EE70	2017	2	2.2	24.5	80	576	SIM	SIM
EE71	2021	2	4	33.8	25	180	NÃO	SIM
EE72	2021	2	NC	29.9	17	120	NÃO	SIM
EE73	2021	2	NC	21.9	13	90	NÃO	SIM
EE74	2021	2	NC	21.9	13	90	NÃO	SIM
EE75	2021	2	NC	13.1	19	140	NÃO	SIM
EE77	2018/2021	2	NC	19.8	5	33	NÃO	SIM
EE79	2022	1	NC	12.6	22	80	NÃO	NÃO
EE90	2004	Gestão privada, rede predial						
EE91	NC	Gestão privada, rede predial						
EE92	NC	Gestão privada, rede predial						
EE93	2003	Gestão CM Maia						
EE94	NC	Gestão privada, rede predial						
EE95	NC	Gestão privada, rede predial						
EE96	NC	Gestão privada, rede predial						

Quadro 4.12 – Características das condutas elevatórias das EE de águas residuais do sub-sistema de Parada.

Designação da EE	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Material	Designação da EE	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Material
EE01	1220	200	PVC	EE50	326	110	FFD
EE02	Conduta não cadastrada			EE51	237	110	PEAD
EE03	157	125	PVC	EE53	270	110	PEAD
EE07	137	90	PEAD	EE55	189	100	PEAD
EE08	456	110	PEAD	EE56	88	90	PEAD
EE10	87	90	PVC	EE57	149	110	PEAD
EE14	173	110	PVC	EE58	198	110	PEAD
EE20	220	125	PVC	EE59	55	110	PEAD
EE21	179	90	PEAD	EE60	200	110	PEAD
EE22	151	125	PP	EE61	115	110	PEAD
EE23	307	100	PEAD	EE63	73	90	PVC
EE24	426	110	PVC	EE64	127	90	PVC
EE25	50	110	PVC	EE66	296	90	PVC
EE27	281	110	PVC	EE67	104	110	PEAD
EE28	328	90	PEAD	EE68	77	90	PEAD
EE29	273	110	PEAD	EE70	277	110	PEAD
EE32	392	200	FFD	EE71	754	90	PEAD
EE33	98	90	PEAD	EE72	300	125	PEAD
EE34	592	110	PVC	EE73	128	90	PEAD
EE35	98	110	PEAD	EE74	121	100	PEAD
EE36	81	110	PVC	EE75	53	90	PVC
EE37	171	125	PEAD	EE77	232	110	PEAD
EE38	163	125	PEAD	EE79	65	63	PEAD
EE39	214	90	PEAD	EE90	EE não cadastrada		
EE40	172	110	PEAD	EE91	EE não cadastrada		
EE42	141	110	PEAD	EE92	EE não cadastrada		
EE43	107	110	PEAD	EE93	130	90	PEAD
EE46	81	100	PEAD	EE94	EE não cadastrada		
EE47	241	125	FFD	EE95	24	90	PVC
EE48	186	90	PVC	EE96	50	90	PVC
EE49	98	80	FFD				

Na Figura 4.18 apresenta-se o volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Parada entre 2021 e 2023. De realçar a existência de estações elevatórias que servem um número muito reduzido de clientes, resultando em volumes elevados de expressão reduzida. Inversamente, as estações elevatórias EE01, EE14, EE20, EE21, EE23, EE27, EE32, EE47 e EE63 destacam-se pelos maiores volumes elevados.

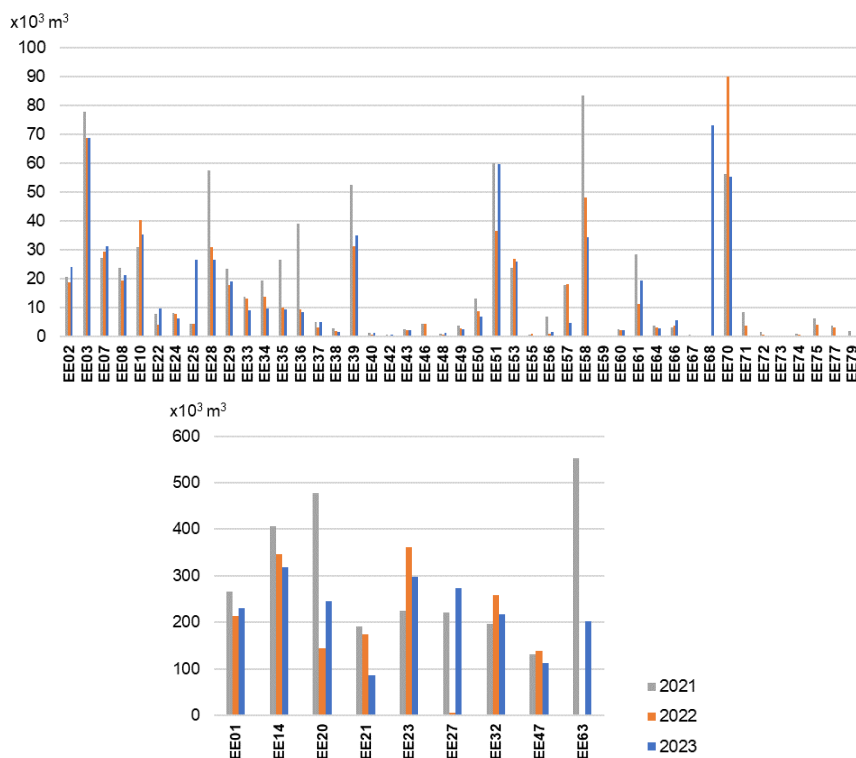


Figura 4.18 –Volume anual elevado nas EE de águas residuais do sub-sistema de Parada entre 2021 e 2023.

4.5 CADASTRO DE INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

4.5.1 ANÁLISE DE CADASTRO EXISTENTE

Embora o presente estudo se foque no sistema de saneamento (drenagem doméstica), foi também analisado o cadastro de infraestruturas de drenagem pluvial do concelho da Maia, fornecido em formato *dwg* (CAD), sendo que apenas se dispõe da informação relativamente aos diâmetros dos coletores. As infraestruturas cadastradas apresentam-se na Peça Desenhada 07 e Figura 4.19.

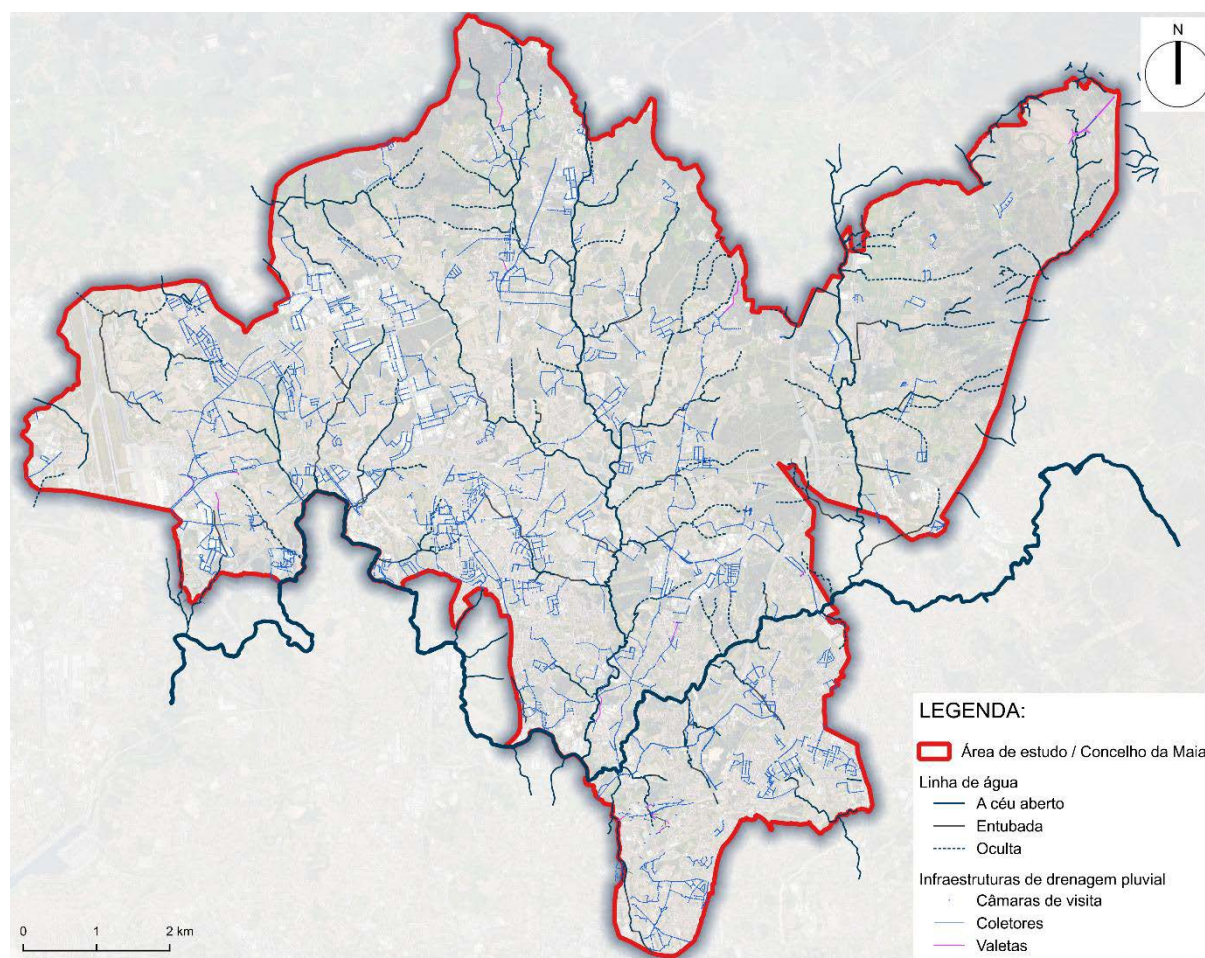


Figura 4.19 – Infraestruturas de drenagem pluvial do concelho da Maia.

No que respeita à análise do diâmetro e secções dos coletores de drenagem pluvial, verifica-se que 70% da rede é constituída por coletores de secção circular de diâmetro entre 300 mm e 600 mm (exclusive), sendo que 21% apresentam diâmetros entre 600 e 1000 mm (Figura 4.20)

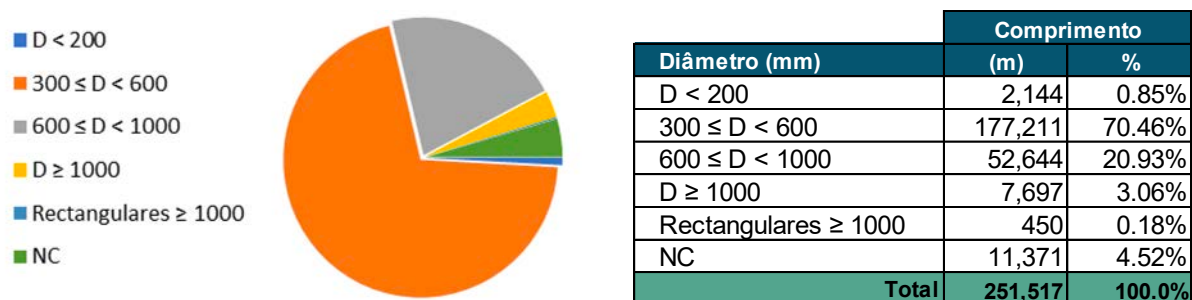


Figura 4.20 – Distribuição dos diâmetros dos coletores pluviais do concelho da Maia.

4.6 EVOLUÇÃO E CENÁRIOS DEMOGRÁFICOS

4.6.1 POPULAÇÃO RESIDENTE, FLUTUANTE E EQUIVALENTE INDUSTRIAL

POPULAÇÃO RESIDENTE

No Quadro 4.13 apresenta-se a evolução da população residente no concelho de Maia, por freguesia (CAOP2013), de acordo com a informação censitária desde 1981. No âmbito da 2ª revisão do Plano Diretor Municipal (PDM) da Maia, são apresentados três cenários de evolução demográfica, até 2030, com base nas tendências de evolução das capitais de distrito de Portugal, entre 2012 e 2017. De notar que estas projeções não consideram os dados mais recentes dos Censos de 2021. Na Figura 4.21 confrontam-se os dados censitários com as projeções demográficas mencionadas.

Quadro 4.13 – Evolução da população residente no concelho da Maia (INE).

Freguesia	1970	1981	1991	2001	2011	2021
Águas Santas	22 751	26 381	17 440	25 249	27 470	26 632
Castêlo da Maia	10 192	12 262	13 332	15 452	18 395	18 586
Cidade da Maia	11 739	18 370	25 885	35 625	40 134	40 535
Folgosa	2 379	2 946	3 249	3 603	3 704	3 605
Milheirós	3 118	3 811	3 768	4 237	4 861	4 762
Moreira	5 842	7 591	7 836	10 280	12 890	13 092
Nogueira e Silva Escura	4 207	5 536	5 663	6 591	7 980	8 380
Pedrouços	-	-	10 300	11 868	12 149	11 563
São Pedro Fins	1 322	1 756	1 630	1 838	1 837	1 816
Vila Nova da Telha	2 144	3 063	4 048	5 368	5 886	6 004
Total	63 694	81 716	93 151	120 111	135 306	134 976

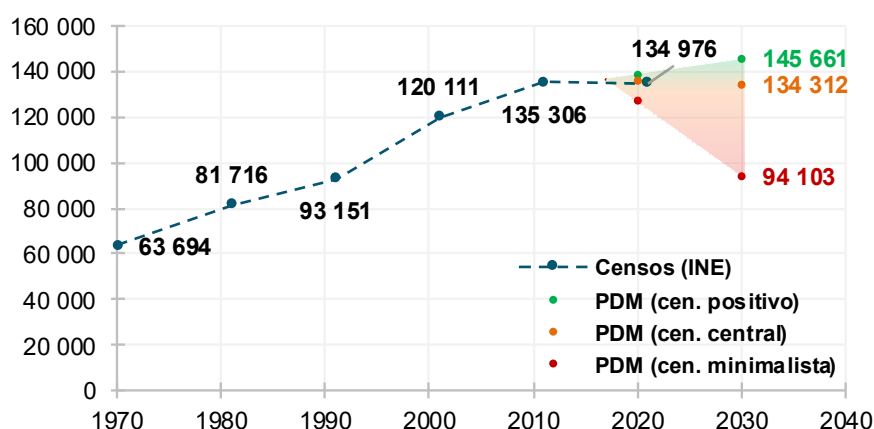


Figura 4.21 – Evolução da população residente no concelho da Maia (INE) e projeções demográficas da 2ª revisão do PDM da Maia.

No que respeita à evolução da população residente no concelho da Maia, verifica-se que nas décadas de 70 e 90 se verificaram as maiores taxas de crescimento decenal (2,3 e 2,6%, respetivamente). De realçar que na segunda década do século XXI (2011/2021) se verificou uma inversão da tendência de crescimento verificada desde a década 70 do século passado até à 1ª década do século XXI, refletida num ligeiro decréscimo da população residente no concelho.

As projeções apresentadas na 2ª revisão do PDM da Maia apresentam um espectro de três cenários (minimalista, central e positivo). O cenário minimalista afasta-se claramente dos dados censitários de 2021, sendo o cenário central o que mais se aproxima.

No contexto do sistema de saneamento da Maia, a população residente servida em cada sub-sistema (Cambados, Ponte de Moreira e Parada) foi estimada através do cruzamento dos dados das áreas das subsecções estatísticas da Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI) com as áreas das bacias dos respetivos sub-sistemas, cujos resultados se apresentam no Quadro 4.14. De notar que a população residente servida pelo sistema de saneamento inclui contribuições de outros municípios, o que justifica os valores superiores aos apresentados no Quadro 4.13, sendo o Município de Trofa o mais relevante.

Quadro 4.14 – Evolução da população residente servida pelo sistema de saneamento da Maia.

Sub-sistema	População residente servida (hab)			
	1991	2001	2011	2021
Cambados	9 622	11 407	12 395	12 140
Ponte Moreira	9 762	12 602	15 210	16 113
Parada	79 676	103 113	115 338	114 911
Total	99 060	127 122	142 943	143 164

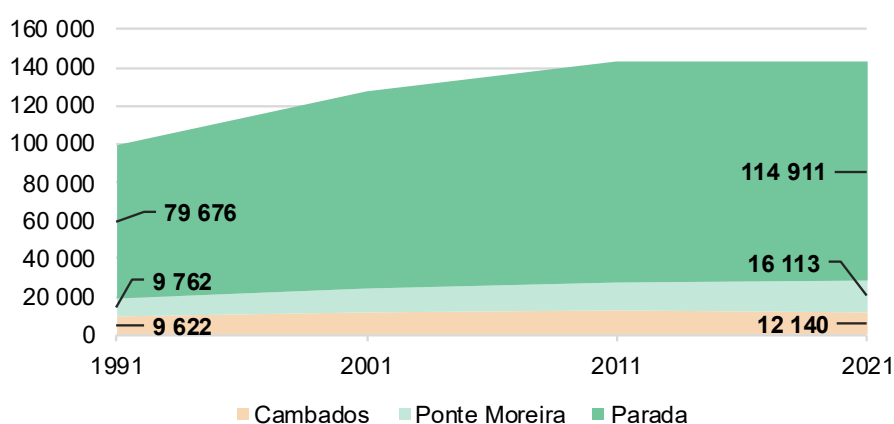


Figura 4.22 – Evolução da população residente servida por cada sub-sistema de saneamento da Maia.

A evolução da população residente servida pelos sub-sistemas de saneamento da Maia segue, naturalmente, a tendência da evolução demográfica do concelho, sendo que se verifica uma tendência de estagnação na última década. De realçar que o sub-sistema de Ponte de Moreira contraria esta tendência, tendo apresentado crescimento populacional, em contraste com os sub-sistemas de Cambados e Parada, que apresentam uma redução na população residente na última década.

POPULAÇÃO FLUTUANTE

Para além da população residente, importa estimar o impacto que a população flutuante pode ter no sistema. A população flutuante foi estimada tendo em conta duas componentes, nomeadamente:

População flutuante em alojamentos vagos ou de segunda habitação - estimada através da multiplicação do número de alojamentos familiares clássicos vagos ou de residência secundária pelo número médio de habitantes por família.

População flutuante associada a alojamentos turísticos (hotéis e alojamento local) - estimada através da consulta do Sistema de Informação Geográfica do Turismo (SIGTUR), considerando a localização e número de utentes destes alojamentos.

Assim, o Quadro 4.15 apresenta a estimativa do potencial máximo de população flutuante atual em cada sub-sistema de drenagem doméstica, bem no seu total do sistema.

Quadro 4.15 – População flutuante em casas particulares associada a cada sub-sistema de drenagem doméstica.

Sub-sistema	Alojamentos vagos/residência secundária	Habitantes por família	Habitantes em residências secundárias	Utentes de alojamentos turísticos	Potencial máximo de população flutuante
Cambados	750	3.0	2 265	120	2 385
Ponte Moreira	901	2.5	2 230	1 320	3 550
Parada	6 301	2.9	18 180	630	18 810
Total	7 952	-	22 675	2 070	24 745

Como se observa no Quadro 4.15, o potencial máximo de população flutuante resulta maioritariamente do indicador agregado relativo ao número de alojamentos vagos ou de residência secundária. A ocupação de residências secundárias tende a assumir um comportamento sazonal e a coincidir com alturas do ano de menor serviço da população residente. No caso dos alojamentos turísticos, a ocupação total e simultânea da oferta de camas também se configura pouco provável. Face às incertezas associadas, foi assumida uma fração de 20% do potencial máximo de população flutuante estimado, a acrescer à população residente, para efeito de estimativa de caudais de projeto.

POPULAÇÃO-EQUIVALENTE INDUSTRIAL

De salientar que a informação relativa às indústrias contributivas ao sistema de saneamento é muito limitada, quer no que respeita à sua caracterização qualitativa, quer quantitativa. Os dados preliminares, e que constam nos projetos desenvolvidos pela COBA indicam que a contribuição de efluentes industriais, em caudal, será de 510 e 372 habitantes-equivalentes nas ETAR de Ponte de Moreira e Parada, respetivamente (assumindo um habitante-equivalente com capitação de 145 l/hab/dia). Crê-se que estes valores se revelam inferiores aos reais tendo em conta a atividade industrial existente no concelho da Maia. Dada a incerteza associada, e por razões conservativas considera-se adequado considerar um fator multiplicativo de 10, que atende também, ao longo do tempo, a uma maior eficiência na concretização de ligações das unidades industriais à rede pública, e à potencial expansão de unidades industriais no concelho.

4.6.2 CAPITAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

A capitação de água atual foi estimada em cerca de 145 l/hab/dia com base no volume de água consumida e população servida no ano 2021, constante no Relatório e Contas 2023 dos SMAS da Maia, e assumindo uma cobertura do serviço de abastecimento de água a alojamentos de 100% (INE, 2022), como apresentado no Quadro 4.16.

Quadro 4.16 – Estimativa da capitação de água no concelho da Maia, em 2021.

2021		
Água consumida (m ³)	População* (hab)	Capitação de água (l/hab/dia)
7 136 426	134 976	145

*população residente no concelho da Maia

4.6.3 CENÁRIOS DE EVOLUÇÃO

A formulação de cenários de evolução populacional e de capitação é fundamental para estudar a viabilidade e adequação das infraestruturas existentes face às solicitações e necessidades de desempenho atuais e futuras.

Neste sentido, realizou-se uma estimativa da evolução da população residente servida pelo sistema de saneamento da Maia até 2075 (considerando 2025 como ano 0 e 2045 e 2075 como anos 20 e 50, respetivamente). A estimativa da evolução demográfica revela-se um exercício complexo que, no geral, deverá acompanhar, por um lado, a tendência dos dados observados e, por outro, as expectativas de evolução face aos planos diretores e urbanísticos e investimentos municipais e intermunicipais. Importa realçar, ainda, que a evolução demográfica pode ser muito variável no espaço, e, por isso, no presente estudo, foi realizada tendo por unidade os diferentes sub-sistemas de saneamento.

Assim, foram considerados três cenários de evolução da população residente:

Cenário demográfico minimalista: face à tendência geral de estagnação/decréscimo da população do concelho na última década, considera-se que não existe crescimento demográfico.

Cenário demográfico central: considera o crescimento da população residente de acordo com o modelo logístico (logarítmico), que permite ter em conta os dados observados no período 1991 - 2021, bem como a tendência de desaceleração do crescimento populacional mencionada.

Cenário demográfico maximalista ou conservativo: considera o modelo de crescimento geométrico (exponencial) e taxa geométrica com base nos valores observados em 2001 e 2021.

Os resultados obtidos para os cenários de evolução da população residente em cada sub-sistema e no sistema de saneamento da Maia são apresentados na Figura 4.23.

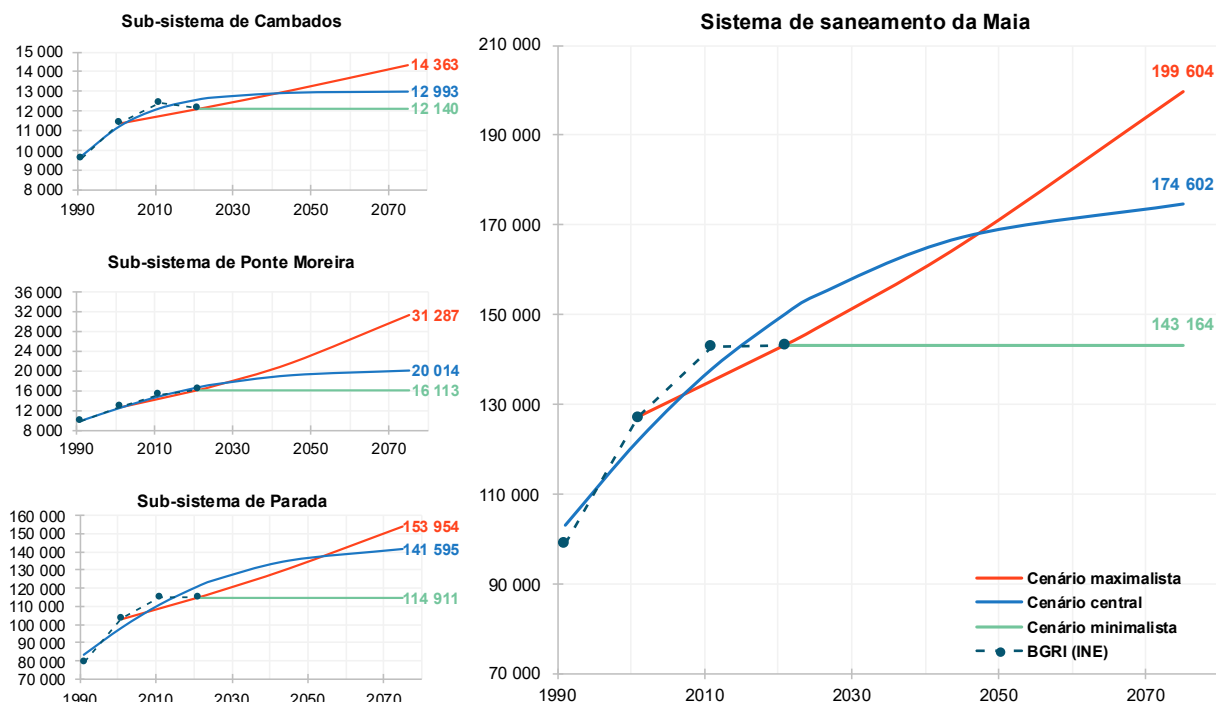


Figura 4.23 – Cenários de evolução da população residente em cada sub-sistema e no sistema de saneamento da Maia.

Face aos cenários apresentados, observa-se uma variação dos valores no ano horizonte de projeto entre cerca de 143 e 200 mil habitantes (cenário minimalista e maximalista, respetivamente), com o cenário central a apontar para cerca de 175 mil habitantes. Naturalmente, o sub-sistema de Parada assume a maior proporção de população (81%), com cerca de 141,6 mil residentes no horizonte de projeto para o cenário central, seguido do sub-sistema de Ponte de Moreira (20 mil residentes) e de Cambados (13 mil residentes).

É também relevante considerar a possibilidade de evolução da capitação de água, refletindo, maioritariamente, mudanças nos hábitos de consumo de água. Neste sentido, consideram-se também três cenários de evolução da capitação de água:

Cenário de consumo minimalista: considera-se que há uma redução, no futuro, do consumo de água per capita para 120 l/hab/dia, em face de campanhas de sensibilização e de eficiência hídrica.

Cenário de consumo conservativo: considera-se que se mantém o consumo de água per capita em 145 l/hab/dia.

Cenário de consumo maximalista: considera-se que há um aumento do consumo de água per capita para 160 l/hab/dia.

A consideração dos cenários demográficos, em conjugação com os cenários de evolução do consumo de água, permitirá, com as devidas reservas, estimar intervalos e valores prováveis de caudais médios e de ponta de águas residuais em cada bacia e sub-sistema de saneamento, como desenvolvido no subcapítulo 5.2.2.

4.7 RESULTADO DA VISITA DE CAMPO

A 13 de dezembro de 2024 foi realizada uma visita de campo onde estiveram presentes técnicos da HIDRA, dos SMAS da Maia, da Divisão de Obras por Empreitada da Maia e da Associação de Municípios – Corredor do Rio Leça (CRL-AM), iniciada com uma reunião nas instalações dos SMAS da Maia e seguida por uma visita, nomeadamente, a locais críticos identificados pelos técnicos locais.

A deslocação à Maia foi importante, principalmente para ouvir os técnicos locais, olhar para esses desafios fisicamente, após estudos e conhecimentos prévios, e partilhar reflexões sobre o diagnóstico e estratégias para o futuro do sistema.

O Quadro 4.17 apresenta um resumo dos locais visitados e observações realizadas, complementado pela Peça Desenhada 08, que identifica estes locais em planta, bem como os locais críticos identificados pela CRL-AM.

Quadro 4.17 – Locais observados na visita de campo de 13 de dezembro de 2024.

P1. Zona industrial de génese informal



Localização: Rua de Terramonte
 Coordenadas (WGS84): 41.20585223, -8.60554631

Observação:
 Exemplificação de uma zona industrial de génese informal em que não existe um levantamento das entregas à rede ou descargas, nem qualificação do efluente.

P2. EE20 – Terramonte



Localização: Rua de Terramonte
 Coordenadas (WGS84): 41.20576362, -8.60084528

Observação:
 Esta estação elevatória foi identificada como crítica no que respeita à ocorrência frequente de descargas de efluente não tratado na Ribeira do Arquinho, afluente ao rio Leça.

P3. EE75 - R. Ponte da Pedra 3



Localização: Rua Ponte da Pedra, junto ao edifício nº 588
 Coordenadas (WGS84): 41.20739072, -8.60854420

Observação:
 Indicação de descarga constante para o rio Leça. Embora se verifique que se trata de descarga de efluentes de água residual, não é possível verificar se a origem é na descarga de emergência da EE75 ou se é devida a uma ligação indevida da rede de saneamento à rede pluvial.

P4. Câmara de visita problemática em ponto baixo



Localização: Rua Manuel Gonçalves Lage (junto à Milaneza)

Coordenadas (WGS84): 41.20187279, -8.59595706

Observação:

Câmara de visita da rede de saneamento pertencente ao emissário EM05 Boi Morto que frequentemente extravasa dada a sua localização num ponto baixo, verificando-se também um mau estado estrutural.

P5. Descarga frequente para o meio recetor



Localização: Rua Manuel Gonçalves Lage (junto à Milaneza)

Coordenadas (WGS84): 41.20179948, -8.59629826

Observação:

Local em que ocorre frequentemente a descarga de efluentes para linha de água afluente ao rio Leça. Assume-se que estará relacionada com o ponto P4 e com a entrada em carga da rede, acabando por descarregar em linha de água através de uma ligação indevida.

P6. Câmara de visita problemática



Localização: Rua Luís da Silva Neves

Coordenadas (WGS84): 41.21143417, -8.59998989

Observação:

Câmara de visita problemática, com frequente entrada em carga e extravasamento de efluentes para a Ribeira do Arquinho. Verificou-se no terreno que o problema terá origem na localização em ponto baixo e na reduzida pendente do coletor de jusante, que segue amarrado à passagem sobre a ribeira. É condição crítica, também, a entrega praticamente perpendicular ao EM01 Arquinho, a cerca de 40 m.

P7. Descarga de efluente com elevadas concentrações de ferro



Localização: Avenida Augusto Ferreira Moutinho Ramos (junto à Zt Flores)

Coordenadas (WGS84): 41.257344095, -8.56102844

Observação:

Verifica-se que a Ribeira do Leandro apresenta uma cor ferrosa, cuja origem se acredita estar relacionada com a Siderurgia Nacional ou outras indústrias localizadas na proximidade. Contudo, na visita de campo, verificou-se que a descarga que estava a ocorrer era de água limpa.

P8. Descarga de efluente



Localização: Parque dos Maninhos

Coordenadas (WGS84): 41.22701517, -8.60891767

Observação:

Esta zona está identificada como uma zona a monitorizar devido à baixa qualidade da linha de água que atravessa este parque urbano. Verifica-se que a linha de água apresenta biofilme (indicativo de descargas de efluentes). Aquando da visita de campo ocorreu a descarga de efluente de cor esbranquiçada, de origem industrial, indiciando ligação indevida à rede pluvial.

P9. Várias estações elevatórias

Observação:

Visitaram-se diversas estações elevatórias na zona de Águas Santas, onde se verifica uma elevada densidade, por forma a entender a realidade dos locais, motivos para a implantação das elevatórias e potencialidade para alternativas descentralizadas de base natural, ou outras.



EE47

Localização: Rua Domingos Capas Peneda
Coordenadas (WGS84): 41.20004896, -8.57124928



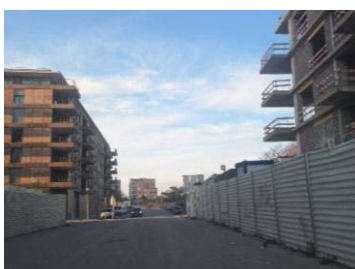
EE70

Localização: Rua dos Coriscos
Coordenadas (WGS84): 41.19793142, -8.57095811



EE07

Localização: Rua dos Coriscos
Coordenadas (WGS84): 41.20188574, -8.57118872



EE55

Localização: Travessa de Manuel José da Silva Correia (zona em construção)
Coordenadas (WGS84): 41.2029366, -8.5666133



EE58

Localização: Rua do Regado (atrás do campo de futebol da Associação)
Coordenadas (WGS84): 41.19726981, -8.58607003

4.8 MEIO RECETOR – RIO LEÇA

4.8.1 CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA, QUÍMICA E GLOBAL

A caracterização do meio recetor é importante para assegurar as medidas conducentes à sua proteção ambiental e a qualidade dos recursos hídricos. O Rio Leça, recebe os efluentes tratados por cinco ETAR: duas do concelho da Maia (ETAR de Ponte de Moreira e ETAR da Parada), duas do concelho de Valongo (ETAR de Ermesinde-Alfena e ETAR de Nossa Sra. do Amparo) e uma do concelho de Santo Tirso (ETAR de Água Longa). É vital compreender as características ecológicas e hidrológicas do Rio Leça para evitar impactos negativos. Essa caracterização permite definir a adequação dos processos de tratamento das ETAR e estabelecer parâmetros de descarga que garantam a manutenção da qualidade da água, preservando a biodiversidade.

O rio Leça nasce no Monte de Santa Luzia a cerca de 420 metros de altitude, percorrendo 48 km até à sua foz no Oceano Atlântico. Os principais tributários do rio Leça são a ribeira do Arquinho e a ribeira de Leandro, ambos afluentes da margem direita. A bacia hidrográfica do rio Leça é confrontada a Norte pela bacia hidrográfica do rio Ave e a Oriente e Sul com a bacia hidrográfica do rio Douro, e tem uma área de cerca de 190 km², localizando-se na Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2), como se apresenta na Figura 4.24 (APA, 2015).

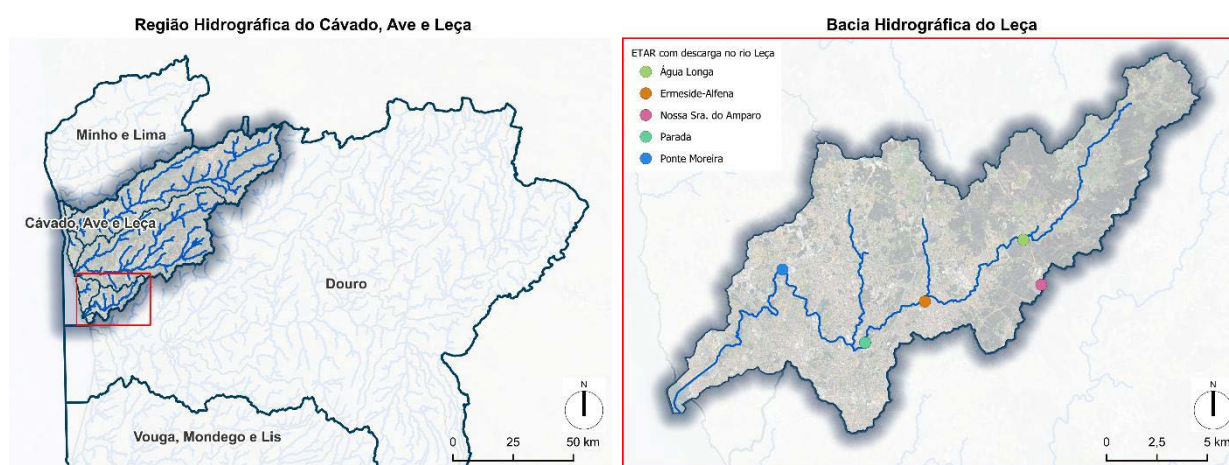


Figura 4.24 – Enquadramento do rio Leça na Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça e localização de ETAR com descarga no rio Leça.

O rio Leça é classificado como um dos Rios do Norte de Média-Grande Dimensão (Tipo N1 > 100). Esta tipologia abrange rios limitados a Sul pelas Serras da Lousã e Gardunha e a Sudoeste pela Ria de Aveiro, e são caracterizados por baixas temperaturas médias anuais e precipitação médio anual relativamente elevada (cerca de 1200 mm em média) no contexto climático do território de Portugal Continental, características típicas dessa região (ver Figura 4.25).

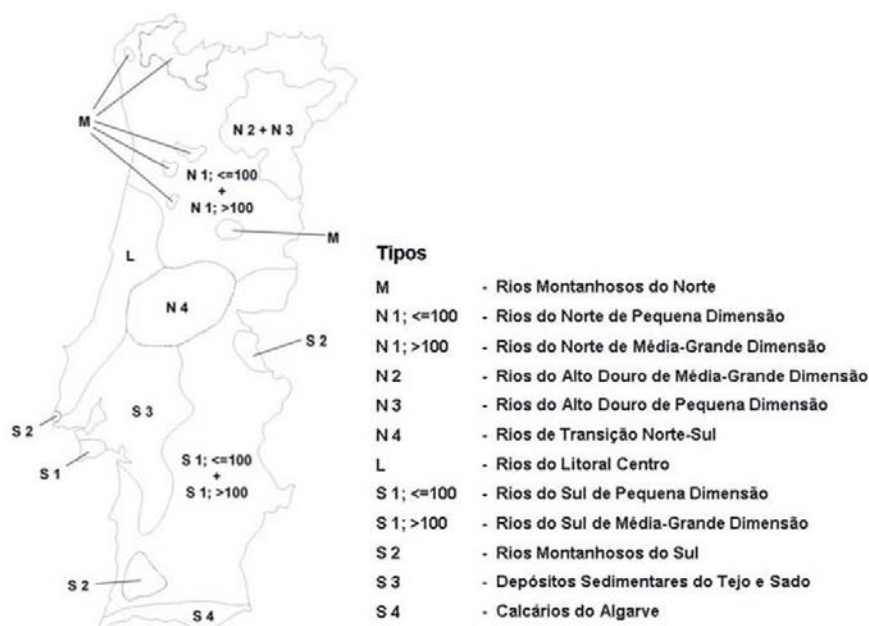


Figura 4.25 – Tipologia de rios definida para Portugal Continental, Instituto Português da Água em “*Tipologia de Rios em Portugal Continental no âmbito da Implementação da diretiva Quadro da Água*” (INAG, 2008).

A Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000 (Diretiva Quadro da Água (DQA)), estabelece a avaliação do estado das massas de água superficial com base em dois critérios: o estado ecológico e o estado químico. O estado/potencial ecológico corresponde a uma estimativa do grau de alteração da estrutura e função do ecossistema devido às diferentes pressões antrópicas e integra a avaliação de elementos de qualidade biológica e de elementos de suporte aos elementos biológicos, isto é, químicos, físico-químicos e hidromorfológicos. Os limites de qualidade dos parâmetros físico-químicos gerais aplicáveis em rios do agrupamento Norte para o 3.º ciclo de planeamento dos PGRH apresentam-se no Quadro 4.18.

Quadro 4.18 – Limiares de qualidade dos parâmetros físico-químicos gerais aplicáveis em rios do agrupamento Norte para o 3.º ciclo de planeamento dos PGRH (APA, 2021).

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Unidade	Excelente/Bom	Bom/Razoável
Condições relativas a nutrientes	Fósforo total	mg P/l	0,05	0,10
	Fosfatos	mg PO ₄ /l	0,10	0,20
	Azoto total	mg N/l	1,00	4,50
	Azoto amoniacal	mg NH ₄ /l	0,20	0,40
	Amoníaco	mg NH ₃ /l	-	0,025
	Nitrato	mg NO ₃ /l	5,0	10,0
	Nitritos	mg NO ₂ /l	0,01	0,20
	Sólidos Suspensos Totais	mg/l	12,5	25,0
Condições de oxigenação	Carência Bioquímica em Oxigénio (CBO ₅)	mg O ₂ /l	3,0	4,0
	Oxigénio dissolvido	mg O ₂ /l	8,0 - 12,0	6,0
	Taxa de saturação em Oxigénio	% O ₂	80 - 115	70 - 125
Estado de acidificação	pH	escala de Sorensen	6,5 - 8,5	6,0 - 9,0
Condições térmicas	Temperatura	°C	-	6,5 - 25,5
Salinidade	Salinidade	µS/cm	-	250

Os limiares indicados aplicam-se à média anual das amostras recolhidas, preconizando-se a amostragem com frequência trimestral.

O estado químico está relacionado com a presença de substâncias químicas que em condições naturais não estariam presentes ou que estariam presentes em concentrações reduzidas. Estas substâncias são suscetíveis de causar danos significativos para o ambiente aquático, para os ecossistemas e para a saúde humana, devido às suas características de persistência, toxicidade e bioacumulação.

A Figura 4.26 e Figura 4.27 apresentam a classificação do estado ecológico e do estado químico das massas de água superficial da RH2, respetivamente, de acordo com os respetivos planos de gestão de região hidrográfica (PGRH) de 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027). Como se observa, em ambos os ciclos do PGRH, o rio Leça apresenta um estado ecológico entre razoável e mau. No que respeita ao estado químico, verifica-se que existiu um agravamento da classificação entre o 2.º e o 3.º ciclo do PGRH. Atualmente praticamente toda a extensão do rio Leça é classificada com estado químico insuficiente.

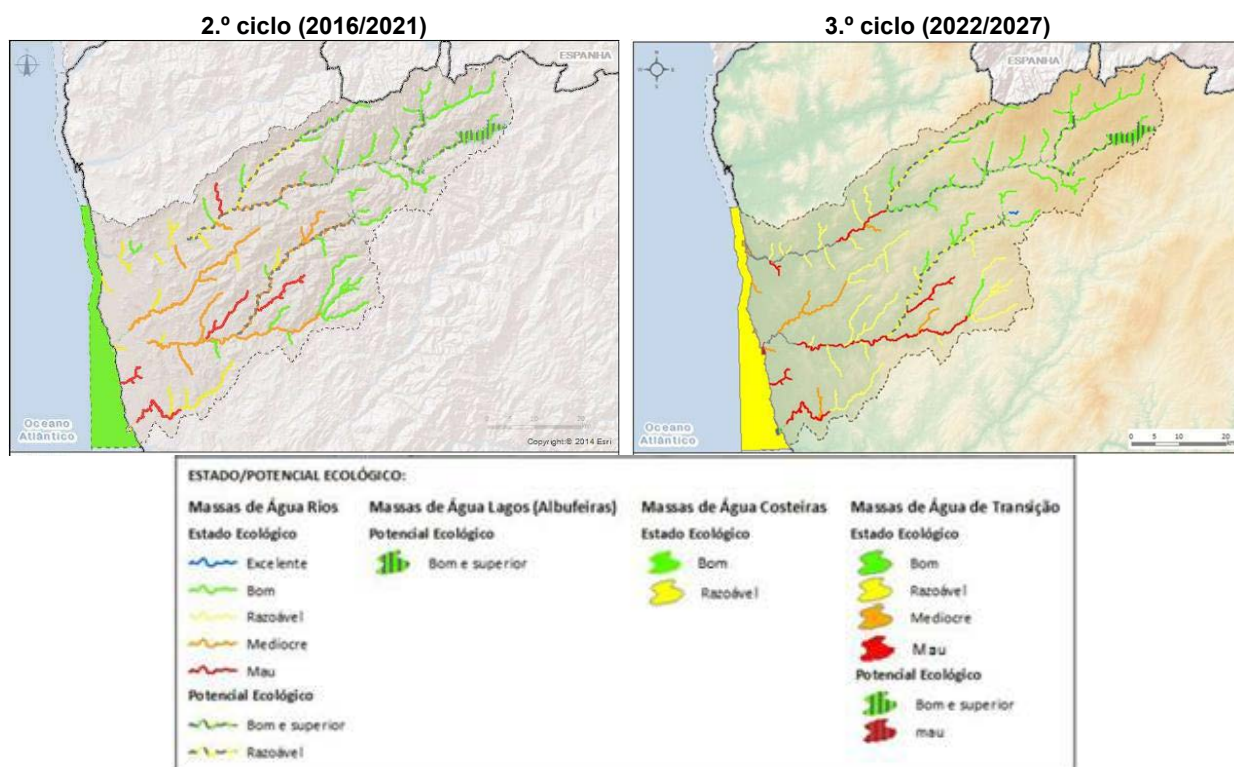


Figura 4.26 – Classificação do estado/potencial ecológico das massas de água superficial na RH2 no 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027) do PGRH.

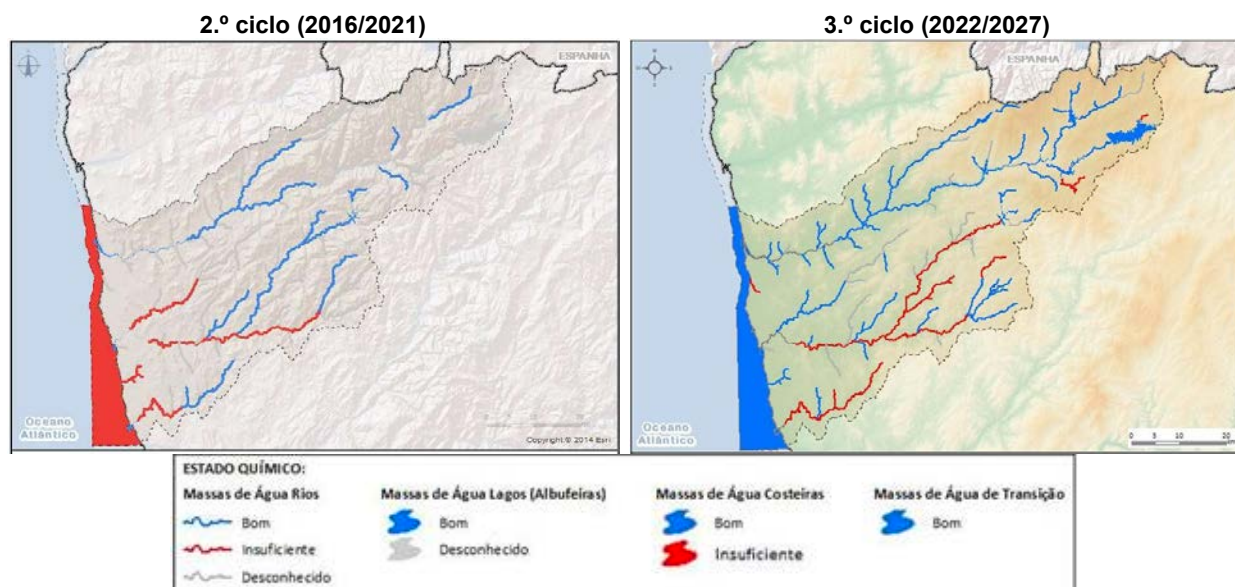


Figura 4.27 – Classificação do estado químico das massas de água superficial na RH2 no 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027) do PGRH.

Assim, na Figura 4.28 apresenta-se a classificação do estado global das massas de água superficial da RH2 de acordo com os respetivos PGRH de 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027). Verifica-se que o rio Leça é classificado como inferior a bom em ambos os planos como resultado de diversas pressões antrópicas exercidas sobre o meio recetor.

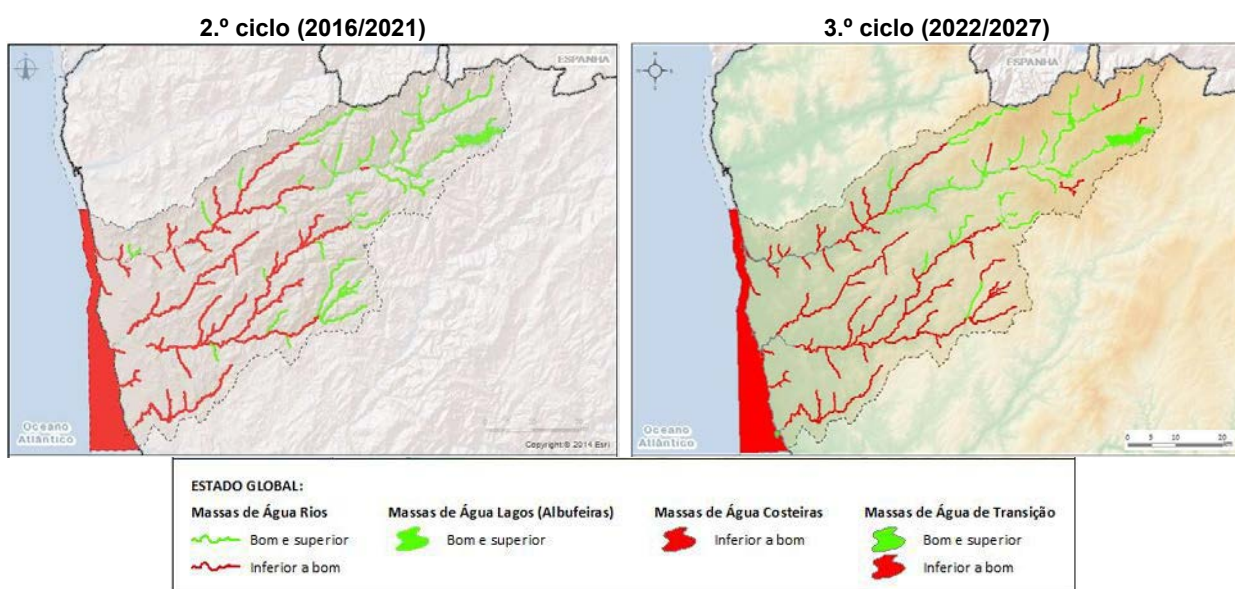


Figura 4.28 – Classificação do estado global das massas de água superficial na RH2 no 2.º ciclo (2016/2021) e 3.º ciclo (2022/2027) do PGRH.

No que respeita à qualidade do meio recetor, importa ressaltar a existência de fontes de poluição difusa, nomeadamente devido a atividade agropecuária, as quais não estão abrangidas no âmbito do presente Plano.

A melhoria de desempenho das ETAR, nomeadamente em termos de remoção de sólidos suspensos, matéria orgânica, nutrientes (N e P) e microrganismos patogénicos (através de

desinfecção), e, adicionalmente, o controlo de excedentes poluídos em tempo de chuvas, crê-se que resultará em benefícios claros para a qualidade da água do Rio Leça, no sentido da evolução da sua classificação química e ecológica.

4.8.2 ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS CORREDOR DO RIO LEÇA

Na sequência da elaboração de trabalhos de levantamento de informação e diagnóstico do estado do rio Leça e com o desenvolvimento de documentos estratégicos, surgiu, em maio de 2021, a Associação de Municípios Corredor do Rio Leça (CRL-AM), composta pelos Municípios de Santo Tirso, Valongo, Maia e Matosinhos. A CRL-AM assume a missão e responsabilidade de cuidar quotidianamente deste rio, das suas margens e da paisagem que o rodeia.

Sobre o programa de financiamento REACT-EU, a CRL-AM já desenvolveu diversas iniciativas, como intervenções de limpeza e renaturalização das margens, plantação de cerca de 51 600 plantas nativas, e corte seletivo de cerca nas margens de cerca de 60 km², entre outras.

Uma das medidas críticas consiste na implementação de uma rede de monitorização da qualidade e caudal do rio Leça, a Rede LoRa, constituída por 8 antenas, 4 medidores de nível e 10 medidores de qualidade (Figura 4.29).

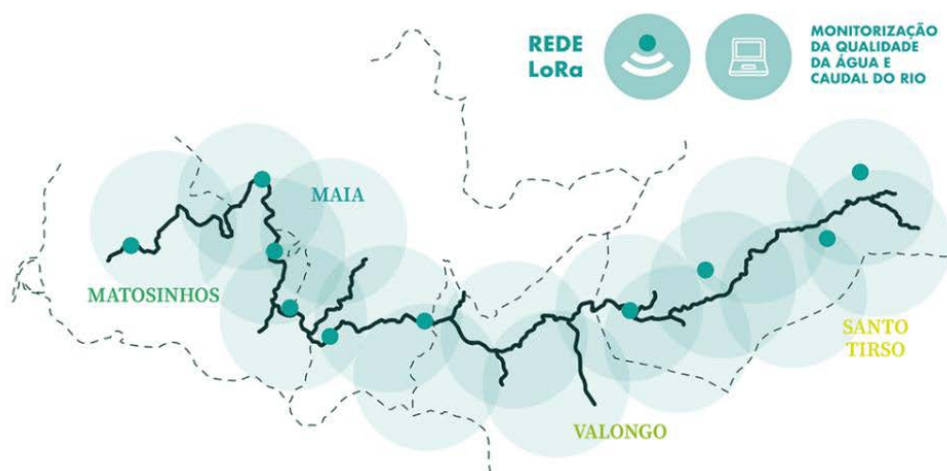


Figura 4.29 - Representação dos locais de monitorização da rede LoRa no rio Leça (fonte: rio-leca.pt).

No âmbito da fase de diagnóstico do desenvolvimento do presente Plano Diretor, a CRL-AM foi contactada e envolvida, tendo identificado locais problemáticos relacionados, maioritariamente, com a descarga de efluentes domésticos ou industriais para o meio recetor. Estes locais foram classificações em três categorias de relevância: crítico, moderado e alerta, estando identificados na Peça Desenhada 08.

O controlo futuro das descargas de emergência, que resultam, em grande parte, de aflúncias indevidas de águas pluviais aos coletores e emissários da rede doméstica, e também a paragens de grupos eletrobomba das estações elevatórias, resultará, designadamente, numa melhoria da qualidade da água do Rio Leça, em tempo de chuva, mas também em tempo seco.

4.9 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

4.9.1 ENQUADRAMENTO

As alterações climáticas e os efeitos indiretos resultantes de alterações das atividades económicas e sociais têm impactos significativos na distribuição temporal e espacial da disponibilidade dos recursos hídricos, na qualidade da água e no risco de ocorrência de cheias e secas. Os impactos sobre os recursos hídricos refletem-se, por sua vez, sobre os sectores utilizadores da água, incluindo os ecossistemas aquáticos.

O sul da Europa, nomeadamente a Península Ibérica, é uma das regiões da Europa onde estes impactos se farão sentir com maior intensidade. Resultados de projetos como o *Climate Change in Portugal: Strategies, Impacts and Adaptation Measures* (Cunha et al. 2002, citado por Oliveira e Matos, 2008) preveem uma redução da precipitação anual e um aumento da temperatura média anual (ver Figura 4.30), e um agravamento da assimetria sazonal, que se refletirá em alterações do regime de escoamento superficial e de recarga de aquíferos e no agravamento do risco de seca (ver Figura 4.31). Os resultados desses projetos apontam ainda o aumento da frequência de chuvadas intensas, em especial no norte do País, bem como a deterioração da qualidade da água, em particular, dada a diminuição do escoamento e do aumento da temperatura da água.

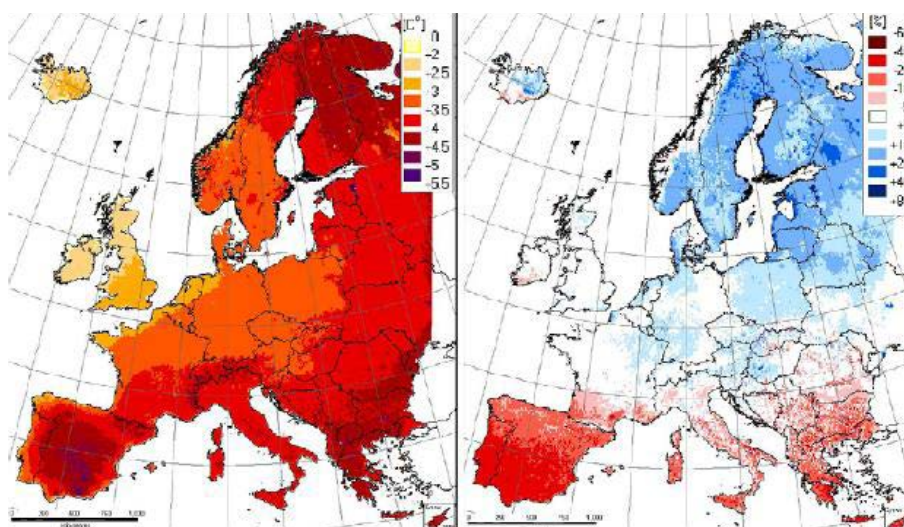


Figura 4.30 – Alteração para o cenário IPCC SRES A2 e período de 2071 - 2100 relativamente a 1961 - 1990 (projetos PESETA e PRUDENCE): temperatura média anual (°C) (esquerda) e precipitação anual (%) (direita).

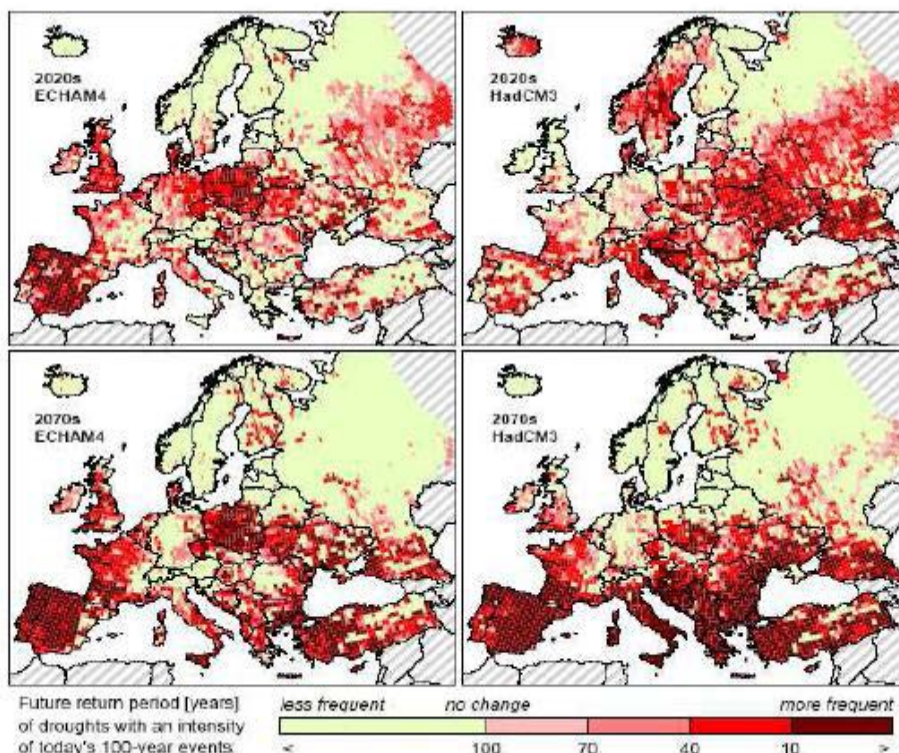


Figura 4.31 – Períodos de retorno (futuros) em anos de seca com uma intensidade atual de eventos de 100 anos, de acordo com diversos modelos de clima (Lehner et al., 2006).

Os sistemas de drenagem sofrerão impacto devido às alterações climáticas. O agravamento do risco de precipitações intensas e de cheias conduzirá a um incremento dos valores de caudal de ponta pluvial gerado nas bacias servidas que poderá exceder a capacidade de transporte dos sistemas de drenagem. Os emissários pluviais cuja descarga esteja localizada junto cursos de água a uma cota suficientemente baixa, poderão ver a sua capacidade de descarga reduzida se o nível do curso de água aumentar acima da cota de soleira da descarga. A tendência de aumento da duração de períodos secos poderá, igualmente, limitar a eficácia da autolimpeza dos coletores pluviais ou unitários o que, em conjunto com o aumento da temperatura do ar, poderá conduzir a riscos acrescidos, no que respeita à operação e manutenção das infraestruturas (Oliveira e Matos, 2008).

O mais recente relatório de avaliação da IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), AR6 (IPCC, 2023), estabelece uma nova abordagem no que concerne aos cenários de emissão de gases com efeito de estufa (GEE) em relação aos relatórios anteriores. Os cenários clássicos RCP (Representative Concentration Pathways) são agora integrados em cenários mais abrangentes, os cenários SSP (Shared Socioeconomic Pathways), que agregam fatores como o crescimento populacional, o uso de energia, mudanças de tecnologia e fatores ambientais, entre outros. A relação entre os cenários RCP e SSP encontram-se no Quadro 4.19, apresentando a respetiva descrição no que concerne à emissão de GEE e aumento da temperatura global.

Quadro 4.19 – Relação entre os cenários RCP e SSP (adaptado de IPCC, 2023)

Cenário RCP	Cenário SSP	Descrição
-	1-1.9	Cenário de muito baixas emissões de GEE com limitação do aquecimento global a 1.5°C em 2100
2.6	1-2.6	Cenário de baixas emissões de GEE com limitação do aquecimento global a 2°C em 2100
4.5	2-4.5	Cenário de intermédias emissões de GEE com limitação do aquecimento global a 3°C em 2100
-	3-7.0	Cenário de elevadas emissões de GEE com limitação do aquecimento global a 4°C em 2100
8.5	5-8.5	Cenário de muito elevadas emissões de GEE com aquecimento global a exceder os 4°C em 2100

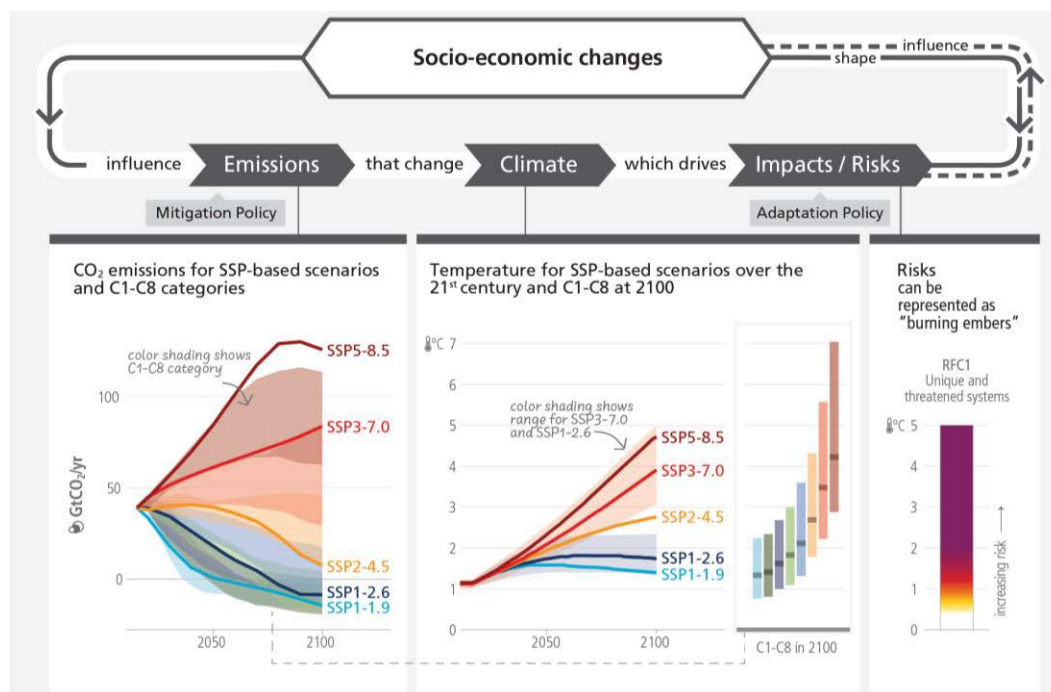


Figura 4.32 – Cenários SSP de emissões de CO₂ e aquecimento global (adaptado de IPCC, 2023)

Face aos cenários considerados, este relatório estabelece projeções no que respeita a alterações em frequência e intensidade de eventos extremos de precipitação. Na Figura 4.33 apresenta-se a estimativa global no aumento da frequência e intensidade de precipitações *on-land* com período de retorno de 10 e 50 anos. Verifica-se que, face ao período de referência 1850-1900 (pré influência humana na emissão de GEE), um evento com período de retorno de 10 anos irá ocorrer com uma frequência entre 1.5 a 2.7 vezes superior, em 2100, dependendo do cenário considerado. Isto significa que a intensidade e duração de precipitação que no período de referência teria um período de retorno de 10 anos passará a assumir um período de retorno entre 6.6 e 3.7 anos, o que se reflete em eventos de precipitação intensos com maior frequência. A mesma tendência é verificada para eventos de precipitação de maior período de retorno, como 50 anos. Adicionalmente, para um evento com período de retorno de 10 anos, as projeções apontam para um aumento em intensidade entre 10.5% e 30.2%, dependendo do cenário considerado. Valores idênticos são projetados para eventos com período de retorno de 50 anos (IPCC, 2021).

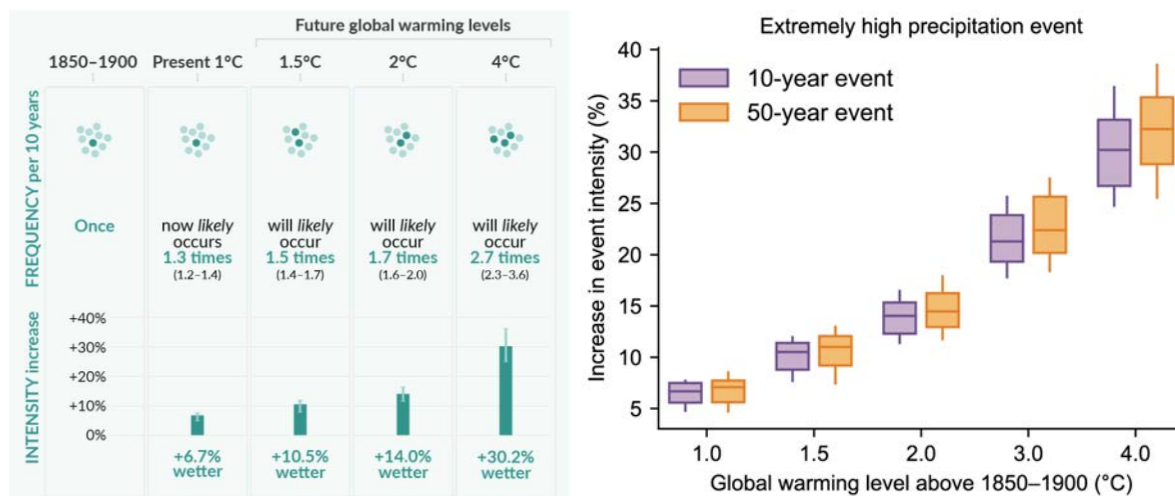


Figura 4.33 – Projeções das alterações globais em intensidade e frequência de eventos extremos de precipitação relativamente ao período de referência 1850-1900 (adaptado de IPCC, 2021).

No âmbito do projeto europeu RESCCUE – Resilience to cope with Climate Change in Urban Areas: a multisectorial approach focusing on water – financiado pelo Programa de Investigação e Inovação Horizonte 2020 da União Europeia e desenvolvido por 18 parceiros (onde se incluem os municípios de Barcelona, Lisboa e Bristol, a Aquatec – SUEZ, a UN-Habitat, os prestadores de serviços Endesa, EDP, AdP e Wessex Water, os centros de investigação Cetaqua, FIC, LNEC e IREC, as universidades de Exeter e EIVO, e as PMEs Hidra e UrbanDNA) entre 2016 e 2020, foram determinadas projeções de eventos extremos de precipitação para a cidade de Lisboa para três horizontes temporais: 2011-2040, 2041-2071 e 2071-2100 (Figura 4.34). O período de referência utilizado foi de 1976-2005, mais recente que o utilizado pela IPCC.

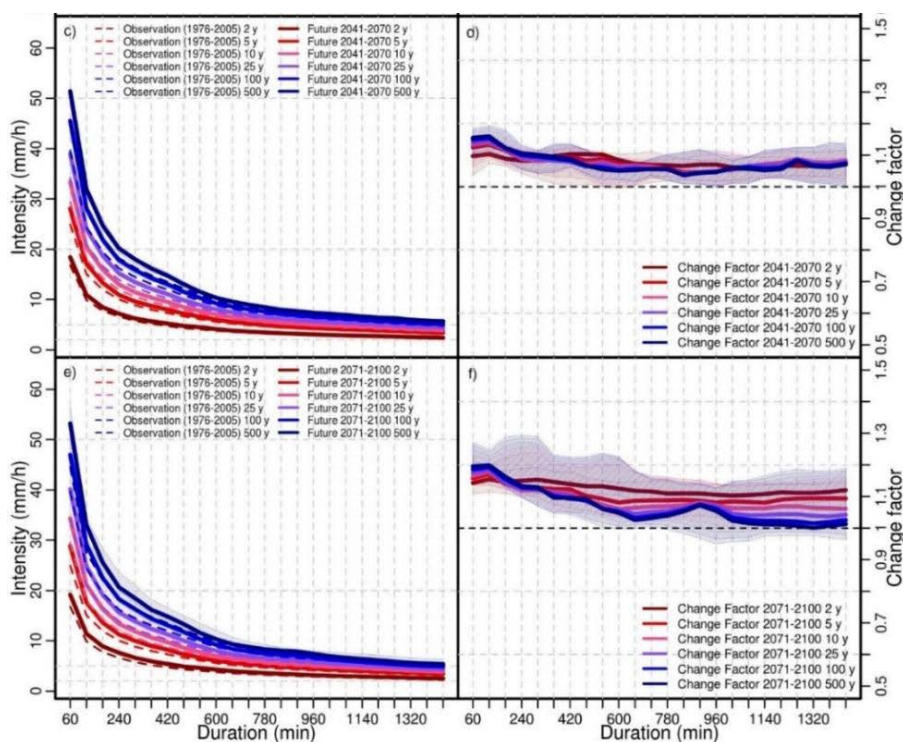


Figura 4.34 – Projeções das curvas IDF para Lisboa (valores absolutos à esquerda e fatores de alteração à direita) para três períodos: 2041-2071 (c, d) e 2071-2100 (e, f) (Monjo et al., 2018)

No que respeita aos eventos extremos de precipitação, importa analisar as projeções previstas para curtas durações. De acordo com estas projeções, em média, para os períodos de retorno considerados, existirá um aumento de cerca de 8% na intensidade de precipitação para o período de 2011-2040 e de 13% e 17% para os períodos de 2041-2070 e 2071-2100, respetivamente, para precipitações com duração de 1 hora. De realçar a tendência de maior agravamento das intensidades de precipitação quanto maior for o período de retorno considerado.

4.9.2 PLANO MUNICIPAL DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

O Município da Maia desenvolveu, em 2020, o Plano Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas da Maia (PMAAC-Maia), que concretiza um quadro operacional face à Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas da Maia (EMAAC-Maia), de 2019.

No PMAAC estão explanados cenários climáticos para meio do século (2041-2070) e final do século (2071-2100), tendo por base a caracterização do clima atual (2071-2000). Estes cenários foram avaliados face a duas categorias de projeções de emissões de GEE, o RCP4.5 e o RCP8.5, e foram considerados dois modelos climáticos.

No que respeita à temperatura, ambos os modelos e cenários indicam um aumento da temperatura máxima (média mensal) ao longo do século, sendo as anomalias mais elevadas projetadas para o verão (até 5°C) e para o outono (até 4°C), seguidas da primavera e do inverno (até 3°C). Espera-se que a temperatura mínima também aumente de forma acentuada, com os maiores desvios projetados para o verão (até 5°C) e para o outono (até 4°C), sendo menores nas restantes estações (até 3°C na primavera e no inverno). Projeta-se um aumento substancial da frequência de ondas de calor (podendo chegar a ser mais de cinco vezes superior no cenário RCP 8.5) e um aumento da sua duração (podendo chegar a ser duas vezes superior no cenário RCP 8.5) (Figura 4.35).

No que respeita à precipitação, as projeções indicam uma tendência de diminuição da precipitação média anual que poderá atingir, no final do século, uma redução de até 12% relativamente ao clima atual. O número de dias de chuva ($\geq 1\text{mm}$) poderá diminuir entre 11 e 25 dias (média anual) no final do século. Em termos de variação sazonal, projetam-se diminuições mais significativas na primavera e outono. Embora não exista uma modelação de eventos extremos de precipitação, o PMAAC-Maia explicita, também, preocupações no que respeita ao aumento dos fenómenos extremos de precipitação e tempestades de inverno mais intensas.

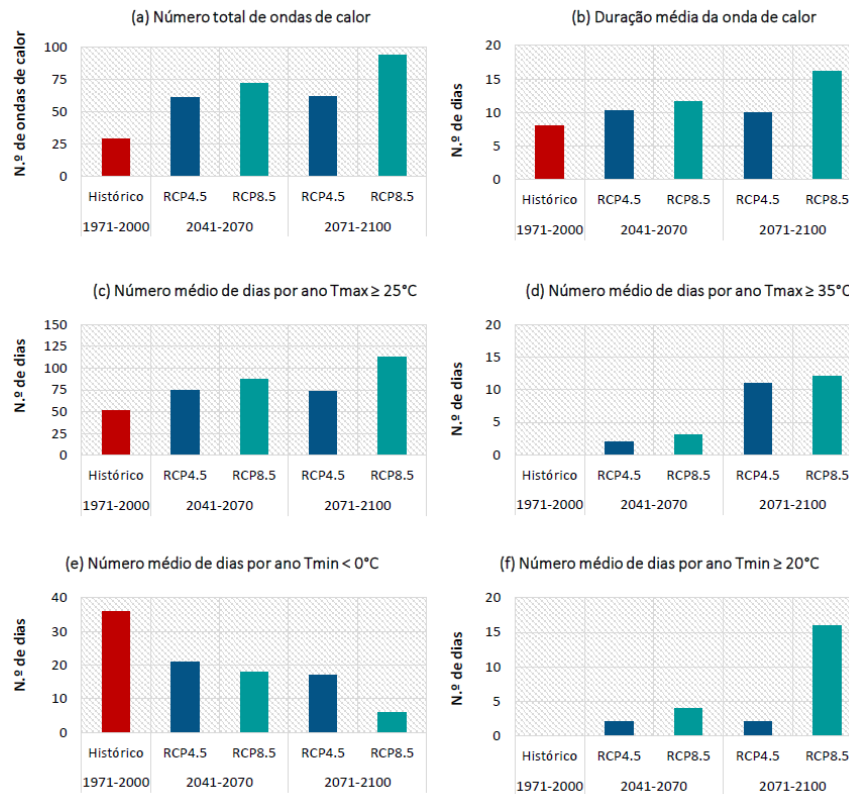


Figura 4.35 – Projeções climáticas dos valores extremos de temperatura para o cenário atual e futuros (CMM e AdEPorto, 2020).

Neste contexto, o PMAAC-Maia define opções de adaptação em diversos setores que incluem medidas específicas de adaptação. No âmbito da drenagem e de saneamento, são de realçar as identificadas no Quadro 4.20.

Quadro 4.20 – Opções e medidas de adaptação do PMAAC-Maia relacionadas com drenagem e saneamento (CMM e AdEPorto, 2020).

Setor	Opções de adaptação	Medidas de adaptação
Monitorização, informação e sensibilização	1 - Implementação de um programa de ações de sensibilização para a adaptação às alterações climáticas.	1.4 - Ações de capacitação de técnicos e decisores políticos na avaliação de vulnerabilidades às alterações climáticas e na gestão adaptativa. 1.5 - Criação de sistema com identificação de áreas de risco.
	2 - Criação de um sistema de monitorização dos caudais dos rios e zonas inundáveis.	2.1 - Instalação de equipamentos de monitorização dos caudais dos rios, ribeiras e zonas inundáveis.
Biodiversidade	7 - Promoção do aumento e diversificação dos espaços verdes.	7.1 - Criação de espaços verdes.
	8 - Implementação de coberturas verdes, brancas e jardins verticais.	8.1 - Mapeamento de zonas prioritárias de implementação de coberturas verdes, brancas e jardins verticais. 8.2 - Implementação de coberturas verdes, brancas e jardins verticais.
Recursos hídricos	10 - Garantia das condições de escoamento em linhas de água e sistema de drenagem de águas pluviais.	10.1 - Limpeza, desobstrução e otimização de sistemas e estruturas de escoamento de águas pluviais. Limpeza e desobstrução das linhas de água
	11 - Recuperação, conservação e alargamento de infraestruturas para armazenamento de água.	11.1 - Criação/reabilitação de bacias de retenção. 11.2 Desocupação de leitos de cheias indevidamente ocupados. 11.3 Implementação de técnicas de retenção de água e autoabastecimento.
	12 - Melhoria do uso eficiente da água e redução de desperdícios nos espaços públicos.	12.4 - Realização de estudo de viabilidade técnico-económica de aproveitamento das águas residuais tratadas da ETAR de Parada. 12.5 - Implementação de medidas de aproveitamento de águas residuais tratadas. 12.6 - Elaboração do estudo de viabilidade na implementação de um sistema de tratamento terciário nas ETAR do município.
Saúde e segurança de pessoas e bens	17 – Construção de infraestruturas de proteção contra cheias.	17.1 - Construção de infraestruturas de proteção contra cheias 17.2 - Defesa contra as cheias das ETAR de Parada e Ponte de Moreira.

5. CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM

5.1 METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO

5.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A análise do desempenho dos sistemas de saneamento, nomeadamente no que concerne aos coletores e emissários, deve ser realizada de uma forma integrada tendo em conta a Norma Portuguesa (NP) EN 752:2014. A Norma fornece um quadro geral relativamente à conceção e dimensionamento, à construção, à reabilitação, à manutenção e à operação dos sistemas públicos de drenagem de águas residuais, conforme apresentado na parte superior da Figura 5.1.

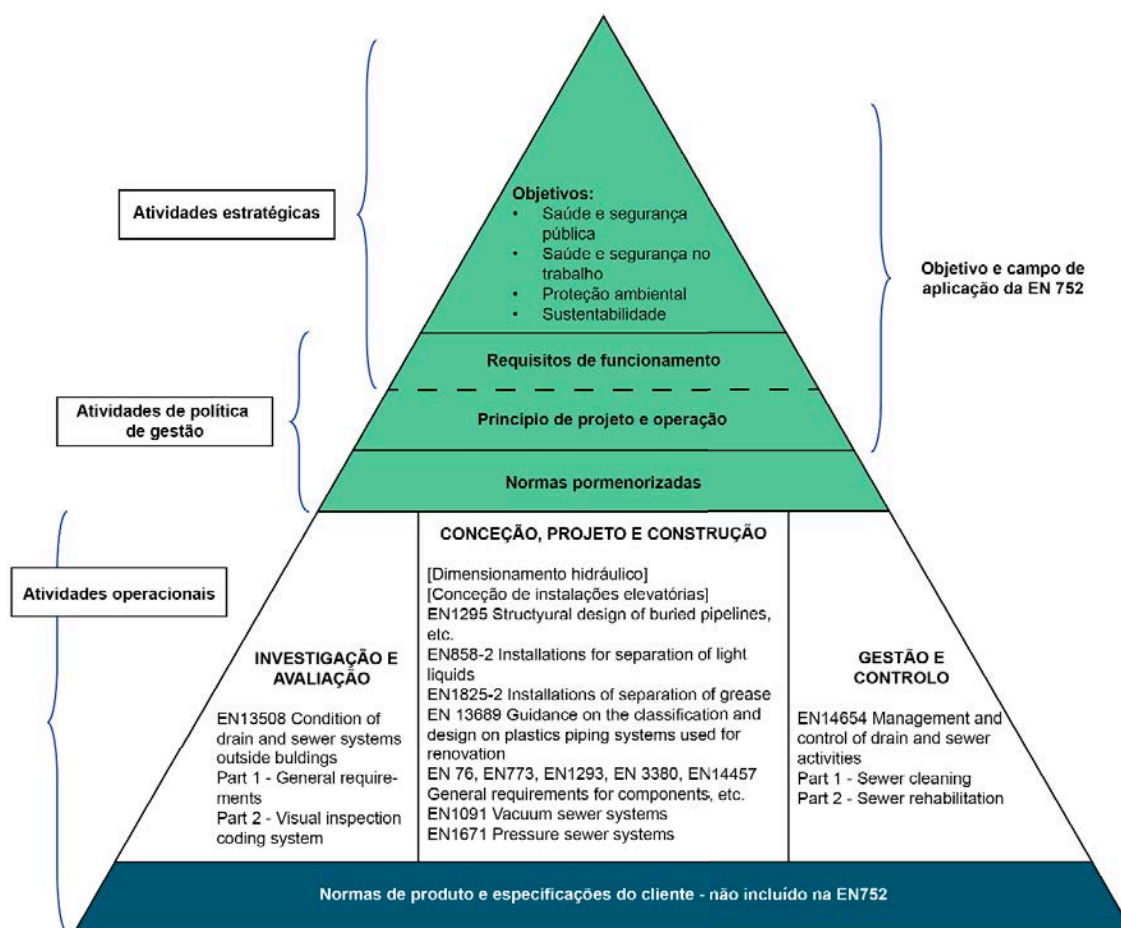


Figura 5.1 – Diagrama em pirâmide (NP EN 752:2014).

Existem quatro objetivos dos sistemas de drenagem de águas residuais, designadamente:

- Saúde e segurança pública.
- Saúde e segurança no trabalho.
- Proteção ambiental.
- Desenvolvimento sustentável.

Destaca-se, neste contexto, o objetivo associado ao desenvolvimento sustentável, de forma a que se assegure a utilização de materiais que minimizem a diminuição de recursos limitados, o funcionamento consumindo o mínimo de energia e reagentes possível, e a construção e operação de infraestruturas e, no fim da sua vida útil, a sua colocação fora de serviço, com o mínimo impacto possível sobre o ambiente.

A gestão integrada do sistema de águas residuais inclui, naturalmente, a consideração das interações do sistema de drenagem de águas residuais com o sistema de drenagem urbano no seu conjunto, e o meio ambiente hídrico em sentido mais amplo.

Os requisitos funcionais abrangem os sistemas de drenagem de águas residuais, incluindo os descarregadores de sistemas unitários ou pseudo-separativos, as instalações elevatórias e outros componentes, incluindo os efeitos das suas descargas nos meios recetores e as estações de tratamento de águas residuais. Devem ser estabelecidos requisitos que, tendo em conta o desenvolvimento sustentável e o custo no ciclo de vida incluindo os custos indiretos, permitam garantir que os sistemas de drenagem de águas residuais transportem e descarreguem os seus caudais sem causar efeitos ambientais adversos inaceitáveis, riscos para a saúde pública ou riscos para o pessoal que neles trabalhe.

No Quadro 5.1 indica-se a relevância que cada um dos requisitos funcionais assume para que os objetivos sejam atingidos.

Quadro 5.1 – Relação entre os objetivos e os requisitos funcionais (NP EN 752:2014).

Secção	Saúde e segurança pública	Saúde e segurança no trabalho	Proteção ambiental	Desenvolvimento sustentável
5.1.2 Proteção contra inundações	XXX	XX	XXX	-
5.1.3 Facilidade de manutenção	XX	XXX	XX	XX
5.1.4 Proteção das águas superficiais	XXX	X	XXX	XX
5.1.5 Proteção das águas subterrâneas	XXX	-	XXX	XXX
5.1.6 Prevenção dos odores e de gases tóxicos, explosivos e corrosivos	XXX	XXX	XXX	XXX
5.1.7 Prevenção do ruído e das vibrações	XX	XXX	X	X
5.1.8 Utilização sustentável dos produtos e materiais	-	-	XX	XXX
5.1.9 Utilização sustentável da energia	-	-	XX	XXX
5.1.10 Integridade estrutural e vida útil de projeto	XXX	XXX	XXX	XXX
5.1.11 Manutenção do caudal no sistema	XXX	-	XXX	X
5.1.12 Estanquicidade à água	XXX	X	XXX	XX
5.1.13 Ausência de perigo para as estruturas e para os serviços públicos de infra-estruturas em rede vizinhos	XXX	XXX	X	XX
5.1.14 Qualidade das águas residuais afluentes	XX	XXX	XXX	X

Legenda: XXX é elevada; XX é moderada; X é baixa, - não está relacionado.

A destacar os principais requisitos funcionais:

Facilidade de manutenção: O sistema deve ser planeado, concebido e dimensionado, construído e reabilitado de modo a permitir que as atividades adequadas de manutenção sejam efetuadas com segurança e sem riscos para a saúde do pessoal. Devem ser previstos acessos adequados e suficiente espaço de trabalho com a finalidade de manutenção.

Proteção de águas superficiais: O impacto dos sistemas de drenagem de águas residuais sobre os meios recetores hídricos de superfície deve satisfazer os requisitos estabelecidos na regulamentação nacional ou local ou pela entidade responsável.

Utilização sustentável de energia: A conceção e o dimensionamento, e a operação do sistema de drenagem de águas residuais devem, sempre que for prático, minimizar a utilização de energia durante o tempo de vida do sistema. O excesso de caudal afluente, em tempo de chuva, pode aumentar significativamente os consumos energéticos associados aos sistemas elevatórios.

Integridade estrutural e vida útil de projeto: Os coletores e outros componentes devem ser concebidos e dimensionados, construídos, mantidos e operados de modo a garantir a sua integridade estrutural durante o tempo de vida prevista no projeto.

Manutenção do caudal no sistema: O sistema deve ser concebido e dimensionado, construído, mantido e operado de modo a conduzir com fiabilidade todos os caudais de projeto que legalmente podem ser descarregados no sistema até ao local de descarga, em condições de autolimpeza, garantindo assim que o funcionamento do sistema é seguro, ambientalmente aceitável e economicamente eficiente.

Estanquidade à água: Os coletores e estruturas auxiliares devem ser estanques à água de acordo com os requisitos de ensaio estabelecidos na EN 1610.

Na Figura 5.2 apresenta-se o processo de gestão integrada do sistema de drenagem de águas residuais.

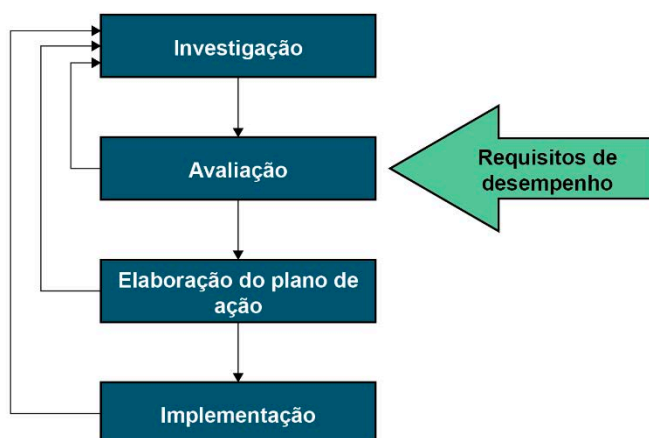


Figura 5.2 – Processo de gestão integrada do sistema de drenagem de águas residuais (NP EN 752:2014).

Conforme apresentado, o processo de gestão integrada do sistema de drenagem de águas residuais tem quatro atividades, nomeadamente:

Nível adequado de investigação de todos os aspetos do desempenho do sistema de drenagem de águas residuais.

Avaliação do desempenho por comparação com os requisitos de desempenho incluindo a identificação das razões de falhas no desempenho.

Elaboração do plano de medidas a serem tomadas.

Implementação do plano.

A gestão integrada do sistema de drenagem de águas residuais constitui a base da operação e da reabilitação do sistema.

5.1.2 INVESTIGAÇÃO

A investigação deve visar a avaliação do desempenho do sistema, e constitui a primeira fase da gestão integrada do sistema de drenagem de águas residuais. A investigação deve basear-se na análise da informação registada, nomeadamente: incidentes de inundações, incidentes de obstruções das tubagens, incidentes de colapsos dos coletores, falhas nas condutas elevatórias, conformidades com as licenças de descargas no sistema, resultados das inspeções visuais e por circuito fechado de televisão (CCTV), reclamações relacionadas com maus odores, análise do desempenho hidráulico, incidentes de sobrecarga hidráulica dos coletores, entre outros. Apresenta-se, na Figura 5.3, um esquema do processo de investigação.

Neste contexto, destaca-se a importância de trabalhos previstos realizar, nomeadamente, de inspeção CCTV, inspeção visual e monitorização no âmbito do projeto de controlo de aflúências indevidas.

A **investigação hidráulica** pode/deve ser garantida através de procedimentos de ensaio e de inspeção que permitam proceder a uma avaliação adequada de caudais (tempo seco e chuvoso, infiltrações, escoamento através de folgas nos dispositivos de fecho de câmaras de visita, exfiltrações e ligações indevidas). Os estudos podem incluir, por exemplo, medições de precipitação e do caudal e recurso a modelos de simulação hidráulica, calibrados, do tipo do desenvolvido neste trabalho.

A **investigação ambiental** deve identificar a localização das fontes de efluentes industriais e das fontes de águas pluviais contaminadas, bem como analisar a sua natureza, qualidade, quantidade e os potenciais riscos ambientais. Adicionalmente, a qualidade dos meios recetores hídricos de superfície deve ser determinada de forma a verificar se estes satisfazem os requisitos e, caso não satisfaçam, se o sistema de drenagem de águas residuais constitui um fator significativo para tal.

A **investigação estrutural** poderá incluir um estudo completo do sistema de drenagem de águas residuais ou uma abordagem mais seletiva. A inspeção CCTV permite observar a condição estrutural das infraestruturas.

A condição do sistema deve ser observada, no mínimo, nos seguintes aspetos:

Fissuras inaceitáveis.

Deformação.

Deslocamento de juntas.

Ligações defeituosas.

Penetração de raízes, infiltração, depósitos de sedimentos, depósitos aderentes, outros obstáculos.

Aluimento.

Anomalias em câmaras de visita e câmaras de inspeção.

Danos mecânicos ou ataque químico.

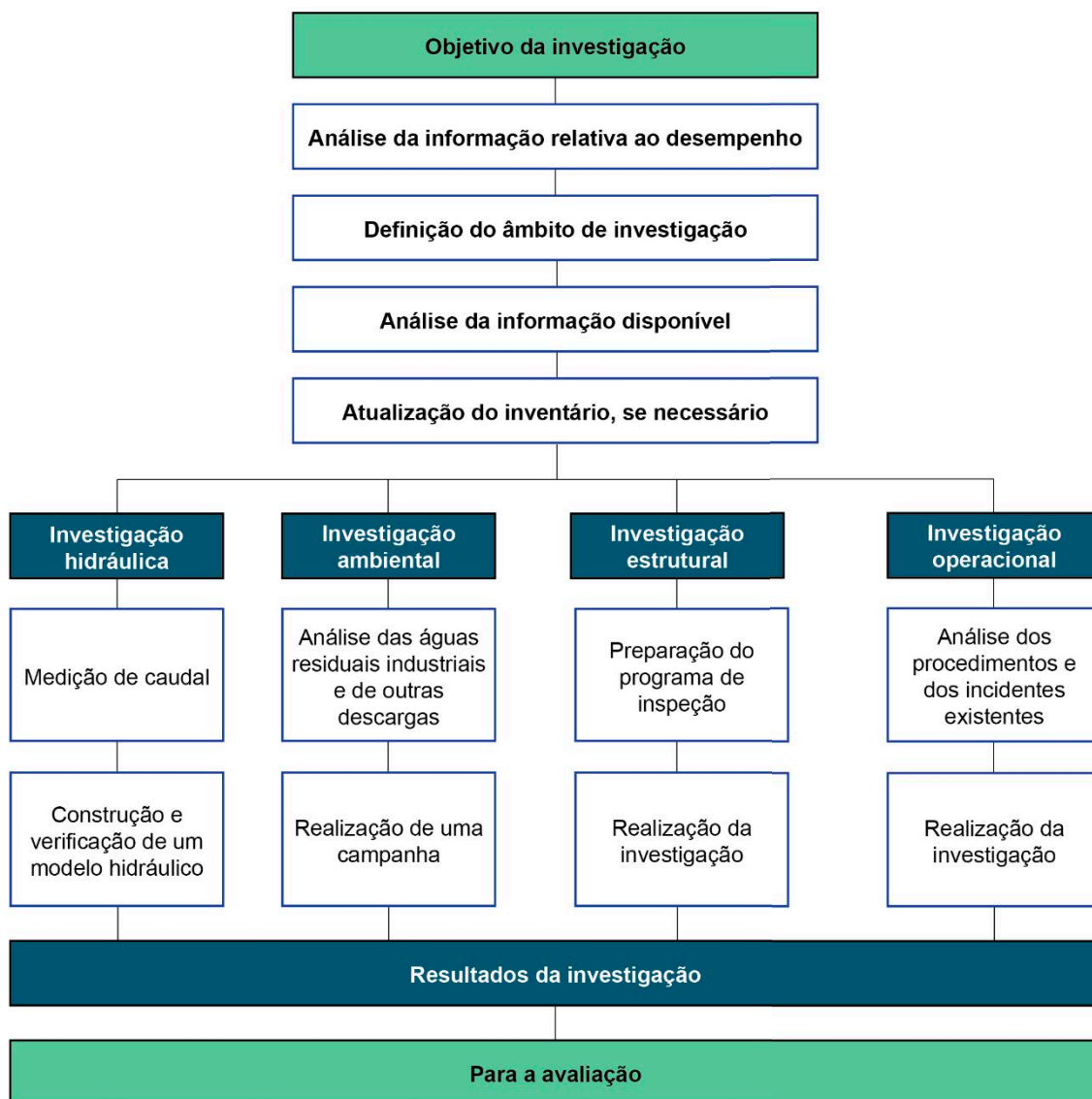


Figura 5.3 – Processo de investigação (NP EN 752:2014).

No âmbito da **investigação operacional**, os procedimentos de operação, a frequência das inspeções previstas e os planos de manutenção existentes devem ser identificados e documentados. A frequência e a localização dos incidentes de operação registados (por exemplo, entupimentos, falhas em estações elevatórias, colapsos de coletores) devem ser objeto de análise. O impacto dos problemas de operação relativamente aos desempenhos hidráulico, ambiental e estrutural deverão ser determinados a partir dos registos dos incidentes.

5.1.3 AVALIAÇÃO

O desempenho do sistema deve ser avaliado por comparação com os requisitos de desempenho. Na Figura 5.4 apresenta-se um esquema do processo de avaliação.

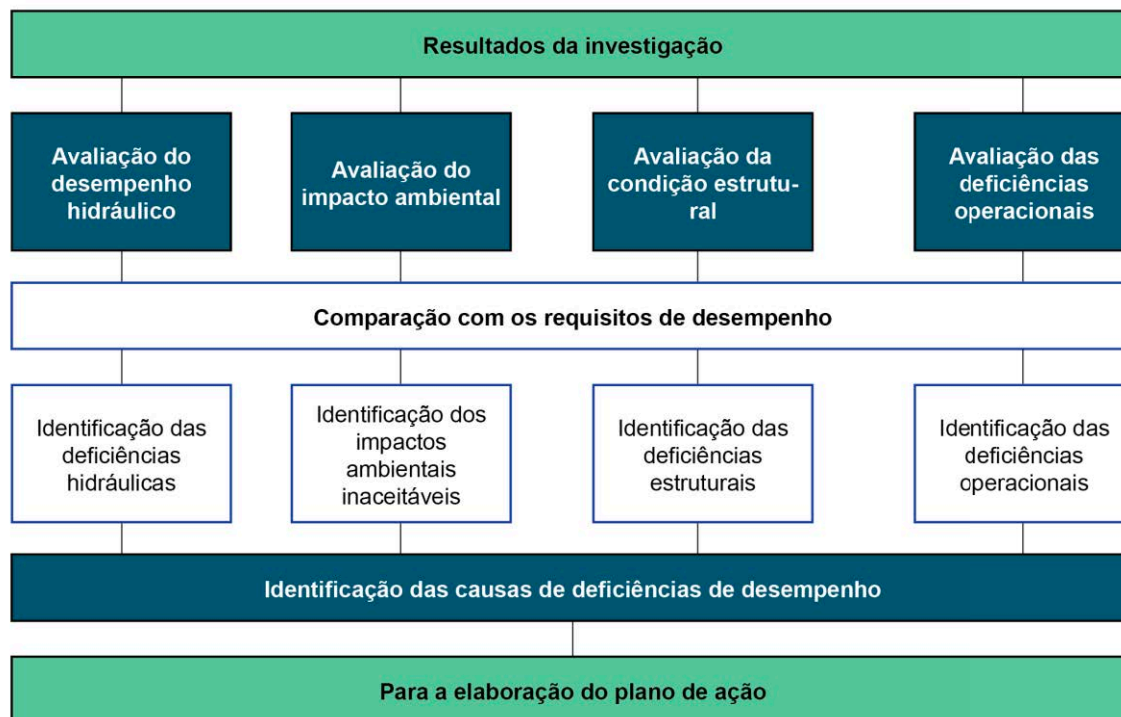


Figura 5.4 – Processo de avaliação (NP EN 752:2014).

Os resultados dos estudos hidráulicos e dos modelos devem ser utilizados para avaliar o desempenho hidráulico do sistema, para diversos cenários de precipitação relacionados com os requisitos de desempenho.

Os resultados da investigação ambiental devem ser considerados conjuntamente com a informação relativa à frequência, à duração e ao volume das descargas nos meios hídricos recetores, de forma a avaliar o impacto ambiental do sistema de drenagem de águas residuais.

No âmbito da avaliação estrutural, os resultados da inspeção CCTV deverão permitir identificar e priorizar as zonas que requerem intervenção, assim como o desempenho operacional do sistema, através da medição do número de incidentes de exploração ou de falhas.

Os resultados da avaliação do desempenho hidráulico, ambiental, estrutural e operacional deverão ser compilados, de modo que o desempenho global do sistema e dos seus componentes seja comparado com os requisitos de desempenho definidos.

5.1.4 PLANO DE AÇÃO

Na Figura 5.5 apresenta-se o processo relativo à elaboração do plano de ação, de forma a satisfazer os requisitos de desempenho.

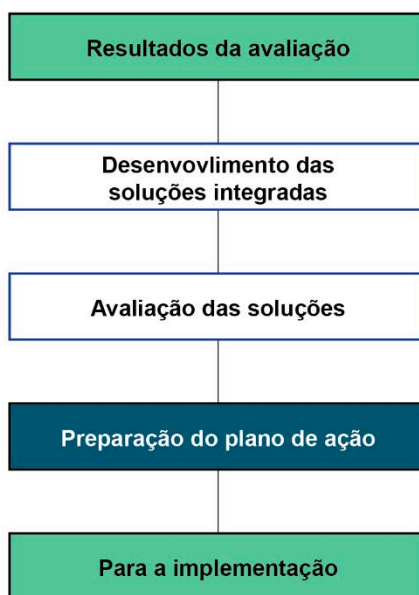


Figura 5.5 – Processo de elaboração do plano de ação (NP EN 752:2014).

Existem diversas soluções possíveis para beneficiar o desempenho do sistema, destacando-se as seguintes:

Soluções hidráulicas:

- Maximização da capacidade de escoamento existente (incluindo através da realização de limpezas periódicas).
- Controlo na origem de aflúências às redes e emissários, desviando caudais pluviais de superfície, da rede enterrada para solução de base de base.
- Atenuação de caudais de ponta, por:
 - i. utilização da capacidade de armazenamento do sistema existente (por reguladores de caudal colocados em pontos estratégicos);
 - ii. utilização do armazenamento à superfície (lagoas).
- Aumento da capacidade de escoamento do sistema de drenagem de águas residuais, com reforço ou novas infraestruturas.

Soluções ambientais:

- Redução da entrada de poluentes no sistema.
- Redução das descargas de poluentes nos meios recetores.
- Diminuição do impacto das descargas, por alteração dos locais para outros com melhores condições de diluição e dispersão.
- Redução da exfiltração, através de medidas de reabilitação.

Soluções estruturais:

- Proteção do material do coletor, por aplicação de um revestimento exterior adequado ou de um revestimento interior.
- Reabilitação do material do coletor, por reparação, renovação ou substituição.

Soluções operacionais:

- Inspeção e limpeza periódica de infraestruturas mais críticas, coletores e descarregadores.

- Aumento da frequência de operação e manutenção das bombas, válvulas e outros equipamentos e instalações elétricas de estações elevatórias.

5.1.5 IMPLEMENTAÇÃO

Na Figura 5.6 apresenta-se o processo de implementação do plano de ação. É importante monitorizar a eficiência das soluções e atualizar o plano, incluindo os registos/cadastros e o modelo hidráulico. Por conseguinte, os requisitos de desempenho deverão ser revistos com regularidade, e todo o processo de planeamento deverá ser repetido periodicamente a fim de que os planos se mantenham atualizados.

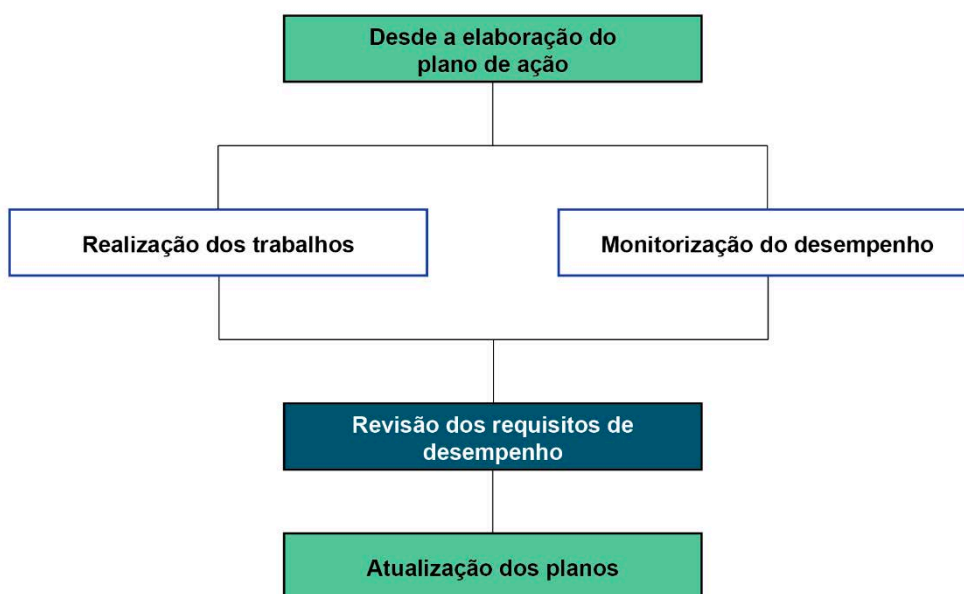


Figura 5.6 – Processo de implementação (NP EN 752:2014).

5.2 ASPETOS HIDRÁULICOS E AMBIENTAIS

5.2.1 ASPETOS GERAIS

Neste capítulo inclui-se a estimativa de caudais de águas residuais, com a qual se verifica o desempenho hidráulico dos coletores, em tempo seco. Para o desempenho hidráulico dos coletores em tempo seco assume-se o regime quási-permanente, recorrendo a fórmulas apropriadas para condições de regime permanente e uniforme.

Para a estimativa de caudais em tempo de chuva e desempenho hidráulico dos coletores, recorre-se a modelo dinâmico, com as equações completas do movimento.

5.2.2 ESTIMATIVA DE CAUDAIS DE ÁGUAS RESIDUAIS

5.2.2.1 Delimitação de bacias de drenagem doméstica

Foram traçadas as bacias de drenagem doméstica afluentes a cada emissário (Figura 5.7), sendo que a nomenclatura adotada para cada bacia é composta pela letra correspondente ao sub-sistema a que a bacia pertence (C – Cambados, PM – Ponte de Moreira, P – Parada) e o número do respetivo emissário de serviço.

5.2.2.2 População servida

A população servida consiste no somatório das diferentes contribuições de equivalente populacional ao sistema de saneamento, a considerar: população residente, população flutuante e população-equivalente industrial.

As metodologias de cálculo das respetivas contribuições apresentam-se explanadas no Capítulo 4.6, sendo que os valores obtidos para cada uma das bacias definidas ao nível dos emissários são apresentados no Quadro 5.2. De notar que para emissários em série, os valores de população dizem respeito à população acumulada na secção final do emissário.

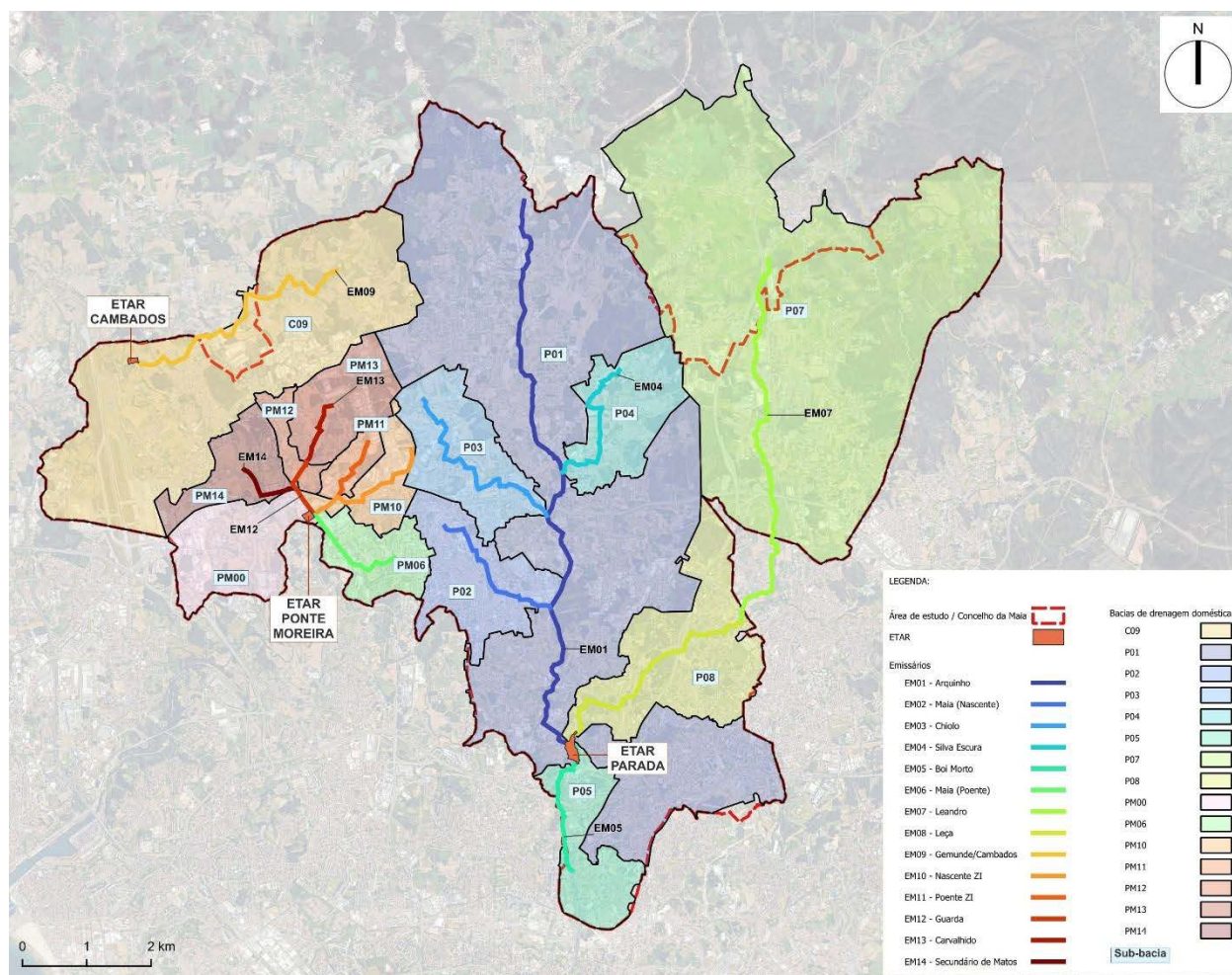


Figura 5.7 – Bacias de drenagem doméstica afluentes a cada emissário.

Quadro 5.2 – População atualmente servida em cada bacia de drenagem doméstica

Sub-sistema	Emissário	Bacia	Pop. Residente	Pop. flutuante	Pop. Industrial	Pop-eq. total	
Cambados	EM09 - Gemunde/Cambados	C09	12140	506	1000	13646	13646
Ponte Moreira	EM06 - Maia (Poente)	PM06	4881	216	679	5776	21941
	EM10 - Nascente ZI	PM10	1577	52	1381	3010	
	EM11 - Poente ZI	PM11	245	12	452	709	
	EM12 - Guarda	PM12	6859	402	1886	9147	
	EM13 - Carvalhido	PM13	1878	76	1811	3765	
	EM14 - Secundário de Matos	PM14	2381	234	71	2686	
	-	PM00	2795	160	1054	4009	
Parada	EM01 - Arquinho	P01	82521	2603	1915	87039	122652
	EM02 - Maia (Nascente)	P02	21329	575	102	22006	
	EM03 - Chiolo	P03	6182	160	191	6533	
	EM04 - Silva Escura	P04	2048	81	94	2223	
	EM05 - Boi Morto	P05	9165	760	106	10031	
	EM07 - Leandro	P07	13136	541	1451	15128	
	EM08 - Leça	P08	23226	874	1479	25579	

5.2.2.3 Caudais de tempo seco

A estimativa de caudais de tempo de seco, em sistemas de drenagem doméstica, é realizada tendo em conta as diversas contribuições à rede, nomeadamente caudal doméstico, industrial e de infiltração. Os caudais médios e de ponta de tempo seco foram determinados com base nas expressões que se apresentam de seguida:

$$Q_m = Q_{dom} + Q_{ind} = \frac{(Pop_{dom} \times Cap_{dom} + Pop_{ind} \times Cap_{ind}) \times f_{afl}}{86400} \quad (1)$$

$$Q_p = (Q_{dom} \times f_p) + Q_{ind} + Q_{inf} \quad (2)$$

sendo,

Q_m – Caudal médio de águas residuais [L/s];

Q_{dom} – Caudal médio doméstico [L/s];

Q_{ind} – Caudal industrial [L/s];

Pop – População [hab];

Cap – Capitação [L/hab/dia];

f_{afl} – Coeficiente de afluência [-];

Q_p – Caudal de ponta [L/s];

f_p – Fator de ponta [-], determinado pela expressão: $f_p = 1.5 + 60/\sqrt{Pop}$ sendo $f_p \leq 5$ (Artº. 125º do Decreto Regulamentar 23/95, de 23 de agosto);

Q_{inf} – Caudal de infiltração, estimado como 50% do caudal médio [L/s].

Os resultados para cada sub-bacia/emissário encontram-se no Quadro 5.3. A sub-bacia PM00 corresponde à bacia que se desenvolve na área sudoeste do sub-sistema de Ponte de Moreira, cujo caudal é entregue na câmara de confluência dos emissários EM06, EM10 e EM12.

Quadro 5.3 – Caudal médio e de ponta para cada sub-bacia de drenagem doméstica.

Sub-sistema	Emissário	Bacia	Pop-eq. total	Q _m (l/s)	f _p (-)	Q _p (l/s)
Cambados	EM09 - Gemunde/Cambados	C09	13646	18.3	2.0	46.1
Ponte Moreira	EM06 - Maia (Poente)	PM06	5776	7.8	2.3	21.6
	EM10 - Nascente ZI	PM10	3010	4.0	2.6	12.5
	EM11 - Poente ZI	PM11	709	1.0	3.8	4.0
	EM12 - Guarda	PM12	9147	12.3	2.1	32.3
	EM13 - Carvalhido	PM13	3765	5.1	2.5	15.1
	EM14 - Secundário de Matos	PM14	2686	3.6	2.7	11.4
	-	PM00	4009	5.4	2.4	15.9
Parada	EM01 - Arquinho	P01	87039	116.9	1.7	257.5
	EM02 - Maia (Nascente)	P02	22006	29.5	1.9	71.0
	EM03 - Chiolo	P03	6533	8.8	2.2	24.1
	EM04 - Silva Escura	P04	2223	3.0	2.8	9.8
	EM05 - Boi Morto	P05	10031	13.5	2.1	35.0
	EM07 - Leandro	P07	15128	20.3	2.0	50.5
	EM08 - Leça	P08	25579	34.3	1.9	81.6

5.2.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIDRÁULICO DOS EMISSÁRIOS EM TEMPO SECO

5.2.3.1 Critérios para verificação hidráulica

Conforme consta no Artigo 133.º do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais), na verificação hidráulica de coletores consideram-se os seguintes critérios:

A velocidade máxima de escoamento, para o caudal de ponta, não deve exceder 3 m/s nos coletores domésticos, para que não se manifestem turbulências, impulsos inconvenientes e desgaste excessivo das tubagens.

A velocidade mínima de escoamento, para o caudal de ponta, não deve ser inferior a 0,6 m/s para coletores domésticos, de forma a evitar a sedimentação da matéria sólida e permitir o arrastamento do material acumulado em horas de reduzida afluência. Caso o critério de velocidade mínima não seja atingido, devem assegurar-se declives que assegurem estes valores limites para o caudal de secção cheia.

A altura da lâmina líquida (h), para o caudal de ponta, não deverá exceder metade do diâmetro do coletor ($h/D \leq 0,50$) para diâmetros menores ou iguais que 500 mm, podendo atingir até 75% da secção cheia para coletores de diâmetro superior a 500 mm ($h/D \leq 0,75$).

A inclinação dos coletores não deve ser inferior a 0,3% nem superior a 15%.

5.2.3.2 Metodologia de cálculo

As propriedades do escoamento das águas residuais ao longo dos emissários, nomeadamente caudal, velocidade e altura do escoamento, foram calculadas em conformidade com a equação de Gauckler-Manning-Strickler (3), para a verificação da conformidade dos respetivos critérios regulamentares.

$$Q = K \times A \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \quad (3)$$

sendo,

- Q – Caudal [m^3/s];
- K – Coeficiente de rugosidade [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$];
- A – Área da secção de escoamento [m^2];
- R_h – Raio hidráulico [m];
- i – Inclinação [m/m].

Considerou-se, para os coletores em ferro, incluindo ferro fundido (FF), ferro fundido dúctil (FFD) e grés cerâmico (GR), um coeficiente de rugosidade de $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e para coletores em plástico, incluindo policloreto de vinilo (PVC), polipropileno corrugado (PPC) e polietileno de alta densidade (PEAD), um coeficiente de $90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

5.2.3.3 Análise do desempenho hidráulico em tempo seco

Tendo em conta a informação cadastral existente, procedeu-se à definição do perfil longitudinal dos emissários, permitindo aferir cotas de soleira, inclinações e diâmetros, para o cálculo das respetivas condições do escoamento e consequente verificação hidráulica. Quando a informação cadastral se encontrava deficitária, foram assumidas profundidades e inclinações médias concordantes com a informação disponível imediatamente a montante e a jusante. Dado que o cadastro não apresenta dados relativos às alturas/profundidades das quedas dos coletores nas câmaras de visita, foram assumidas inclinações derivadas das cotas de soleira das câmaras de visita de montante e jusante em cada troço.

Adicionalmente, cada bacia foi dividida em sub-bacias justapostas, permitindo detalhar afluições de percurso ao longo dos emissários. Estas sub-bacias encontram-se detalhadas no sub-capítulo 5.2.3 e Peça Desenhada 09, uma vez que foram definidas com base nas infraestruturas selecionadas para a avaliação de desempenho em tempo de chuva.

A verificação hidráulica constitui-se como um exercício conservativo no que respeita aos caudais afluentes aos emissários devido à complexidade do sistema inerente ao elevado número de estações elevatórias, com repercussões no desfasamento dos caudais de ponta, bem como na possibilidade de caudais excedentários serem descarregados a montante das afluições aos emissários.

Para uma melhor interpretação visual dos resultados, utilizou-se um código de cores em que se assinalam a verde os troços que cumprem os critérios estabelecidos no Subcapítulo 5.2.3.1 e a vermelho as situações de incumprimento. Os coletores que não cumprem a velocidade mínima para o caudal de ponta, mas cumprem para a secção cheia, estão assinalados a laranja. Devido a limitações na metodologia adotada, nomeadamente no que diz respeito à inclinação do coletor, nos casos em que este se encontra instalado com uma contra inclinação (inclinação negativa de acordo com a convenção adotada), considerou-se um valor mínimo de 0,001%, de forma a permitir o respetivo cálculo numérico, em face de se estar a assumir o regime permanente e uniforme

Os resultados detalhados dos cálculos relativos ao desempenho hidráulico do sistema de drenagem são apresentados no Anexo 1.

De acordo com os resultados obtidos na verificação hidráulica e atendendo ao levantamento cadastral realizado, nos parágrafos seguintes descrevem-se as principais limitações identificadas em cada emissário.

5.2.3.3.1 Sub-sistema de Cambados

EMISSÁRIO EM09 – GEMUNDE/CAMBADOS

O cadastro do emissário Gemunde/Cambados apresenta algumas lacunas, sendo a mais frequente a ausência de profundidade das câmaras de visita (22 em 78 câmaras de visita, 28%), sendo que destas 9 também não apresentam cota de terreno. Estima-se que existam 5 trechos, totalizando cerca de 1100 m (23% da sua extensão), em que as câmaras de visita não estão levantadas, possivelmente dada a sua implantação em terrenos agrícolas privados ou de difícil acesso.

No computo geral, o desempenho hidráulico do emissário EM09 está condicionado por trechos com pendentes reduzidas (Figura 5.8), originando 33 trechos em que o critério de velocidade mínima não é cumprido, sendo que, em apenas 9 destes, o critério é atendido para a secção cheia. Por outro lado, o critério de velocidade máxima não é respeitado no troço entre as câmaras 2-C000070 e 2-C000071, dada a elevada inclinação de 15%. No que respeita ao critério de altura do escoamento, verifica-se que dois trechos estarão em incumprimento.

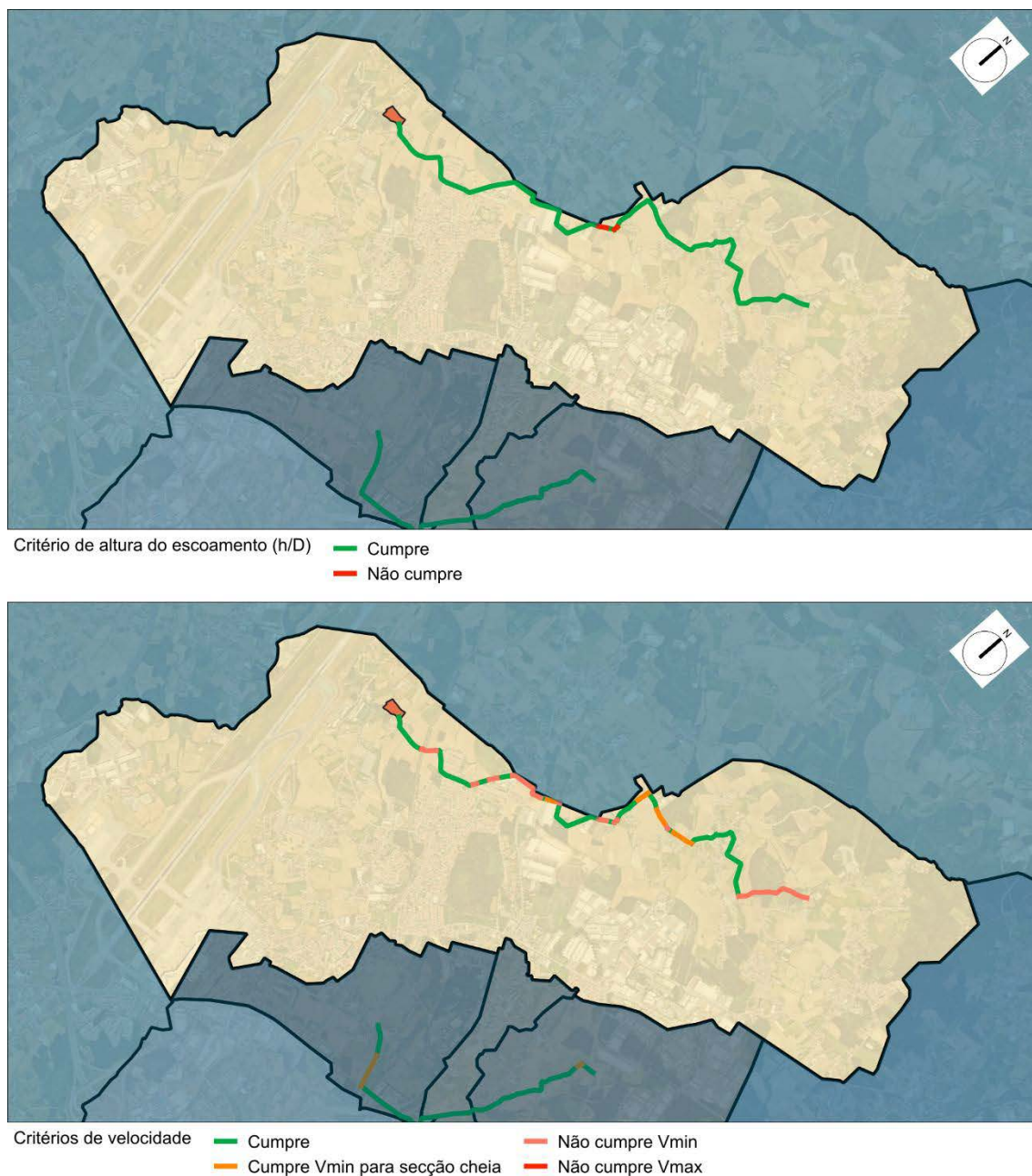


Figura 5.8 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM09 – Gemunde/Cambados.

5.2.3.3.2 Sub-sistema de Ponte de Moreira EMISSÁRIO EM06 – MAIA (POENTE)

O emissário Maia (Poente) apresenta uma boa qualidade de dados, com apenas três câmaras de visita sem informação relativamente à respetiva cota de soleira/profundidade.

Quanto aos resultados da verificação hidráulica (Figura 5.9), o emissário Maia (Poente) demonstra, de forma geral, um desempenho bastante satisfatório, tendo sido identificados apenas 9 trechos que não cumprem o critério regulamentar da velocidade mínima, dadas as suas reduzidas pendentes (em regra, inferiores a 0,10%), sendo que em apenas dois destes trechos este critério não é cumprido o critério para secção cheia.



Figura 5.9 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM06 – Maia (Poente).

EMISSÁRIO EM10 – NASCENTE ZI

O cadastro do emissário Nascente ZI apresenta algumas lacunas de informação. Duas câmaras de visita não possuem dados de cotas de soleira e de terreno, enquanto outras 3 carecem, isoladamente, da cota de soleira. Adicionalmente, há um troço de aproximadamente 700 m, entre as câmaras 2-C0010694 e 2-C014507, cujas cotas de soleira/profundidade são desconhecidas.

Do ponto de vista hidráulico (Figura 5.10), o emissário apresenta um bom desempenho, sendo que todos os trechos cumprem os critérios regulamentares de velocidade e de secção do escoamento.

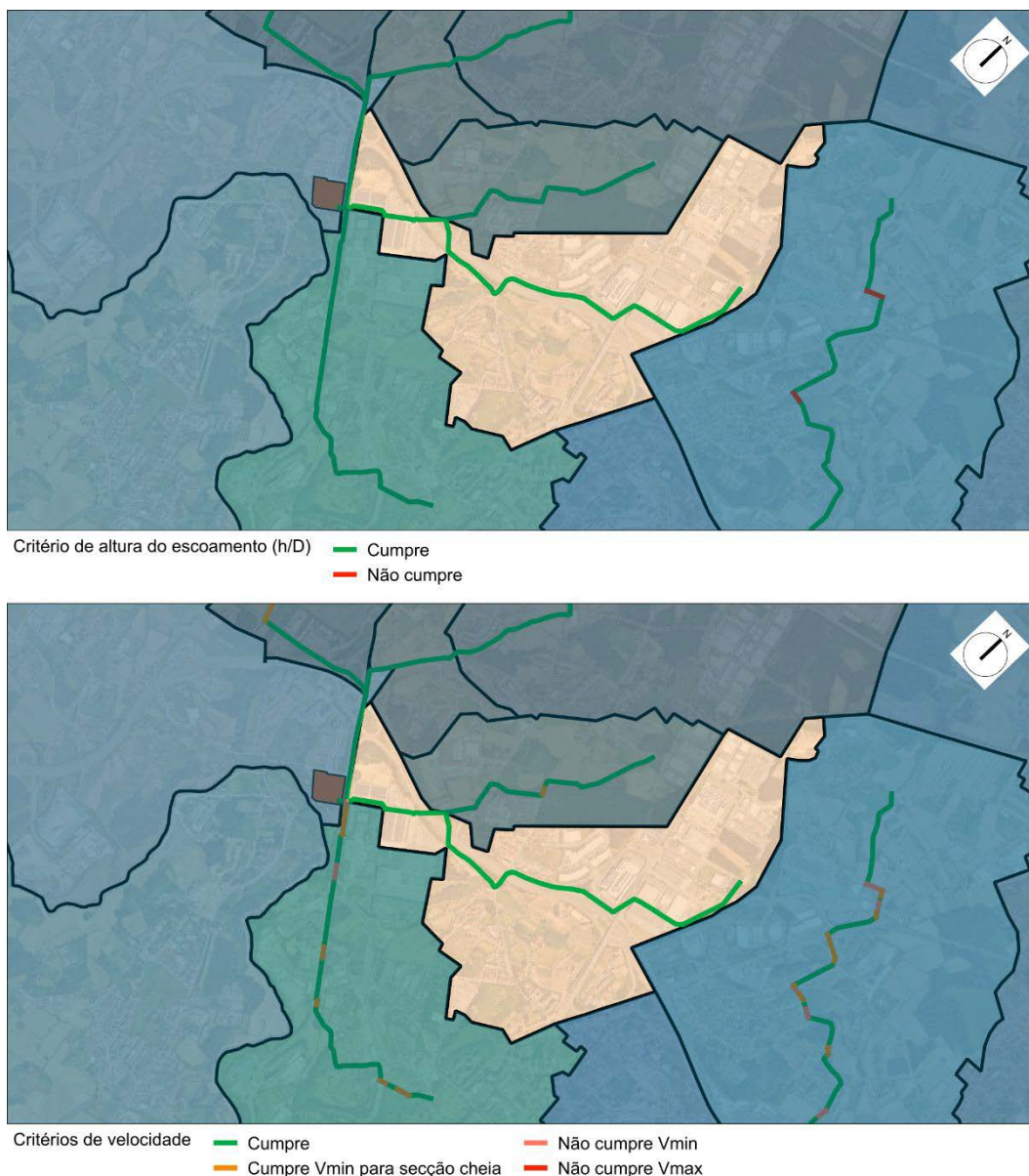


Figura 5.10 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM10 – Nascente ZI.

EMISSÁRIO EM11 – POENTE ZI

O emissário Poente ZI apresenta uma qualidade de dados cadastrais globalmente satisfatória, embora com algumas lacunas. Foi constatada a ausência de informação sobre a cota de soleira e de terreno em duas câmaras de visita, bem como a falta da cota de soleira em outras duas. Além disso, verificou-se a inexistência de caixas levantadas em 3 troços, totalizando cerca de 860 m, localizados predominantemente em terrenos agrícolas.

Em relação ao desempenho hidráulico (Figura 5.11), foi identificado apenas um trecho com incumprimento da velocidade mínima regulamentar, mas que cumpre este critério em secção cheia.



Figura 5.11 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM11 – Poente ZI.

EMISSÁRIO EM12 – GUARDA

O emissário Guarda apresenta uma qualidade de informação cadastral satisfatória, com ausência de cotas de soleira e de terreno em 4 câmaras de visita, mas com informação relativa à profundidade, e ausência apenas da cota de soleira noutras 2 câmaras de visita.

No que respeita aos critérios regulamentares de desempenho hidráulico (Figura 5.12), o emissário apresenta resultados positivos, cumprindo os mesmos em todos os seus trechos.



Figura 5.12 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM12 – Guarda.

EMISSÁRIO EM13 – CARVALHIDO

O cadastro do emissário Carvalhido apresenta lacunas de dados, destacando-se a ausência de cotas de soleira, profundidade e cota de terreno em 10 câmaras de visita, bem como a ausência exclusivamente de cotas de soleira noutras 2 câmaras. De realçar a ausência de informação num trecho com cerca de 380 m (entre as câmaras de visita 2-C014228 e 2-C014233).

Relativamente ao desempenho hidráulico (Figura 5.13), o emissário apresenta resultados globalmente satisfatórios, atendendo, na maioria dos casos, aos critérios regulamentares. Contudo, é observada a não conformidade com a velocidade mínima num troço com inclinação reduzida (0,42%). Ainda assim, este troço cumpre o critério para a secção cheia.

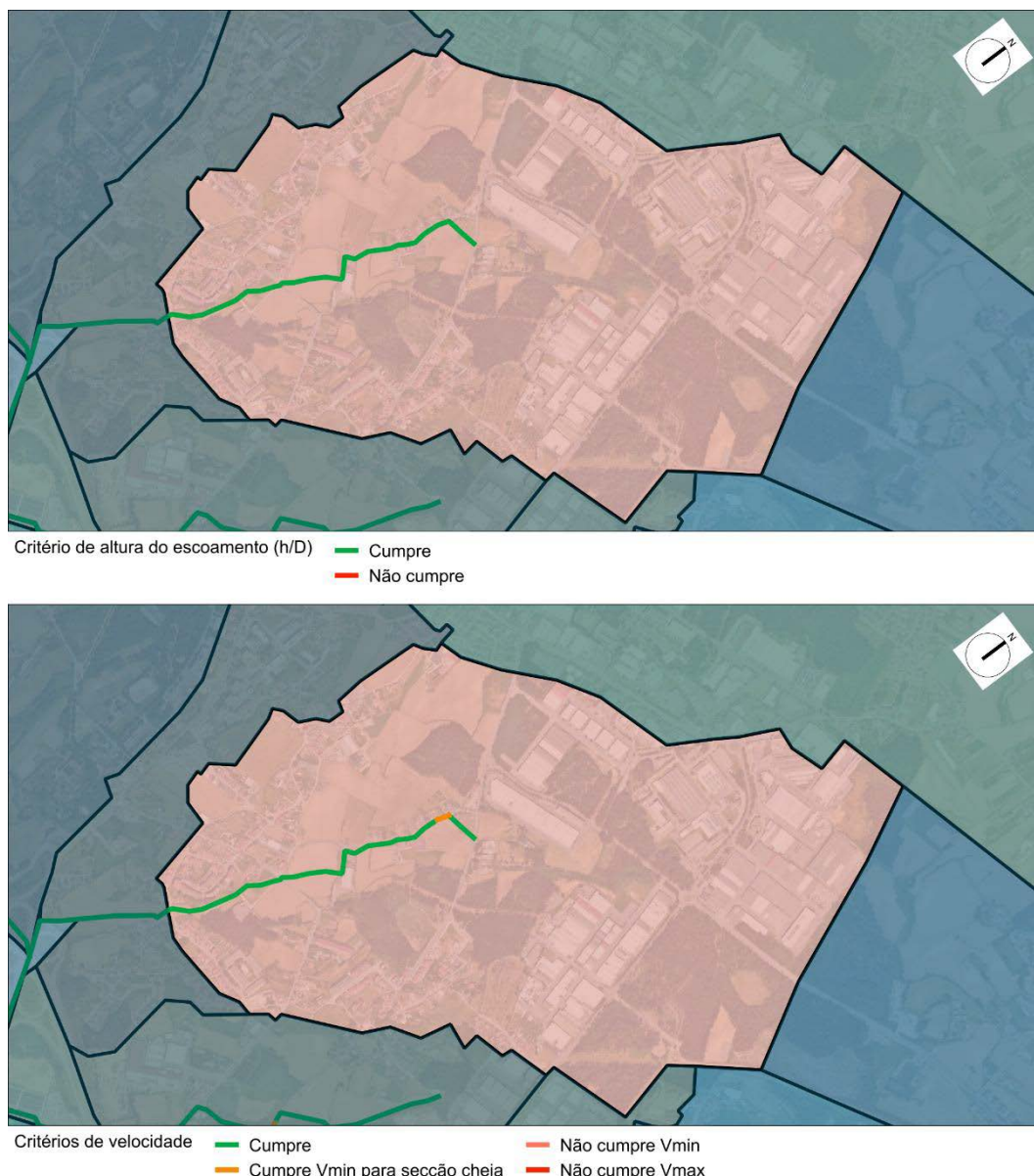


Figura 5.13 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM13 – Carvalhido.

EMISSÁRIO EM14 – SECUNDÁRIO DE MATOS

A informação cadastral disponível para o emissário Secundário de Matos apresenta algumas faltas de informação, incluindo a ausência de cotas de soleira em 2 câmaras de visita e a ausência de cotas de terreno e de soleira, mas com informação relativa à profundidade, em 4 câmaras de visita. Além disso, existe um troço de aproximadamente 180 m sem levantamento cadastral das caixas.

Quanto ao desempenho hidráulico (Figura 5.14), o emissário demonstra resultados globalmente satisfatórios. No entanto, quatro troços com inclinação reduzida (0,28%) não atendem à velocidade mínima regulamentar, mas cumprem o critério para a secção cheia. Estes troços correspondem a trechos cuja inclinação foi estimada, sendo que se dispõe apenas de informação relativa às profundidades.



Figura 5.14 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM14 – Secundário de Matos.

5.2.3.3.3 Sub-sistema de Parada EMISSÁRIO EM01 – ARQUINHO

Este emissário, de grande extensão, apresenta lacunas significativas nos dados cadastrais. Foram identificadas 13 câmaras de visita com ausência de dados relativos à profundidade/cota de soleira e 57 câmaras de visita sem cota de soleira, profundidade, nem cota de terreno. Desses troços, destacam-se as secções entre as câmaras 2-C011504 e 2-C014019 (cerca de 1200 m de extensão), e 2-C014030 e 2-C013955 (530 m de extensão), que incluem as zonas de ligação com os emissários Silva Escura e Maia (Nascente), respetivamente.

Adicionalmente, foram identificados 12 cujas informações relativas às cotas são conhecidas e que aparentam inclinação negativa. Constatou-se ainda a existência de uma redução de secção

para jusante, na câmara de visita de ligação EM02 - Maia (Nascente), passando de DN600 para DN500.

O emissário Arquinho destaca-se como um dos mais problemáticos em termos de desempenho hidráulico dentro do sistema em estudo, em resultado da sua extensão e das múltiplas ligações com outros emissários, sendo uma infraestrutura crítica. Além disso, a ausência de caixas levantadas numa grande extensão do seu comprimento condiciona a qualidade da verificação.

Ao analisar os resultados obtidos (Figura 5.15), constatou-se que este emissário não atende ao critério de altura da secção em 47 dos seus trechos. Contudo, grande parte destes correspondem a trechos com ausência de informação, tendo sido assumidas cotas de soleira médias entre valores conhecidos. Em relação à velocidade mínima, 21 troços não cumprem o critério de velocidade mínima, mesmo para condições de secção cheia, sendo que 12 destes correspondem aos trechos cuja informação cadastral indicia uma pendente negativa, tendo sido assumida uma inclinação muito reduzida (0,001%) para fins de cálculo.

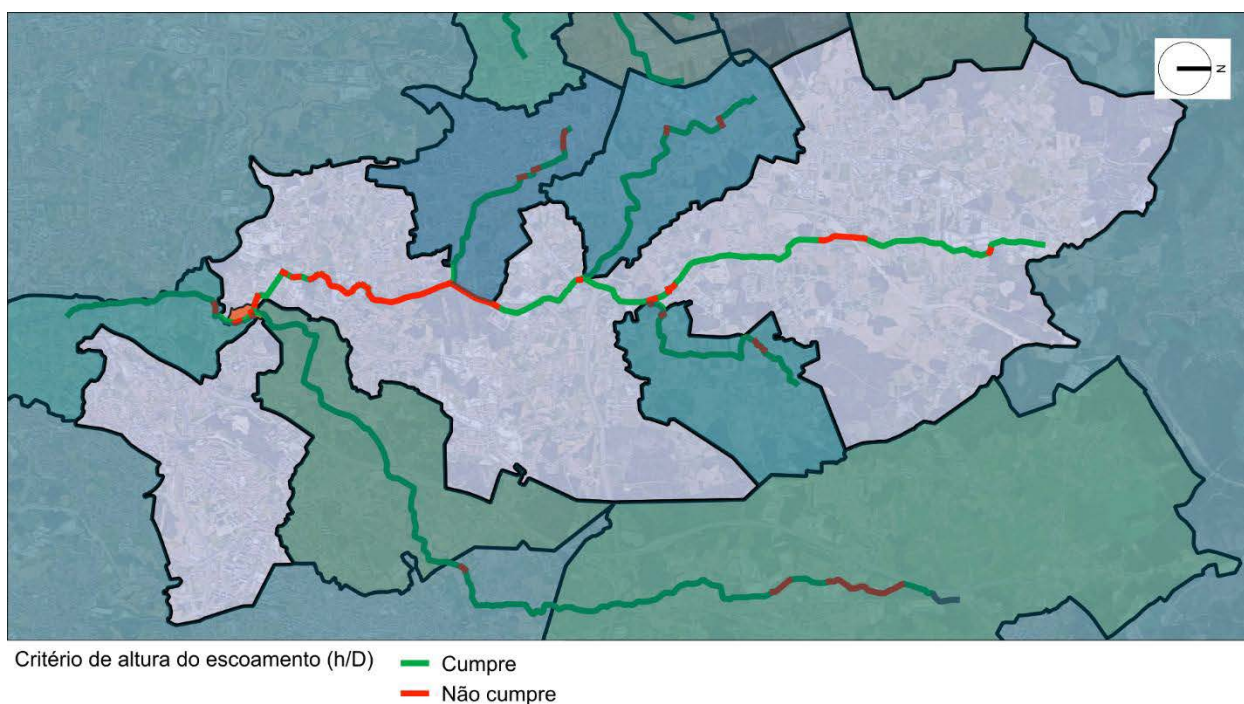


Figura 5.15 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM01 – Arquinho.

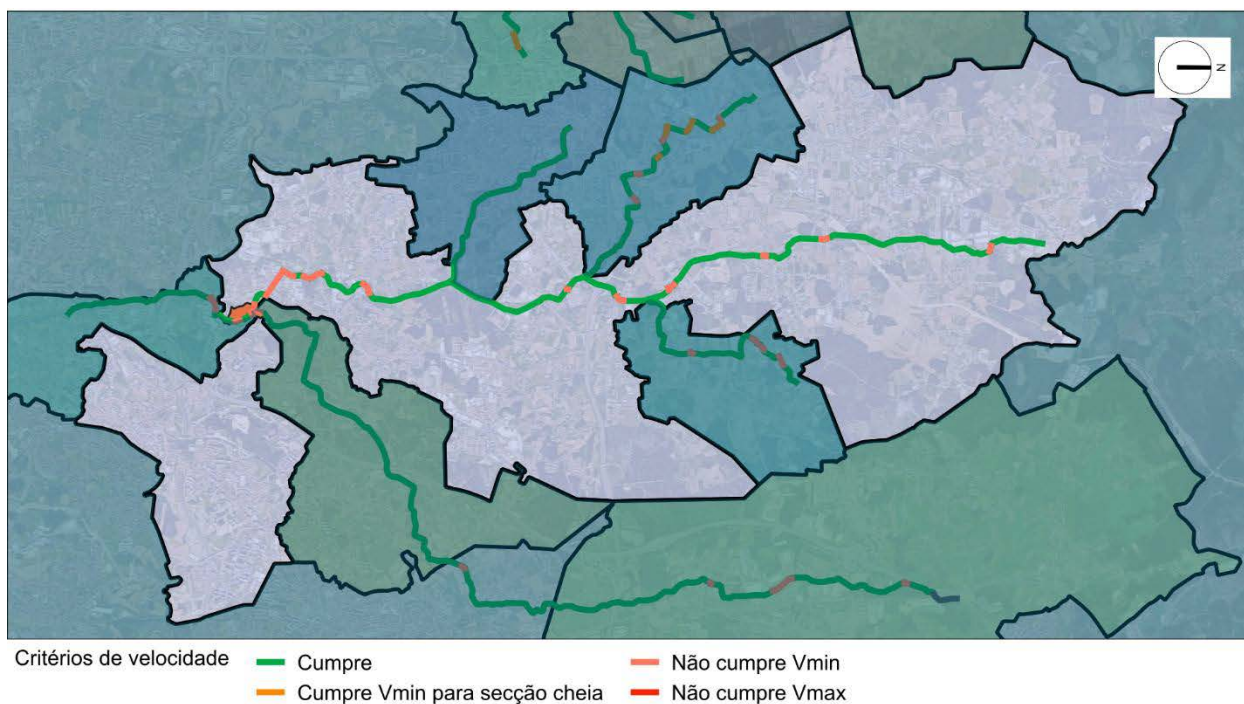


Figura 5.15 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM01 – Arquinho (cont.).

EMISSÁRIO EM02 – MAIA (NASCENTE)

O emissário Maia (Nascente) apresenta, também, algumas lacunas de informação, nomeadamente em 12 câmaras de visita cujas cotas de soleira, profundidade e cota de terreno são desconhecidas, e em outras 10 câmaras de visita em que a cota de soleira/profundidade não está registada. Além disso, há um troço de aproximadamente 120 m, situado junto à Rotunda Domingos Nogueira da Costa, sem levantamento de caixas. Destaca-se também a ausência de informação sobre o ponto de ligação deste emissário com o EM01 - Arquinho, na Rua Jorge Ferreirinha.

Do ponto de vista hidráulico (Figura 5.16), e tendo em conta a informação cadastral disponível, o emissário apresenta um bom desempenho, sendo que a altura de secção é ligeiramente superior à regulamentar em 4 trechos.

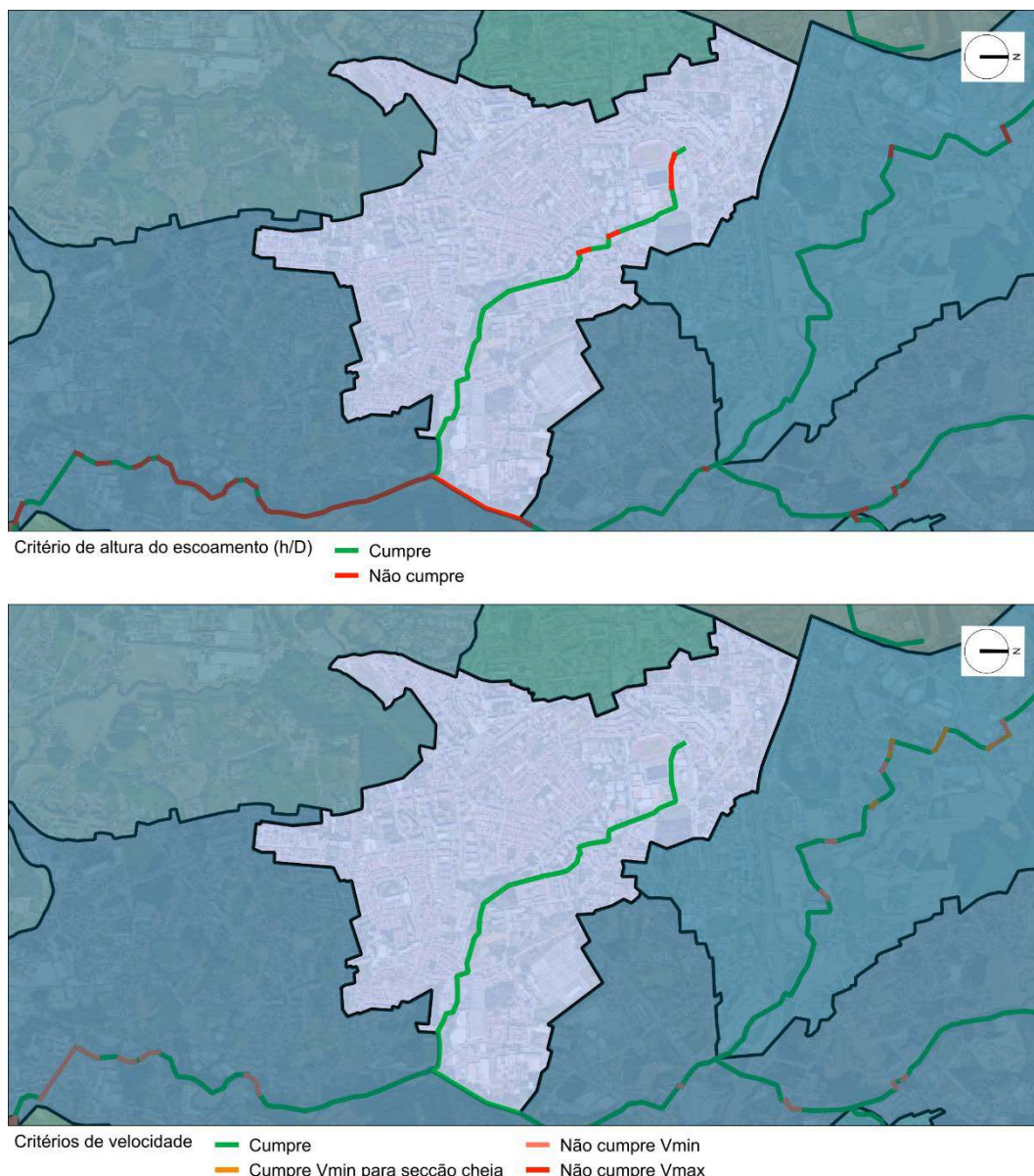


Figura 5.16 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM02 – Maia (Nascente).

EMISSÁRIO EM03 – CHIOLO

A informação cadastral disponível para o emissário Chiolo é, de forma geral, pouco satisfatória. Este emissário apresenta lacunas significativas, com a ausência de cotas de soleira, profundidade e cotas de terreno em 24 das suas 71 câmaras de visita e de cotas de soleira noutras 6 câmaras. Além disso, foram identificados 3 treços, com uma extensão total de cerca de 790 m, que não possuem levantamento de câmaras de visita. Desses, destaca-se o trecho inicial do emissário, localizado entre as câmaras 2-C014485 e 2-C004264, cujo levantamento cadastral é importante para possibilitar uma avaliação mais detalhada e rigorosa do comportamento hidráulico deste emissário. Entre os alertas identificados, destaca-se a possível ocorrência de contra-inclinações em quatro trechos cuja informação cadastral é bem definida.

Do ponto de vista hidráulico (Figura 5.17), o emissário Chiolo apresenta não conformidades em 2 trechos relativamente ao critério de altura da lâmia líquida (que correspondem a trechos com

potencial inclinação negativa), além de incumprimentos na velocidade mínima em 13 troços. Destes, apenas 7 cumprem o critério de velocidade mínima para o caudal de secção cheia.

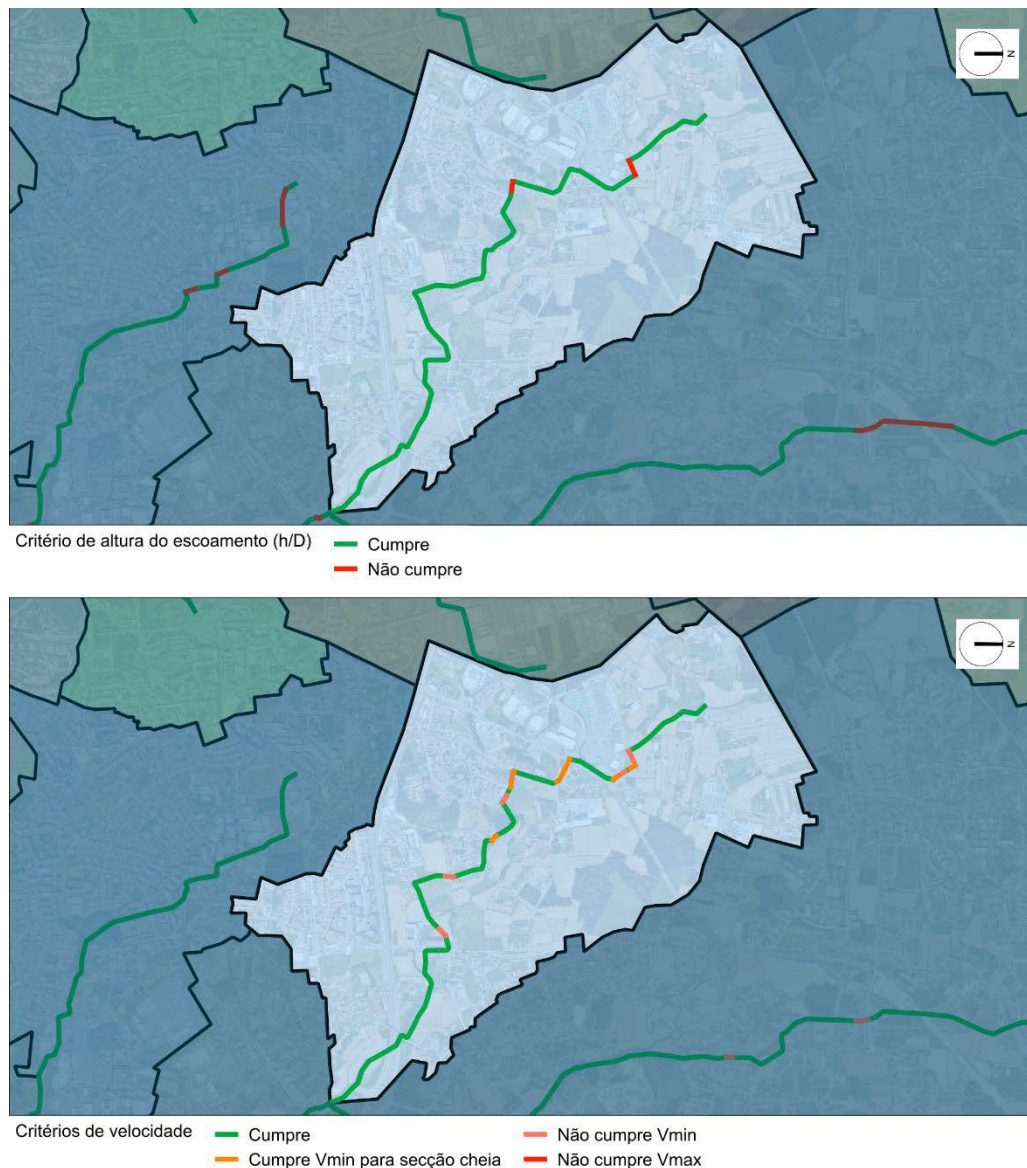


Figura 5.17 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM03 – Chiolo.

EMISSÁRIO EM04 – SILVA ESCURA

O cadastro do emissário Silva Escura apresenta diversas lacunas de informação. Foram identificadas 28 câmaras de visita sem informação de cotas de soleira, profundidades e cotas de terreno, além de outras 8 câmaras sem cota de soleira/profundidade. Próximo à ligação com o EM01 - Arquinho há um troço de aproximadamente 250 m que não possui levantamento de caixas. Entre os alertas observados, destaca-se o troço entre as câmaras 2-C003520 e 2-C003521, que apresenta uma inclinação estimada de 27%, considerada demasiado elevada. Além disso, os troços entre as câmaras 2-C0032511 e 2-C0032510, bem como entre 2-C003292 e 2-C003290, apresentam indiciam inclinação nula e negativa, respetivamente, registadas no cadastro. Adicionalmente, salienta-se a ausência de informações sobre o ponto de ligação deste emissário com o EM01 - Arquinho, localizado próximo à Rua Nossa Senhora da Saúde.

No que diz respeito ao comportamento hidráulico (Figura 5.18), verificou-se o não cumprimento do critério altura do escoamento em 4 troços, além de 8 troços que não atendem ao critério de velocidade mínima, mesmo em secção cheia.



Figura 5.18 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM04 – Silva Escura.

EMISSÁRIO EM05 – BOI MORTO

O cadastro do emissário Boi Morto apresenta lacunas de relevância, com 34 das suas 63 câmaras de visita sem informação relativa a cotas de soleira, profundidade e cotas de terreno (numa extensão de praticamente 2500 m consecutivos) e outras 4 sem cota de soleira/profundidade. Além disso, há um troço de aproximadamente 240 m, no início deste emissário, que não apresenta levantamento de câmaras. Foram também identificados alguns alertas relacionados às potenciais contra-inclinações de quatro troços cuja informação é bem definida (2-C009116 – 2-C009115, 2-C0091202 – C009121, 2-C013867 – 2-C013880 e 2-C013880 – 2-C013866).

Do ponto de vista hidráulico (Figura 5.19), o desempenho do emissário apresenta algumas limitações, sendo que 4 troços ultrapassam a altura máxima de escoamento regulamentar e 6 troços não atendem ao critério de velocidade mínima.



Figura 5.19 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM05 – Boi Morto.

EMISSÁRIO EM07 – LEANDRO

O emissário Leandro apresenta um cadastro com elevadas extensões cujas cotas de terreno/tampa das câmaras de visita são desconhecidas, sendo apenas conhecidas as profundidades em 113 das suas 158 câmaras. Destacam-se, ainda, 7 câmaras sem cota de soleira e 1 câmara sem cota de terreno, nem de soleira. Como alertas adicionais, foram identificados 4 troços cuja informação cadastral é completa e que aparentam apresentar contra-inclinação (2-C014039 – 2-C014040, 2-C005091 – 2-C005090, 2-C005098 – 2-C005097 e 2-C005097 – 2-C005095).

Embora o emissário possua um número elevado de caixas levantadas, a maioria delas carece de informações sobre cotas ou apresenta dados que necessitam de validação. Consequentemente, a avaliação do desempenho hidráulico foi realizada com base em características médias de inclinação dos coletores. Os resultados da verificação hidráulica (Figura 5.20) indicam que o critério de altura do escoamento não é cumprido em 24 trechos e o critério de velocidade mínima não é cumprido em 11 trechos.

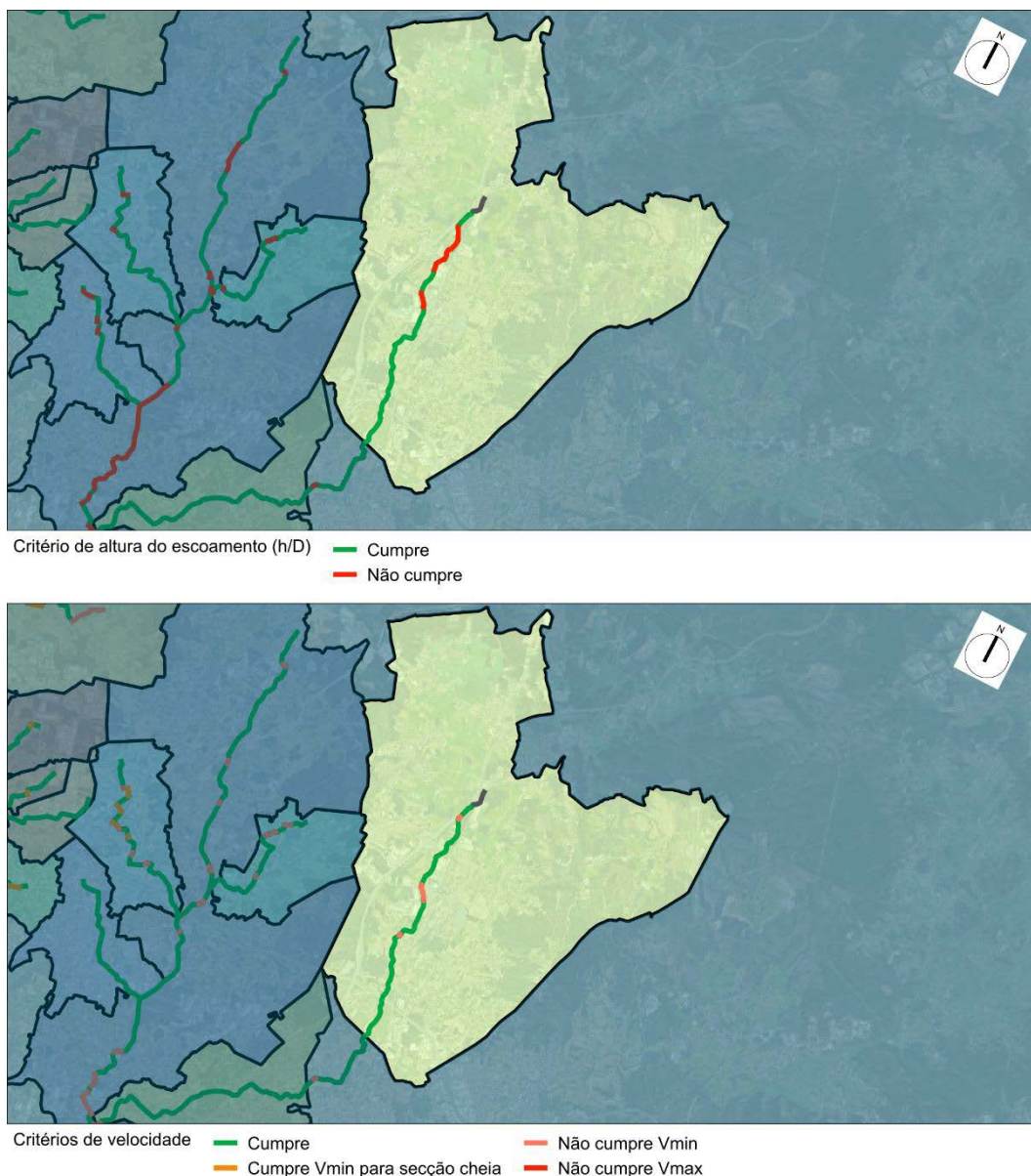


Figura 5.20 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM07 – Leandro.

EMISSÁRIO EM08 – LEÇA

Em relação à disponibilidade de informação cadastral, o emissário Leça, tal como o emissário anterior a montante (EM07 – Leandro), apresenta uma significativa falta de dados relativos às cotas das tampas/terreno. Foram identificadas 39 câmaras de visita nesta situação, sendo conhecidas apenas as suas profundidades. Foram ainda identificadas 4 câmaras de visita sem cota de soleira/profundidade, mas com cota de terreno, e 12 sem qualquer registo de cotas ou

profundidades. Além disso, existe um troço de aproximadamente 350 m, paralelo à Rua da Alvura e próximo ao Rio Leça, onde não há levantamento de caixas. Entre os alertas identificados, destacam-se os troços entre as câmaras 2-C013857 – 2-C013856 e 2-C013858 – 2-C013866, com potenciais inclinações negativas.

Tal como no emissário Leandro, é importante salientar que a avaliação foi baseada em características médias de inclinação dos coletores. Assim, do ponto de vista hidráulico (Figura 5.21), o desempenho do emissário aparenta ser, de modo geral, satisfatório. Os principais problemas referem-se a questões de satisfação da velocidade mínima, em trecho localizado no final do emissário.

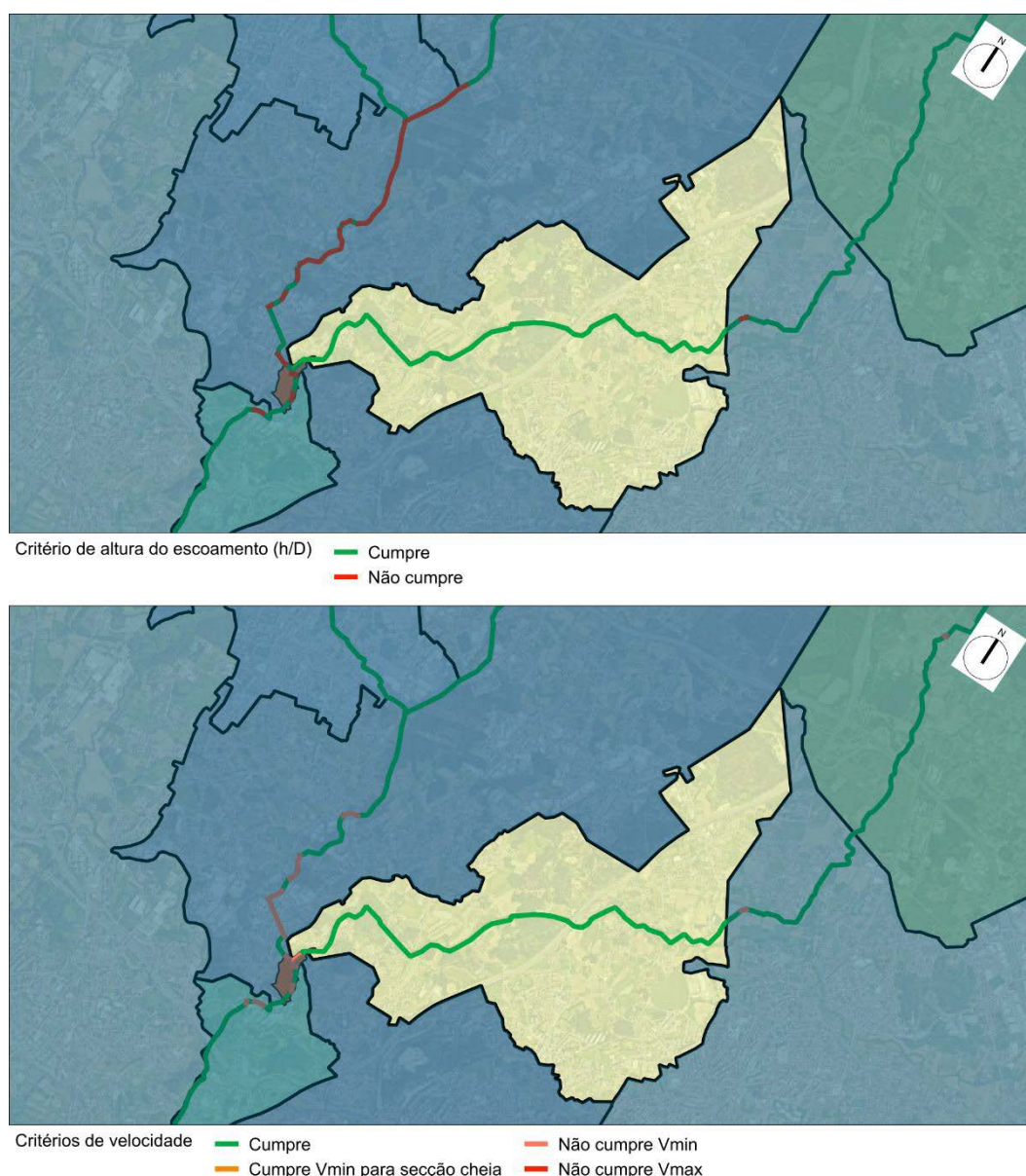


Figura 5.21 – Resultados da avaliação do desempenho hidráulico do emissário EM08 – Leça.

5.2.4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HIDRÁULICO DOS EMISSÁRIOS E COLETORES EM TEMPO DE CHUVA

5.2.4.1 Modelo EPA-SWMM

O modelo US EPA SWMM (*“Storm Water Management Model”*) foi desenvolvido pela EPA (*“US Environmental Protection Agency”*) e consiste num modelo dinâmico 1D para a simulação do escoamento superficial e transporte de poluentes, à superfície das bacias de drenagem e no interior dos coletores. O modelo quantitativo e qualitativo é muito divulgado nos Estados Unidos da América, sendo aplicado especialmente a áreas urbanas para simulação de ocorrências de curta ou longa duração.

O modelo foi inicialmente desenvolvido em 1971 e tem sido continuamente atualizado, incluindo atualmente a simulação de escoamento em “contracorrente”, sob pressão, e com efeitos de regolfo, bem como ferramentas de análise estatística e elaboração de hidrogramas e polutogramas. A versão mais recente do SWMM (versão 5.2) corre em ambiente Windows e foi desenvolvida conjuntamente pela EPA e por uma empresa de consultoria, a CDM, Inc. O SWMM inclui os módulos *“Runoff”*, *“Transport”* e *“Extran”*, progressivamente mais detalhados: as simulações de qualidade baseiam-se nos módulos *“Runoff”* e *“Transport”* que não permitem a simulação de escoamentos em “contra corrente” nem sob pressão, embora este tipo de escoamentos possa ser simulado através do módulo *“Extran”* que resolve, nomeadamente, as equações completas de Saint Venant. O módulo *“Transport”* baseia-se no modelo cinemático.

O SWMM utiliza os seguintes princípios: propagação do escoamento superficial avaliada pelo método do hidrograma unitário; perdas hidrológicas, incluindo retenção superficial e infiltração, modeladas pelas fórmulas de Horton e Green-Ampt e pelo “Número do escoamento” do *Soil Conservation Service*; propagação do escoamento superficial descrita pelo modelo cinemático; propagação do escoamento na rede de coletores descrita pelo modelo dinâmico completo (equações completas de Saint-Venant), ou pelo modelo cinemático ou difusivo.

5.2.4.2 Critérios adotados e construção do modelo

A representação do sistema de saneamento da Maia no modelo EPA-SWMM, à semelhança da verificação hidráulica anteriormente realizada com recurso à fórmula de Gauckler-Manning-Strickler, foca-se nas suas infraestruturas principais. Contudo, tirando partido das potencialidades deste modelo, alargaram-se os critérios de seleção das infraestruturas a considerar, sendo eles:

- Inclusão de toda a extensão de emissários.

- Inclusão de coletores com diâmetro igual ou superior a 300 mm.

- Em sub-bacias relevantes e em locais identificados como problemáticos/críticos, inclusão de coletores com diâmetros inferiores a 300 mm.

- Inclusão de estações elevatórias com base nos volumes elevados e/ou na relevância do seu posicionamento no sistema (por exemplo, última estação elevatória num conjunto de estações elevatórias em série).

Com o intuito de não definir áreas demasiado extensas, as bacias definidas para os emissários, no subcapítulo 5.2.2 foram divididas em várias sub-bacias justapostas, de forma a acompanhar

a maior fineza das infraestruturas incluídas e aflúências de percurso às infraestruturas consideradas. Naturalmente, em áreas de maior densidade urbana e de infraestruturas, as sub-bacias assumem menores dimensões. As sub-bacias encontram-se detalhadas na Peça Desenhada 09.

De uma forma conceptual, o modelo baseia-se em três classes de objetos geográficos que constituem os seus dados de entrada: sub-bacia (polígono); troço de coletor (linha); nó (ponto).

As sub-bacias são designadas de cabeceira quando drenam na sua totalidade para o nó de montante de um coletor, e de percurso quando o caudal nelas gerado afluí de forma distribuída a um troço de um coletor. Cada troço de coletor tem um único nó de montante e um único nó de jusante. Podem existir situações em que vários troços de coletor partilham um dado nó de jusante. A Figura 5.1 apresenta um exemplo simples deste tipo de modelo, em que as bacias B1, B2, B7, B9 e B12 são bacias de cabeceiras, sendo as restantes de percurso.

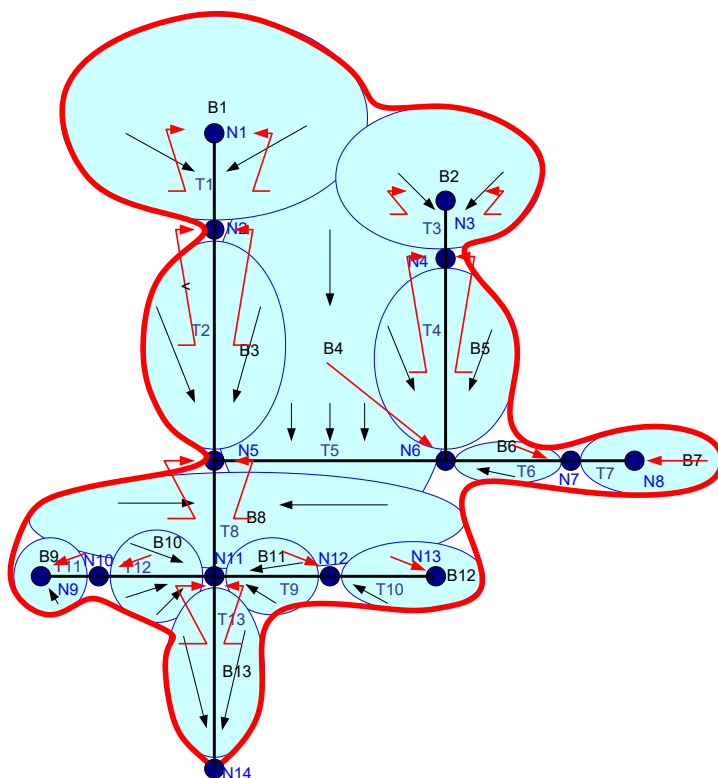


Figura 5.1 – Esquema de ligação dos conceitos base do modelo.

Aos nós correspondem, na maior parte dos casos, câmaras de visita, mas podem também estar associados a câmaras cegas ou a descarregadores. As secções onde ocorrem alterações das características dos troços de coletor são também consideradas nós.

Ao definir a rede conceptual é necessário decidir quais os nós de ligação das bacias de percurso, uma vez que, na realidade, os caudais afluem de forma distribuída aos coletores. Optou-se por considerar que as sub-bacias descarregam no nó de montante do coletor a que dizem respeito, o que conduz a uma avaliação conservativa do caudal transportado em cada coletor.

Foram considerados, para a simulação, 45,2 km de emissários (100%) e 34,8 km de coletores secundários (7% da extensão total da rede de coletores), e 15 estações elevatórias e respetivas condutas (num total de 86 no sistema). A Figura 5.22 apresenta, em planta, as infraestruturas consideradas no modelo, ou seja:

- 149 sub-bacias;
- 1763 nós, a que correspondem câmaras de visita;
- 1762 troços, a que correspondem coletores;
- 15 infraestruturas de armazenamento, que correspondem aos poços das EE;
- 15 bombas, a que correspondem os sistemas elevatórios (bombas e condutas);
- 15 orifícios, a que correspondem os descarregadores de emergência das EE;
- 18 pontos de saída, dos quais 3 correspondem às entregas nas ETAR, e os restantes correspondentes a descargas de emergência das EE.

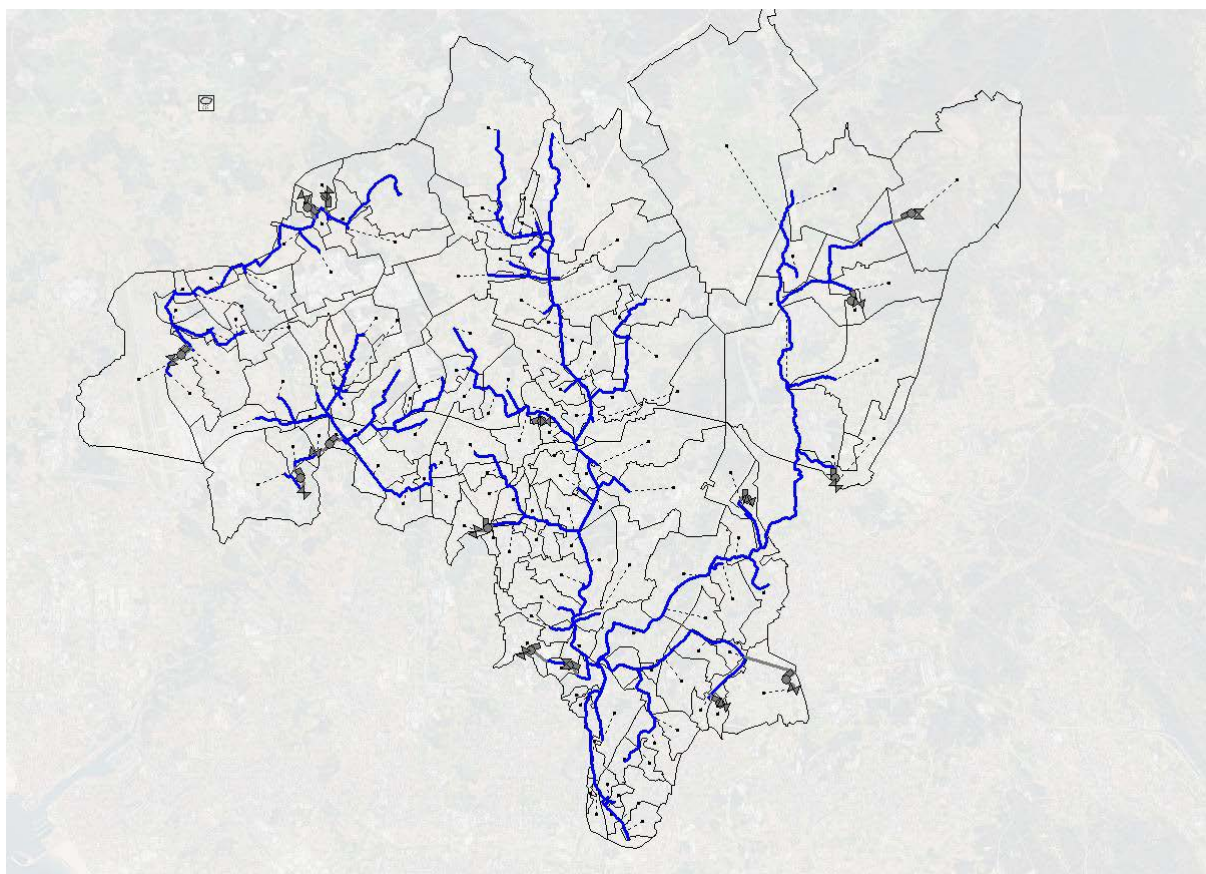


Figura 5.22 – Representação, em planta, das infraestruturas de drenagem de águas residuais consideradas no modelo EPA-SWMM.

No que respeita às estações elevatórias, dada a ausência de informação detalhada relativa à geometria dos poços e cotas de crista dos descarregadores, foram assumidas geometrias típicas de pequenas instalações (como grupos 1+1), sendo o volume útil mínimo do poço de bombagem estimado em função da frequência máxima de arranque, de acordo com seguinte expressão:

$$V_{ut, \min} = 15 \times Q \times T \quad (4)$$

sendo,

- $V_{ut, min}$ – Volume útil mínimo [m^3].
 Q – Caudal de elevação [m^3/s].
 T – Tempo de um ciclo completo, em função do número de arranques por hora [min].

As características estimadas para efeitos de modelação das estações elevatórias encontram-se resumidas no Quadro 5.3, tendo sido assumida uma altura mínima de submersão de 0,40 m. As células sombreadas a amarelo correspondem a falhas de dados de registo fornecido pelos SMAS da Maia. As curvas de desempenho das bombas foram obtidas junto dos respetivos fornecedores, sendo conhecida a marca e modelo dos equipamentos.

Quadro 5.4 – EE - Características assumidas para efeitos de modelação.

EE	Q nominal (l/s)	Cota terreno	Cota sol. entrada	Prof. poço (m)	V _{útil min.} (m^3)	h _{útil} (m)	h _{arranque} (m)
EE041	33.9	68.0	64.5	4.86	3.1	0.76	1.16
EE009	31.9	59.8	56.5	4.58	2.9	0.72	1.12
EE011	20.4	65.7	60.9	5.82	1.8	0.46	0.86
EE016	40.0	37.7	35.4	3.84	3.6	0.90	1.30
EE026	25.0	30.9	28.5	4.83	2.3	1.80	2.20
EE008	11.6	37.7	35.4	3.29	1.0	0.35	0.75
EE027	70.0	121.8	118.7	4.98	6.3	1.26	1.66
EE023	80.0	95.0	92.7	4.39	7.2	1.53	1.93
EE063	33.9	63.5	62.2	2.80	3.1	0.90	1.30
EE032	85.0	70.3	68.3	6.20	7.7	3.59	3.99
EE024	28.1	44.8	41.0	5.39	2.5	0.97	1.37
EE020	23.9	44.1	42.0	3.13	2.2	0.43	0.83
EE001	56.1	111.0	109.5	5.61	5.0	3.51	3.91
EE047	26.1	130.8	129.0	2.94	2.3	0.59	0.99
EE021	25.0	94.1	90.5	5.80	2.3	0.56	1.96

5.2.4.3 Solicitações e cenários

Apesar do presente plano ser focado, fundamentalmente, em águas residuais, tendo em conta a realidade, com aflúncias indevidas à rede de saneamento, a utilização do modelo EPA-SWMM assume especial interesse.

No que concerne às solicitações ao modelo, consideraram-se eventos de precipitação com período de retorno (T) de 0,10 anos (eventos que ocorrem, em média, 10 vezes por ano), 0,50 anos (eventos que ocorrem, em média, 2 vezes por ano) e de 2 anos (eventos que ocorrem, em média, 1 vez a cada 2 anos, ou seja, é igualado ou excedido, o evento, em média, a cada 2 anos).

Para a definição dos eventos de precipitação, foram consideradas as curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) propostas pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto para a região A (onde se insere a região em estudo), cujos parâmetros a e b assumem os valores 202,72 e -0,577, respetivamente.

Assumiu-se, para eventos de precipitação com duração superior a 15 minutos, e que ocorrem 2 e 10 vezes por ano, uma intensidade média de 11,1 e 6,3 mm/h (Ferreira, 2006), sendo os dados foram utilizados para a formulação do respetivo hietograma.

Adotou-se a forma do hietograma de projeto para Portugal proposta por Matos (1987), com uma duração total de 4 horas, período intenso centrado e de intensidade constante (V_2), de duração igual ao tempo de concentração (em regra entre 10 e 60 minutos no caso de bacias predominantemente urbanas), e a seguinte relação volumétrica entre os períodos que antecedem e precedem o período mais intenso: $V_1 = 1,5V_3$ (Figura 5.23). Para o período de retorno escolhido, determina-se o volume total (V_T) do hietograma através dos parâmetros das curvas IDF. O volume do bloco central é determinado através do mesmo procedimento, adotando o tempo de concentração da bacia. O volume V_3 é posteriormente determinado através da expressão $V_3 = (V_T - V_2)/2.5$ (Vieira, 2006).

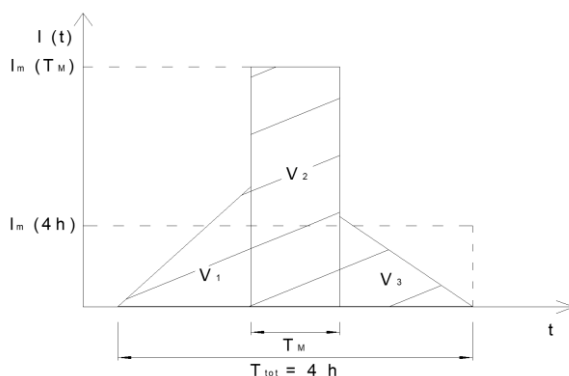


Figura 5.23 – Hietograma de projeto para Portugal (Matos, 1987).

Para efeitos de modelação, e sabendo que o sistema de drenagem pluvial da Maia serve uma área predominantemente urbana, optou-se por um hietograma de projeto cujo período centrado de intensidade intensa constante é igual a 60 minutos. Na Figura 3.4 apresentam-se os hietogramas de projeto, incluindo os valores de intensidade do bloco central, para cada um dos períodos de retorno considerados.

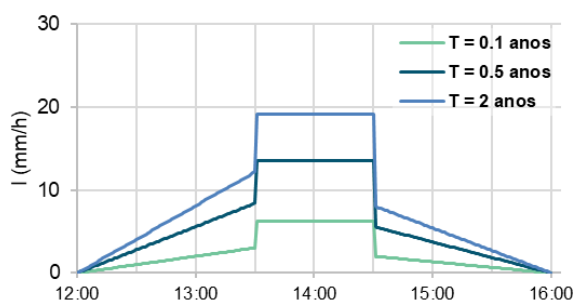


Figura 5.24 – Hietogramas de projeto para as precipitações com períodos de retorno de 0,1, 0,5 e 2 anos.

Tendo em conta a ausência de dados de monitorização, foi considerada uma contribuição direta do escoamento pluvial média de 3,5% das áreas impermeáveis de cada sub-bacia, valor compatível com observações noutros locais do país, nomeadamente de emissários do sistema de saneamento da Costa do Estoril.

No que respeita aos caudais domésticos, foi estimada uma curva padrão a partir do hidrograma em tempo húmido da ETAR da Parada (COBA, 2024), tendo sido igualmente assumido este padrão de consumo para os sub-sistemas de Cambados e Ponte de Moreira (Figura 5.25).

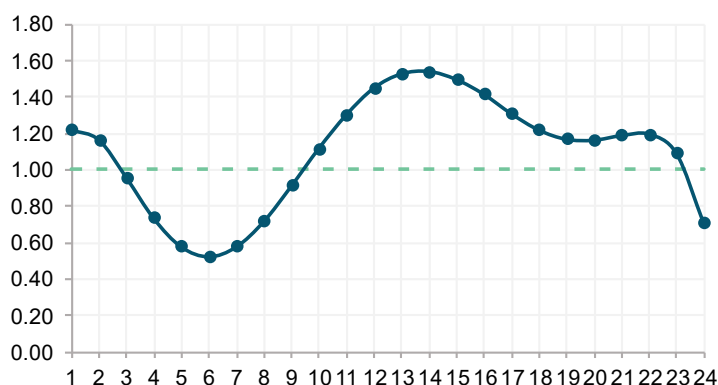


Figura 5.25 – Curva padrão para os caudais domésticos.

Nas simulações, de forma a considerar a situação mais crítica, o período de intensidade máxima de precipitação foi sobreposto com o período de maior afluência de caudais domésticos. Assim, o evento de precipitação de 4 horas foi ajustado para ocorrer entre as 12h e as 16h.

5.2.4.4 Apresentação e análise de resultados

Os resultados obtidos evidenciam que, mesmo para um evento de precipitação de frequência elevada e reduzida intensidade (10 vezes por ano), vários dos trechos entram em carga, como se observa na Figura 5.26 (trechos identificados a vermelho). Para efeitos de visualização, trechos de cor branca correspondem a condutas elevatórias, que, naturalmente, operam em secção cheia, e de forma adequada. Identificam-se, também, na Figura 5.26, os nós críticos, isto é, câmaras de visita em que o nível de escoamento atinge a cota do terreno, podendo originar extravasamentos pelas tampas das câmaras de visita. A Figura 5.32 apresenta os resultados relativos às velocidades máximas atingidas nos troços, para as condições referidas.

Verifica-se que, mesmo para eventos de precipitação recorrentes e de menor intensidade, uma contribuição direta de 3,5% das áreas impermeáveis provoca um agravamento no desempenho dos emissários e coletores, merecendo especial enfoque o sub-sistema de Parada. Esta situação é, naturalmente, expectável, tendo em conta que as infraestruturas de drenagem doméstica não se encontram dimensionadas para acomodar os caudais pluviais que a elas afluem nestas condições.

A Figura 5.28 e Figura 5.29 apresentam os resultados obtidos para a chuvada de frequência 2/ano ($T = 0,5$ anos) no que respeita ao rácio de capacidade dos coletores e nós críticos e à velocidade máxima atingida nos coletores, respetivamente. A Figura 5.30 e Figura 5.31 apresentam os resultados homólogos para a chuvada com período de retorno de 2 anos.

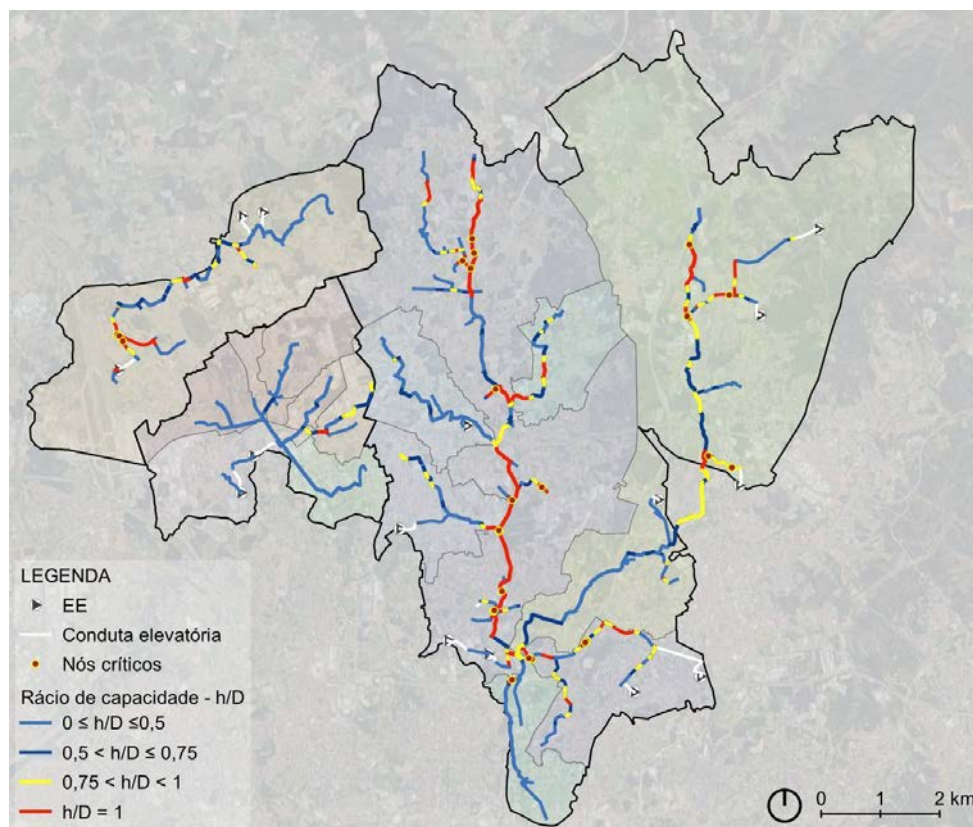


Figura 5.26 – Resultados de simulação dinâmica para a chuva de frequência 10/ano ($T = 0,1$ anos): rácio de capacidade dos coletores e nós críticos.

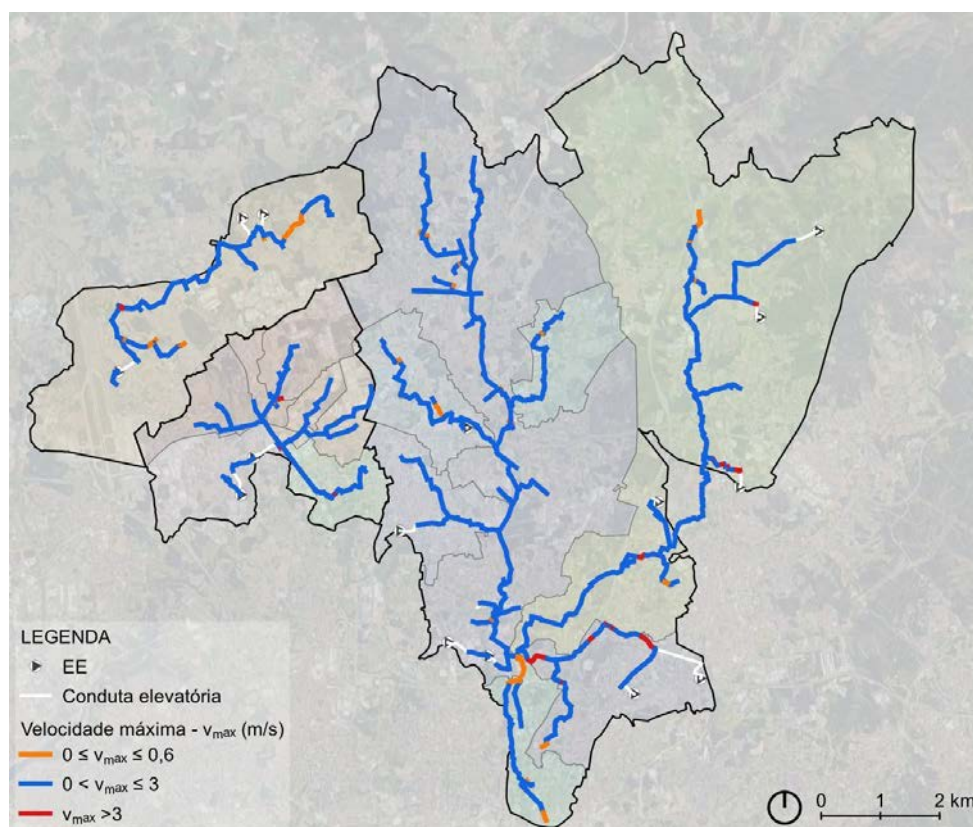


Figura 5.27 – Resultados de simulação dinâmica para a chuva de frequência 10/ano ($T = 0,1$ anos): velocidade máxima nos coletores.

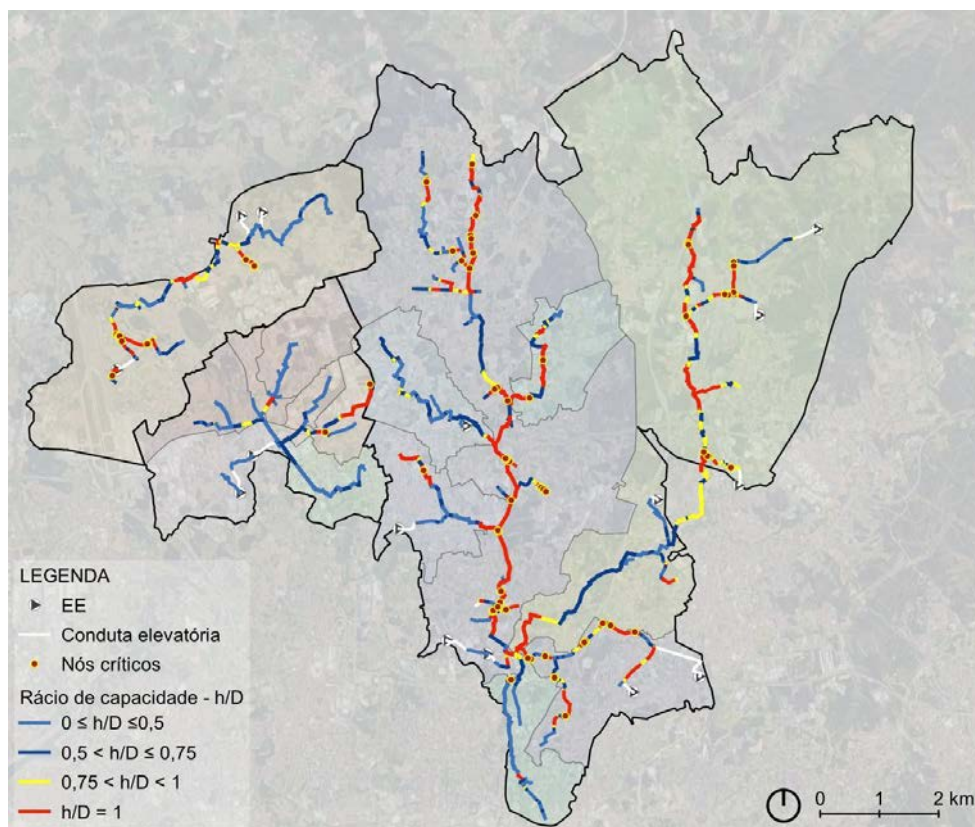


Figura 5.28 – Resultados de simulação dinâmica para a chuva de frequência 2/ano ($T = 0,5$ anos): rácio de capacidade dos coletores e nós críticos.

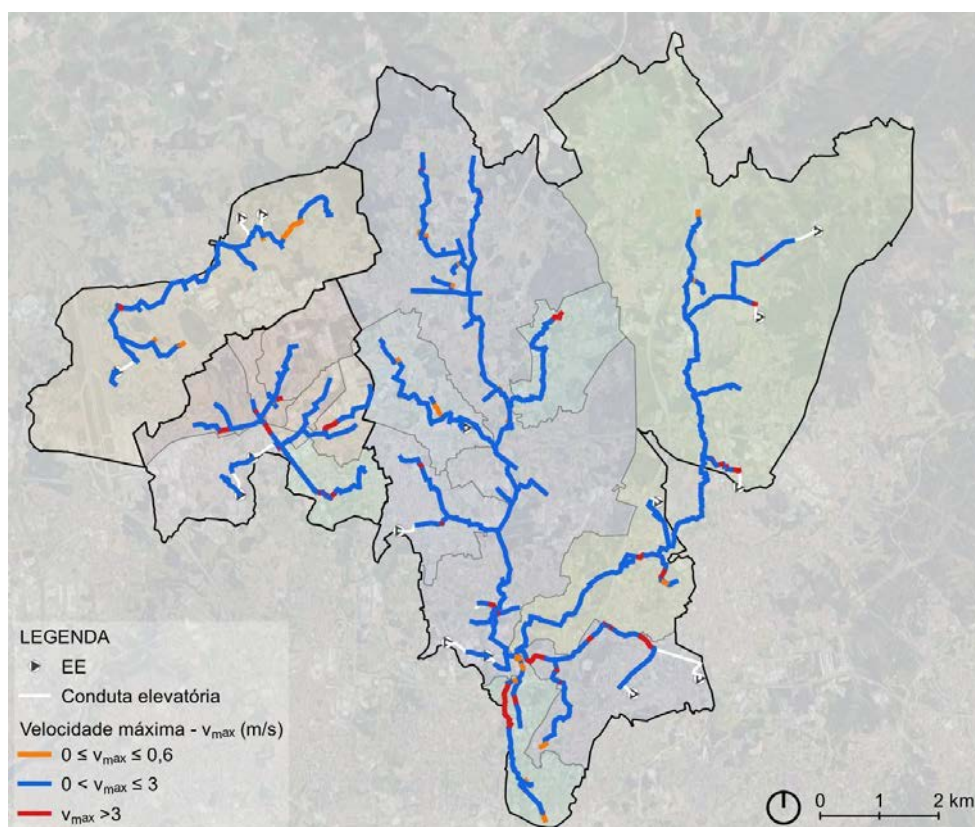


Figura 5.29 – Resultados de simulação dinâmica para a chuva de frequência 2/ano ($T = 0,5$ anos): velocidade máxima nos coletores.

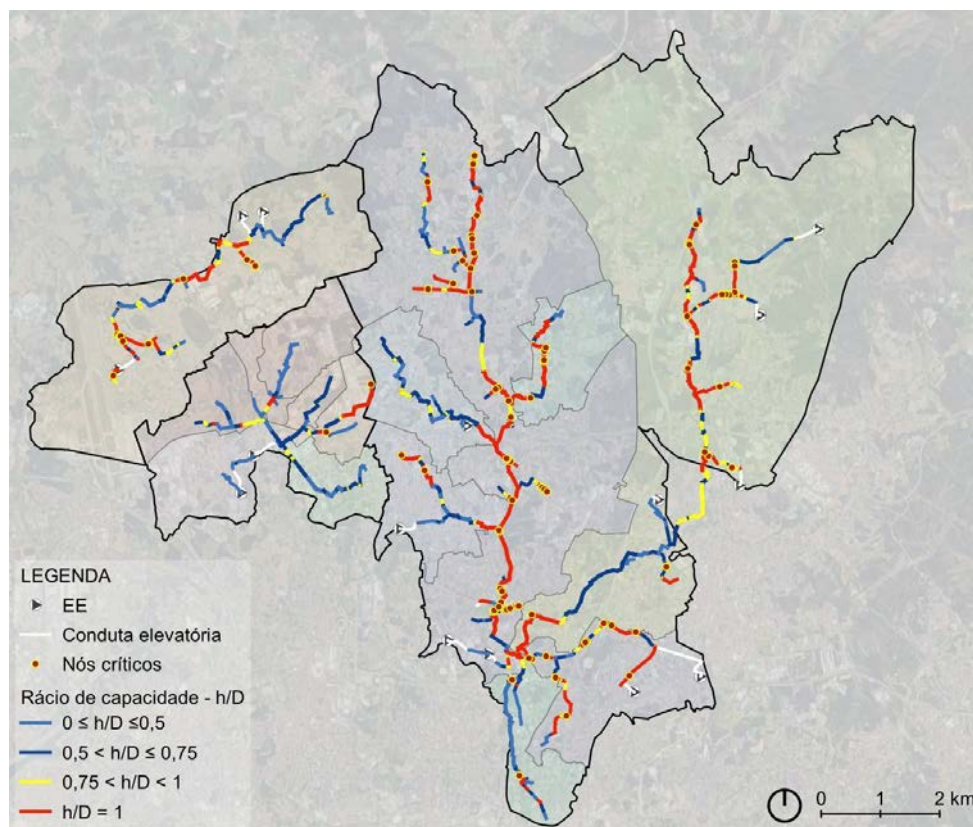


Figura 5.30 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de T = 2 anos: rácio de capacidade dos coletores e nós críticos.

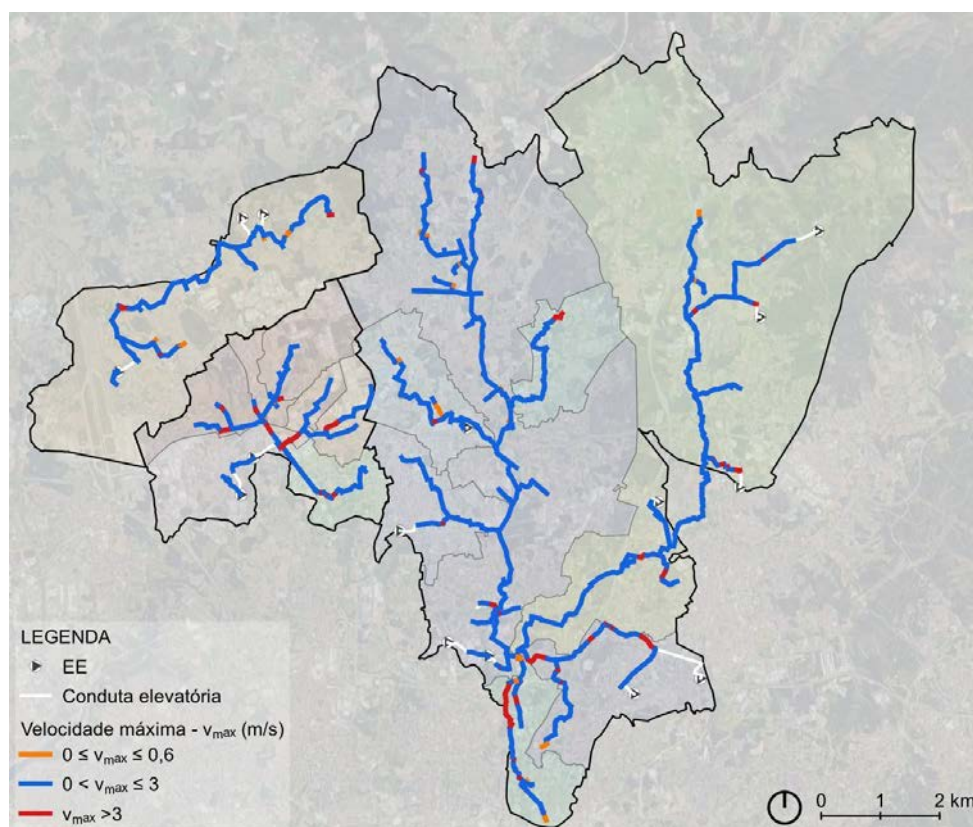


Figura 5.31 – Resultados de simulação dinâmica para a chuvada de T = 2 anos: velocidade máxima nos coletores.

De entre os três sub-sistemas de saneamento, o sub-sistema de Parada é o que apresenta mais constrangimentos no que respeita ao desempenho, nomeadamente dado haver trechos com inclinações reduzidas e, por vezes, negativas. Para o evento de período de retorno de 2 anos o sub-sistema de Cambados apresenta também locais de preocupação, sobretudo no que respeita à altura do escoamento atingida nos coletores, com vários trechos a entrar em carga.

No que respeita às velocidades do escoamento atingidas nos coletores para os vários cenários simulados, verifica-se que, como expectável, com o aumento do período de retorno da chuvada, isto é, com o aumento da intensidade de precipitação e volume total do evento, por se fazerem afluir e transportar maiores caudais nos coletores, a velocidade atingida nos trechos aumenta. No que respeita a esta propriedade do escoamento, a mesma está limitada pelas características de implantação dos coletores, principalmente inclinação e diâmetro. Por este motivo, muitos dos coletores implantados com inclinações reduzidas não ultrapassam o critério regulamentar de velocidade máxima, mesmo para as condições consideradas. Por seu lado, os coletores que não verificarem o critério da velocidade mínima regulamentar ($v < 0,6$ m/s, identificados a laranja nas respetivas figuras) correspondem a coletores com inclinações negativas.

Naturalmente que para as solicitações ao sistema mais gravosas, nomeadamente, para eventos de precipitação de menor frequência/menor período de retorno, o sistema apresenta um pior desempenho pelos caudais pluviais que afluem às infraestruturas. De igual forma, para maiores contribuições de afluentes pluviais diretas, isto é, para maiores ligações indevidas à rede de saneamento, será expectável que o sistema apresente um pior desempenho.

É de referir que o modelo comprova a existência de problemas de desempenho em locais já identificados como críticos pelos SMAS da Maia e pela Associação de Municípios Corredor do Rio Leça (CRL-AM), tal como se exemplifica na Figura 5.32 para duas câmaras de visita problemáticas, nomeadamente na Rua Luís da Silva Neves, junto a uma passagem do coletor amarrado a uma ponte, e na Rua Manuel Gonçalves Lage (junto à Milaneza).

Naturalmente que os resultados obtidos apresentam limitações decorrentes de lacunas de informação do cadastro, que podem ser colmatas no futuro, e de dados de monitorização que são relevantes para a calibração. No entanto, verifica-se que existem correlações entre locais críticos identificados pelos SMAS e os resultados obtidos no modelo, o que, em certa medida, corresponde a uma pré-calibração do modelo.

O projeto de controlo de afluentes indevidas, a desenvolver-se em 3 anos (2025-2028) permitirá conhecer melhor o sistema e calibrar e validar os modelos de simulação a adotar e a aplicar, então, de forma mais sistemática para justificar e basear a decisão de intervir, no que respeita à reabilitação e otimização do desempenho do sistema.

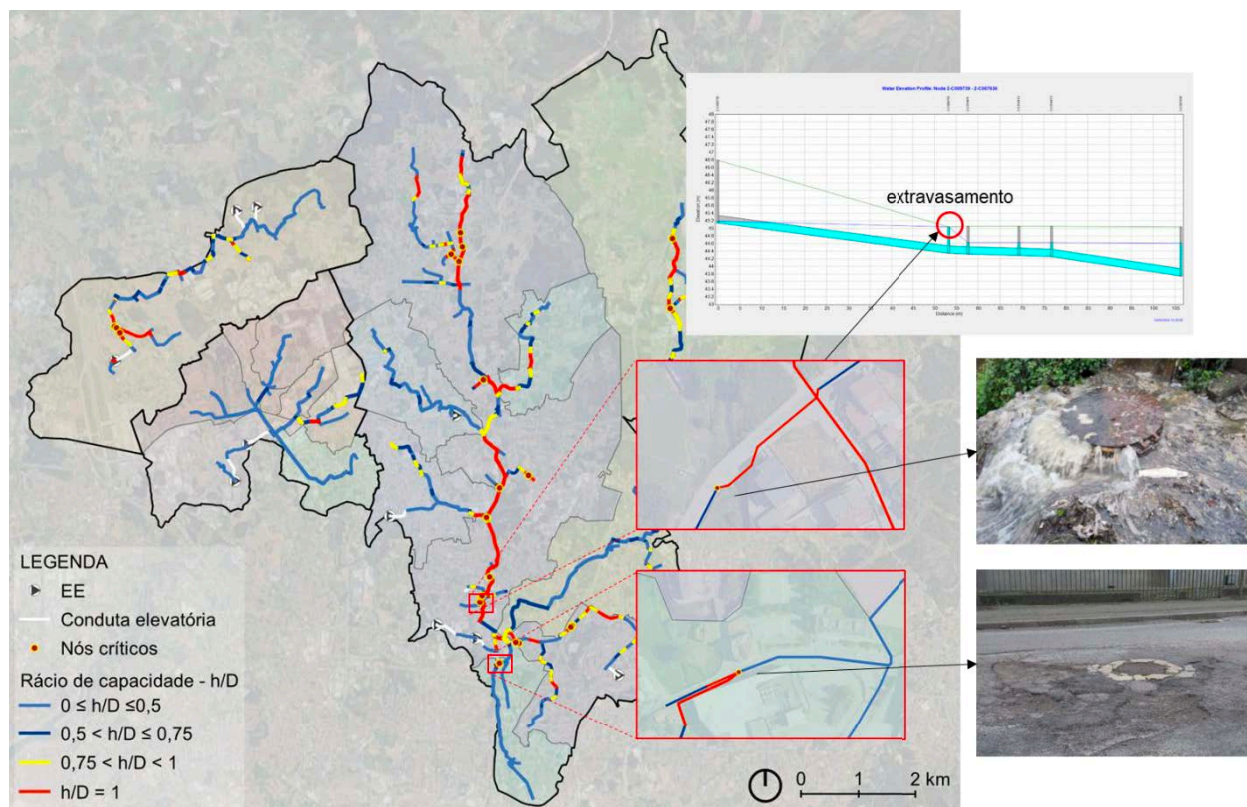


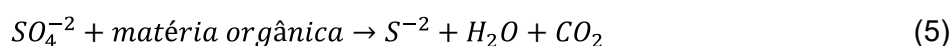
Figura 5.32 – Exemplo de verificação dos resultados de simulação dinâmica para a chuvada de frequência 10/ano ($T = 0,1$ anos) com locais críticos identificados pelos SMAS da Maia.

5.2.5 RISCO DE SEPTICIDADE: ODORES, TOXICIDADE E CORROSÃO

5.2.5.1 Formação e controlo de sulfuretos em sistemas de drenagem de águas residuais

A presença de sulfuretos em sistemas de drenagem de águas residuais tem sido, há várias décadas, uma preocupação para as entidades gestoras, devido à sua capacidade de originar sulfureto de hidrogénio, também conhecido por gás sulfídrico (H_2S), pois causa diversos impactos negativos nestes sistemas, como toxicidade, odores ofensivos e corrosão. A presença de sulfatos, microrganismos e matéria orgânica nas águas residuais, na ausência de oxigénio dissolvido (anaerobiose), constituem condições ideais para a formação de sulfuretos nos sistemas, que são naturalmente agravadas com longos tempos de retenção ou com a presença de condutas elevatórias de elevada extensão.

Quando se verificam concentrações nulas de oxigénio dissolvido (OD) na massa líquida, em caso de existência de nitratos, tornam-se preferenciais para o fornecimento de oxigénio à comunidade bacteriana facultativa, podendo assim evitar a ocorrência de septicidade. Porém, quando todo o oxigénio fornecido pelo ião nitrato é consumido, estabelecem-se rapidamente condições de anaerobiose estrita, e o ião sulfato passa a ser utilizado para a obtenção de oxigénio, através da sua redução a sulfureto por ação das bactérias sulfato-redutoras (BSR), de acordo com a equação genérica:



O ião sulfureto (S^{2-}) rapidamente reage com os iões de hidrogénio (H^+) existentes na massa líquida, dando origem á forma parcialmente ionizada do ião hidrogenossulfureto (HS^-) e ao denominado sulfureto de hidrogénio (H_2S).

Das diferentes espécies de sulfuretos existentes, apenas o H_2S tem a capacidade de transferência da massa líquida para a atmosfera do coletor (e demais infraestruturas), ficando disponível na sua forma gasosa (usualmente denominado por gás sulfídrico). O H_2S é um gás de solubilidade moderada em água. A 20 °C, uma solução de água pura que contenha 3,85 mg/l de H_2S consegue produzir uma concentração de 0,1% (ou 1000 ppm) no ar em contacto com esta.

É na fase gasosa do coletor que pode então ocorrer a libertação de H_2S para o exterior do sistema originando odores indesejados, a criação de atmosferas potencialmente tóxicas ou a corrosão de materiais. Pode ainda ocorrer o transporte do gás sulfídrico para jusante (através sobretudo do efeito de arrastamento da massa líquida ou de variações acentuadas de pressão) ou para montante (caso se verifiquem por exemplo obstruções a jusante que obriguem o ar a subir na direção inversa), pelo que as condições de ventilação dos coletores terão grande influência nos locais onde poderão ocorrer problemas.

A corrosão do betão em sistemas de águas residuais resulta, maioritariamente de processos biológicos que ocorrem no biofilme existente na superfície dos coletores exposta à fase gasosa, sendo por isso usualmente denominada por corrosão microbiologicamente induzida (CMI).

Esse mecanismo pode ser sucintamente descrito por uma sequência de três etapas fundamentais, que se iniciam com um processo abiótico de carbonatação e acidificação do gás sulfídrico libertado da massa líquida, seguido pela produção biológica de ácido sulfúrico que, ao interagir com o betão origina subprodutos de volume significativamente superior ao do cimento intacto, provocando assim a sua expansão e fissuração interna (Jiang *et al.*, 2014; Gutierrez *et al.*, 2016).

Em infraestruturas novas, este processo normalmente não se verifica devido à elevada alcalinidade da sua superfície (com valores de pH a rondar os 12) decorrente da hidratação do cimento, e que dá origem à formação de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$). Contudo, em condições anaeróbias, ocorre a libertação de H_2S e CO_2 para a atmosfera do coletor, dando origem a processos de carbonatação e neutralização do gás sulfídrico, reduzindo o pH da sua superfície. Nesta etapa de acidificação inicial (cujos valores de pH rondam o 9) ocorrem condições para o crescimento e propagação de microrganismos oxidantes de enxofre e sulfuretos (Joseph *et al.*, 2012).

De seguida, em presença de elevados teores de humidade relativa, *i.e.*, acima de cerca de 85% (Matos, 1992), as bactérias oxidantes de enxofre, maioritariamente das espécies *Thiothrix sp.*, *Thiobacillus plumbophilus*, *Thiomonas sp.* e *Halothiobacillus neapolitanus*, originam ácido sulfúrico através da oxidação do gás sulfídrico que entra em contacto com a superfície molhada do coletor, ou demais infraestruturas que se encontrem acima do nível da massa líquida. Este

processo origina uma descida mais acentuada de pH (até cerca de 2), criando condições para o aparecimento de espécies acidogéneas oxidantes de enxofre. É de referir que podem coexistir no biofilme outros microrganismos (fungos e bactérias heterotróficas) que atuam sinergicamente na oxidação do enxofre/sulfureto (Gutierrez *et al.*, 2016).

Com a presença de ácido sulfúrico, surgem dois subprodutos importantes da corrosão, nomeadamente o gesso (gipsito ou sulfato de cálcio hidratado) e a etringita (sulfatoaluminio de cálcio), cujos volumes variam entre 124% a 700% em relação ao volume do cimento e cuja expansão se crê ser responsável pela fissuração e subsequente aumento da superfície do coletor exposta à corrosão.

Para além dos efeitos de degradação dos materiais por ação da corrosão, o gás sulfídrico é um elemento tóxico, que origina odores ofensivos, e cuja presença em sistemas de drenagem pode representar um risco elevado para a saúde humana (Quadro 5.5).

Quadro 5.5 – Impactes do gás sulfídrico na saúde humana.

H ₂ S [ppm]	Impactes
< 0.00021	Limite de percepção
10-20	Limite para irritação ocular (Limite de reconhecimento: 0.00047 ppm)
50-100	Dor de cabeça, náusea, irritação de olhos e garganta.
150-250	Perda de olfato e lesões respiratórias
300-500	Edema pulmonar
500-700	Paragem respiratória
> 1000	Morte instantânea

De facto, os riscos para a saúde ocupacional e incidentes com trabalhadores, resultantes da exposição ao H₂S em sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, têm sido bem documentados na literatura, continuando a ser uma preocupação na atualidade (Matos *et al.*, 2020). Os seus efeitos na saúde humana dependem da duração do tempo de exposição e da concentração à qual uma pessoa está exposta, podendo variar desde simples irritação ocular, dor de cabeça e náuseas (em concentrações até 50-100 ppm) até à paragem respiratória ou mesmo morte instantânea (Matos, 1992; WHO, 2000).

Ao realizar atividades de operação e manutenção (O&M), os trabalhadores são sujeitos a uma série de riscos acrescidos de segurança e saúde (S&H), originando frequentemente acidentes e pedidos de indemnização. Estes perigos são gravemente agravados em estruturas confinadas, tais como órgãos de retenção de caudal, tanques ou estações elevatórias, que são frequentemente mal ventilados. Estas situações levaram à criação ou melhoria de quadros regulamentares e diretrizes sobre práticas e métodos de segurança, tais como a norma sobre a Série de Avaliação de Saúde e Segurança do Trabalho (OHSAS 18001) ou a Diretiva 2009/161/UE da Comissão Europeia, entre outras. Estes documentos incluem diretrizes

específicas para a utilização de equipamento de proteção individual (EPI) para trabalhadores de sistemas de saneamento, bem como recomendações sobre limites máximos de exposição a H_2S (variando entre 5 e 10 ppm num turno de trabalho, até um máximo de 50 ppm de exposição instantânea).

Em suma, o sulfureto de hidrogénio (ou gás sulfídrico na sua forma gasosa), é uma das formas de sulfuretos dissolvidos e a sua importância para o comportamento dos sistemas deve-se, principalmente, às seguintes causas:

- Odor que provoca, que é dentro dos gerados no interior das águas residuais, dos mais intensos e desagradáveis.

- Criação de ambientes tóxicos, por vezes mortais, no interior de atmosferas confinadas ou mal ventiladas.

- Criação de condições para a ocorrência de corrosão em coletores, câmaras de visita, poços de bombagem, câmaras repartidoras de caudal e órgãos ou equipamentos de estações de tratamento.

- Contribuição para a ocorrência, em situações excecionais, de atmosferas explosivas.

- Contribuição para o mau ou irregular funcionamento de estações de tratamento.

Existem diversas estratégias para o controlo eficaz de sulfuretos em sistemas de drenagem, que se focam tanto na prevenção da formação e libertação de H_2S quanto na mitigação de seus efeitos nas infraestruturas. Essas estratégias incluem a otimização do dimensionamento das infraestruturas para minimizar a geração de sulfuretos, estratégias de controlo na origem, melhorias na resistência das tubagens à corrosão e a redução da emissão de H_2S das águas residuais para a fase gasosa.

Sempre que possível, devem ser adotadas estratégias preventivas no planeamento dos sistemas de drenagem de modo a minimizar os custos de operação e manutenção e maximizar a vida útil dos ativos. Esses métodos incluem o aumento do rearejamento, incorporando quedas em câmaras de visita quando for evidente que há abundância de oxigénio dissolvido (normalmente em trechos a montante), ou minimizando a turbulência em quedas e câmaras de transição quando se espera que o efluente esteja em condições sépticas ou quase sépticas (a jusante de longos trechos), a fim de minimizar o *stripping* (libertação de H_2S devido a turbulência do escoamento).

Apresentam-se no capítulo 9.3.4 as principais opções de controlo de sulfuretos e gás sulfídrico usualmente utilizadas no controlo de sulfuretos em sistemas de drenagem de águas residuais. Estas podem ser aplicadas na fase líquida ou gasosa, através de diferentes processos químicos ou biológicos, ou passar por reforço dos materiais construtivos.

5.2.5.2 Aspetos críticos no sistema de saneamento da Maia

O sistema de saneamento de águas residuais do concelho da Maia apresenta um conjunto de características que potenciam usualmente a formação de sulfuretos ao longo do sistema, nomeadamente:

- mais de 80 sistemas elevatórios, onde o escoamento em pressão nas condutas elevatórias, é mais propício a situações de anaerobiose;
- presença de algumas unidades industriais;
- alguns coletores e emissários de elevada extensão e tempo de retenção hidráulico.

Crê-se provável que estas situações possam originar concentrações de sulfuretos superiores a 1 mg/l no sistema, facto que é corroborado pelas ocorrências de reclamações de odores nas imediações das ETAR (sobretudo em Ponte de Moreira).

5.2.5.3 Modelação do sistema de saneamento da Maia com recurso ao AeroSept+

5.2.5.3.1 Descrição sumária do modelo AeroSept+

O modelo AeroSept+ (Matos, J. S., 1992), adaptado à linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA), permite a avaliação da evolução da concentração dos parâmetros de oxigénio dissolvido (OD), sulfuretos totais e sulfureto de hidrogénio (massa líquida), bem como a libertação de sulfureto de hidrogénio (gás sulfídrico) para a fase gasosa.

O programa desenvolve-se em quatro módulos principais (Figura 5.33), de cálculo sequencial, que permitem inicialmente o cálculo dos parâmetros hidráulicos do escoamento, seguido da determinação da evolução do oxigénio dissolvido ao longo do escoamento (fase aeróbia), da determinação de parâmetros relacionados com a potencial formação de sulfuretos na massa líquida (fase séptica) e por último, da determinação da concentração do gás sulfídrico na atmosfera gasosa dos coletores. Nos quatro módulos considerados, a modelação será realizada sempre de montante para jusante do sistema de drenagem.

Previamente à aplicação do modelo, é necessário que esteja definida a configuração geral do sistema, nomeadamente a numeração dos trechos, nós de montante e jusante, diâmetro, comprimento e inclinação dos coletores, material, população e/ou caudais afluentes a cada nó de cálculo, bem como a existência de quedas.

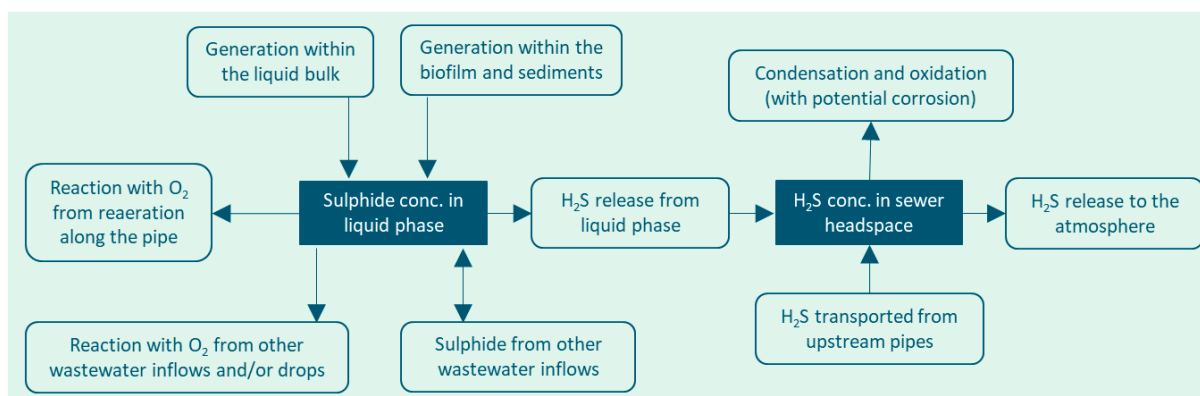


Figura 5.33 – Interações para simulação da formação e remoção de sulfuretos consideradas no AeroSept+.

É sabido que a concentração de sulfureto num determinado ponto da rede depende de uma combinação de fatores, relacionados tanto com a qualidade da água residual como com aspetos hidráulicos. Dada a incerteza associada à evolução futura do sistema, é usualmente considerado uma boa prática simular um conjunto de cenários possíveis, de forma a minimizar a incerteza e fornecer uma gama de resultados prováveis, que contribuam para uma tomada de decisão mais informada em termos de conceção e operação dos sistemas.

Para o efeito, consideraram-se como parâmetros variáveis entre os cenários os representados no Quadro 5.6.

Quadro 5.6 – Parâmetros de simulação a variar nos cenários no AeroSept+

Variáveis	Valores admitidos		
Temperatura do efluente (°C)	15		
	19		
	23		
pH	7		
	7.5		
	8		
CBO ₅ (mg O ₂ /l)	P. Moreira	Parada	Cambados
	320	180	210
	380	195	300
	545	275	480
kp	0.0004		
	0.0006		
	0.0008		
f OD	0.05		
	0.15		
	0.25		
SO ₄ ²⁻	45		
	60		
	80		

Para cada parâmetro foi atribuído um valor mínimo, central e máximo. Os valores centrais para os parâmetros de qualidade das águas residuais (SO₄²⁻, temperatura e pH) foram definidos com base em valores típicos da literatura para águas residuais. No que se refere aos valores de CBO₅, estes tiveram em conta as concentrações médias obtidas no autocontrolo dos SMAS da Maia, para o ano de 2023, para as três ETAR do sistema.

Kp refere-se ao parâmetro empírico da equação de geração de sulfuretos em condutas sob pressão, e que varia entre 0,0004 e 0,001 m/h, dependendo da relação entre os períodos de repouso e de bombagem. Devem ser escolhidos valores mais próximos de 0,001 m/h quando os períodos de repouso são longos e predominam sobre os de bombagem. Tendo em conta que se trata de um parâmetro empírico e que não existem dados de calibração disponíveis, foi selecionado um intervalo alargado, entre 0,0004 e 0,0008 m/h.

f_{OD} refere-se à fração da concentração de saturação de oxigénio dissolvido nos caudais afluentes (utilizada para estimar o balanço de OD em cada conduta). Assim, foram considerados intervalos típicos entre 0,05 e 0,25.

Tendo em conta os parâmetros apresentados, foram definidos 10 cenários de simulação para condições médias do Ano 0, nomeadamente:

- ☒ Cenário menos favorável à libertação de H_2S : A0_Min
- ☒ Cenário mais favorável à libertação de H_2S : A0_Max
- ☒ Um conjunto aleatório de valores para 8 execuções do modelo (A0_S1-A0_S8)

O cenário mais desfavorável (A0_Max) é determinado através da atribuição de combinações de valores dos parâmetros que, teoricamente, maximizam a geração de sulfuretos (e consequente libertação de H_2S), como temperaturas elevadas e maiores concentrações de SO_4^{2-} ou CBO_5 . Em contraste, o melhor cenário (A0_Min) é definido por valores de parâmetros que se espera que minimizem a geração de sulfuretos. Todos os restantes cenários intermédios resultam de uma combinação aleatória de parâmetros de simulação, dentro dos intervalos especificados no Quadro 5.6.

5.2.5.3.2 Sistema simulado e principais resultados obtidos

SUB-SISTEMA DE PONTE DE MOREIRA

Representa-se na Figura 5.34 a rede conceptual simplificada (Modelo Base) utilizada para simular a evolução do oxigénio dissolvido, sulfureto e sulfureto de hidrogénio, através do modelo AeroSept+, do sub-sistema de Ponte de Moreira.

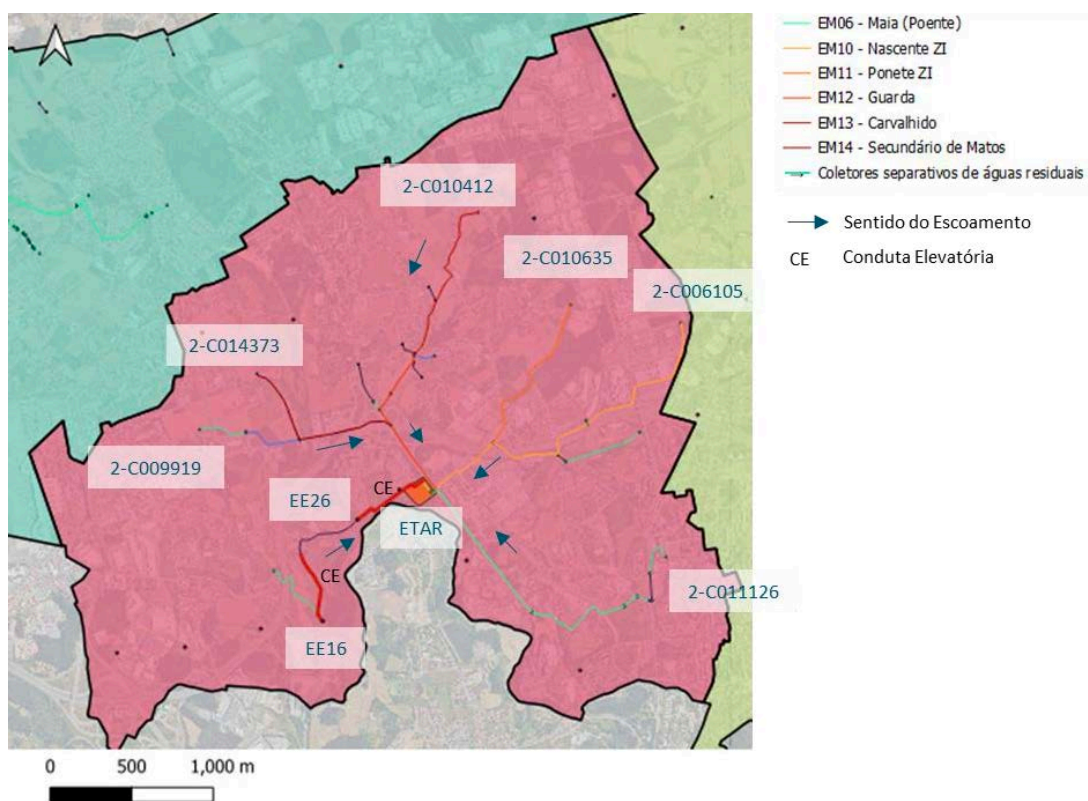


Figura 5.34 – Representação esquemática do sub-sistema de Ponte de Moreira simulado em AeroSept+

De acordo com o exposto no ponto anterior, sintetizam-se no Quadro 5.7 os diferentes cenários de simulação usados para avaliação de septicidade e odores no sistema de Ponte de Moreira.

Quadro 5.7 – Cenários de simulação de septicidade em AeroSept+ para o sub-sistema de Ponte de Moreira

Código	Temperatura	pH	CBO ₅	kp	fOD	SO ₄ ²⁻
A0_S1	15	7	545	0.0008	0.250	80
A0_S2	23	8	320	0.0006	0.050	60
A0_S3	23	7	320	0.0006	0.150	60
A0_S4	23	8	545	0.0004	0.050	60
A0_S5	19	8	380	0.0008	0.250	60
A0_S6	19	7	545	0.0006	0.250	80
A0_S7	19	7.5	545	0.0004	0.050	45
A0_S8	15	7	320	0.0004	0.150	80
A0_Min	15	8	320	0.0004	0.25	45
A0_Max	23	7	545	0.0008	0.05	80

A população equivalente por sub-bacia foi adicionada aos nós do modelo, perfazendo um total de 21 941 habitantes equivalentes, tendo-se considerado uma captação de 145 l/hab.dia.

Apresentam-se na Figura 5.35 e Figura 5.36 os resultados da simulação da concentração de oxigénio dissolvido (OD) e sulfuretos totais (S_T) na massa líquida, bem como da concentração de gás sulfídrico (H₂S_g) na atmosfera dos coletores.

As figuras referem-se aos resultados simulados para os seguintes trechos:

- ☒ Trecho 1: Estação Elevatória (EE) 16 → Estação Elevatória (EE) 26 → ETAR de Ponte de Moreira
- ☒ Trecho 2 (EM 06): 2-C011126 → ETAR

Em todas as figuras apresentadas, a linha verde contínua representa o cenário mais favorável em termos de concentração de H₂S(g) (A0_Min), enquanto a linha azul escura tracejada representa o pior cenário, que maximiza a emissão de gás sulfídrico (A0_Max). Todos os restantes cenários intermédios são representados por linhas cinzentas contínuas.

O trecho 1 (EE16 → ETAR) apresenta condições para a geração de sulfuretos nas duas condutas elevatórias (CE) existentes. Como se pode observar na Figura 5.35 os resultados de simulação indicam que o oxigénio dissolvido vai sendo gradualmente consumido até atingir valores nulos. Verifica-se também a formação de sulfuretos nas CE, e subsequente libertação de H₂S a jusante das mesmas.

Pelos resultados das simulações obtidas, poder-se-iam esperar as seguintes condições:

- ☒ Picos de concentração de sulfuretos na massa líquida a variar entre 0,3 e 6,0 mg/l a jusante da descarga das condutas elevatórias.

- ☒ Picos de gás sulfídrico a jusante da CE da EE16 até um máximo de 140 ppm, e cerca de 42 ppm a jusante da CE da EE26 (cenário mais desfavorável). Nos cenários intermédios, os picos de H_2S no interior da fase gasosa do coletor rondam os 20-30 ppm.

Para os restantes trechos do sistema simulados, verificam-se condições de aerobiose na totalidade do percurso, não sendo expectável grande formação de sulfuretos nos principais interceptores e coletores de maior diâmetro no sistema.

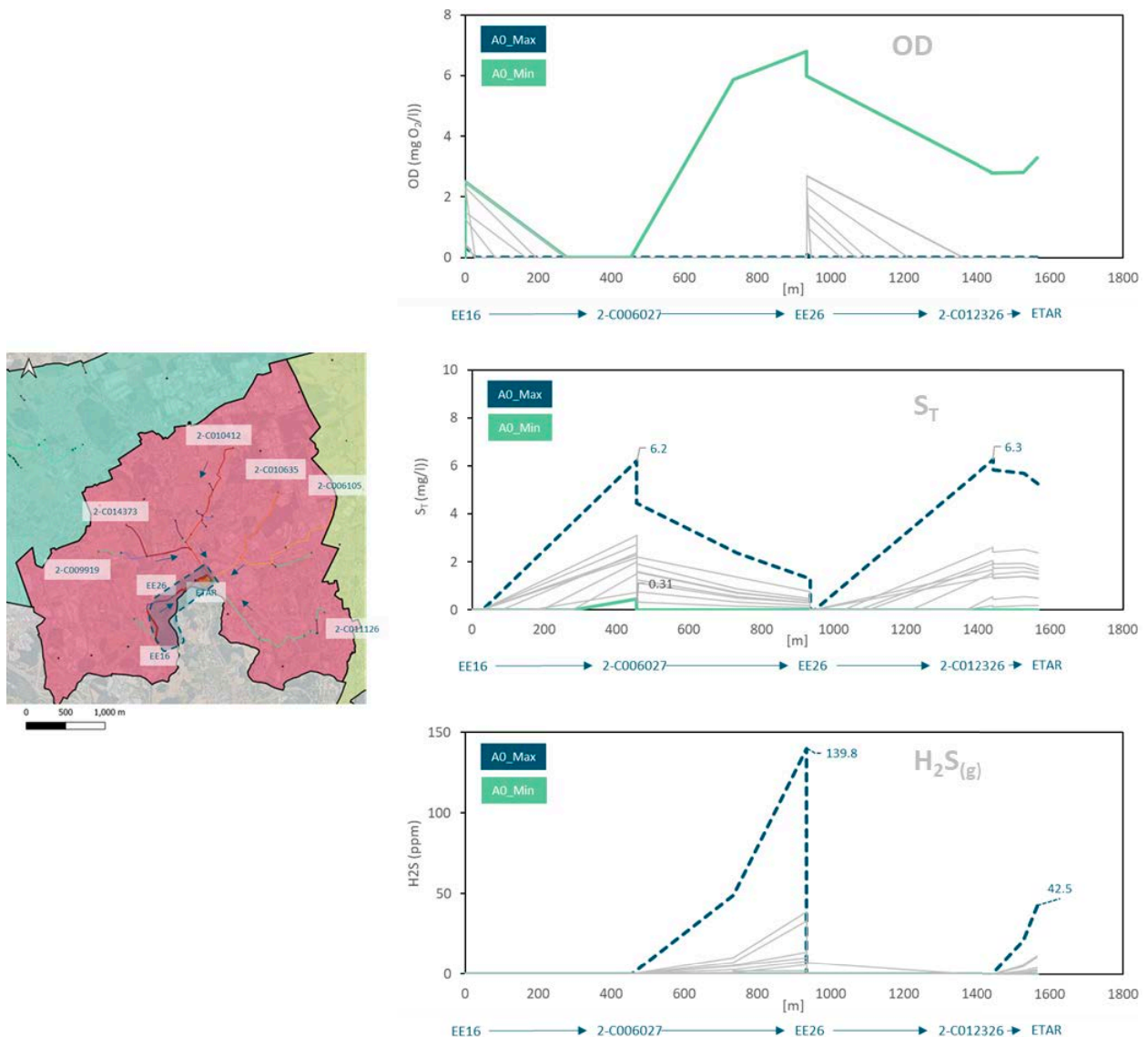


Figura 5.35 – Resultados de simulação de oxigénio dissolvido (OD) e sulfuretos totais (S_T) na fase líquida e gás sulfídrico (H₂S_(g)) na atmosfera dos coletores – Trecho 1 (Ponte Moreira)

A Figura 5.36 ilustra essa situação, para o emissário EM06 (Maia Poente). Verificam-se condições de aerobiose em toda a extensão simulada, com elevadas concentrações de oxigénio dissolvido, o que não permitirá a geração de sulfuretos na fase líquida. O nó de cálculo a montante da ETAR (2-C009892) apresenta uma concentração de H_2S na fase gasosa, uma vez

que esta câmara de visita recebe também os efluentes provenientes do coletor simulado como Trecho 1.

Importa referir que os dados de simulação se referem a valores usuais de parâmetros observados em águas residuais domésticas, não se dispondo de valores de calibração de campo. É provável que a concentração de oxigénio dissolvido observada na realidade se encontre mais próxima dos níveis do cenário A0_Max, isto é, entre os 0.5 e os 3.5 mg/l.

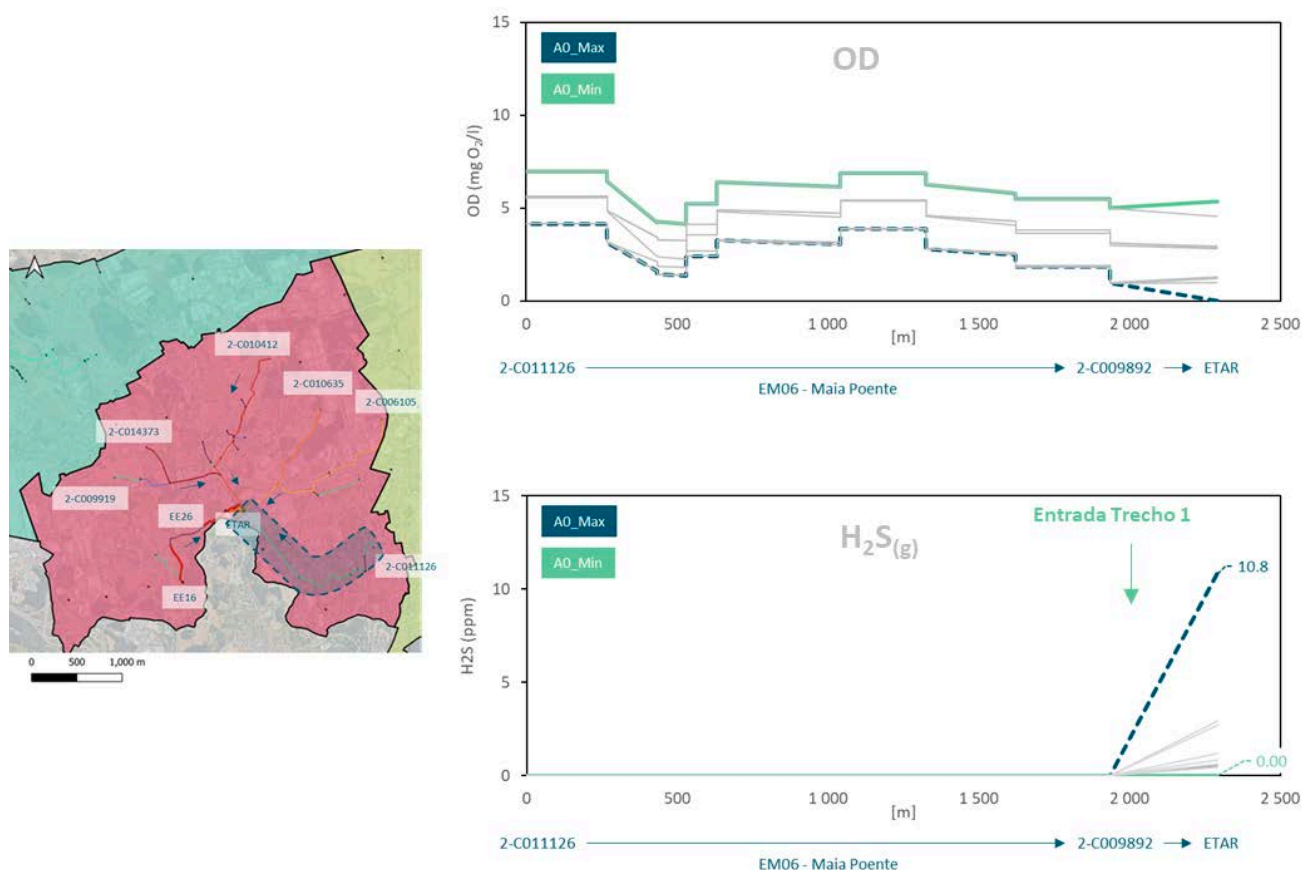


Figura 5.36 – Resultados de simulação de oxigénio dissolvido e sulfuretos totais na fase líquida e gás sulfídrico – Trecho 2 (Ponte Moreira)

SUB-SISTEMA DE PARADA

Para o sub-sistema de Parada, a rede conceptual simplificada, utilizada na simulação, compreendeu os seguintes trechos principais (Figura 5.37):

- Trecho 1: Emissário EM01 (Arquinho) → ETAR de Parada
- Trecho 2: Emissário EM07 (Leandro) → Emissário EM08 (Leça) → ETAR de Parada
- Trecho 3: Emissário EM05 (Boi Morto) → ETAR de Parada
- Trecho 4: EE24 → EE20 → EM01 (jusante) → ETAR de Parada
- Trecho 5: EE01 → Caixa 2-C013672 → ETAR de Parada

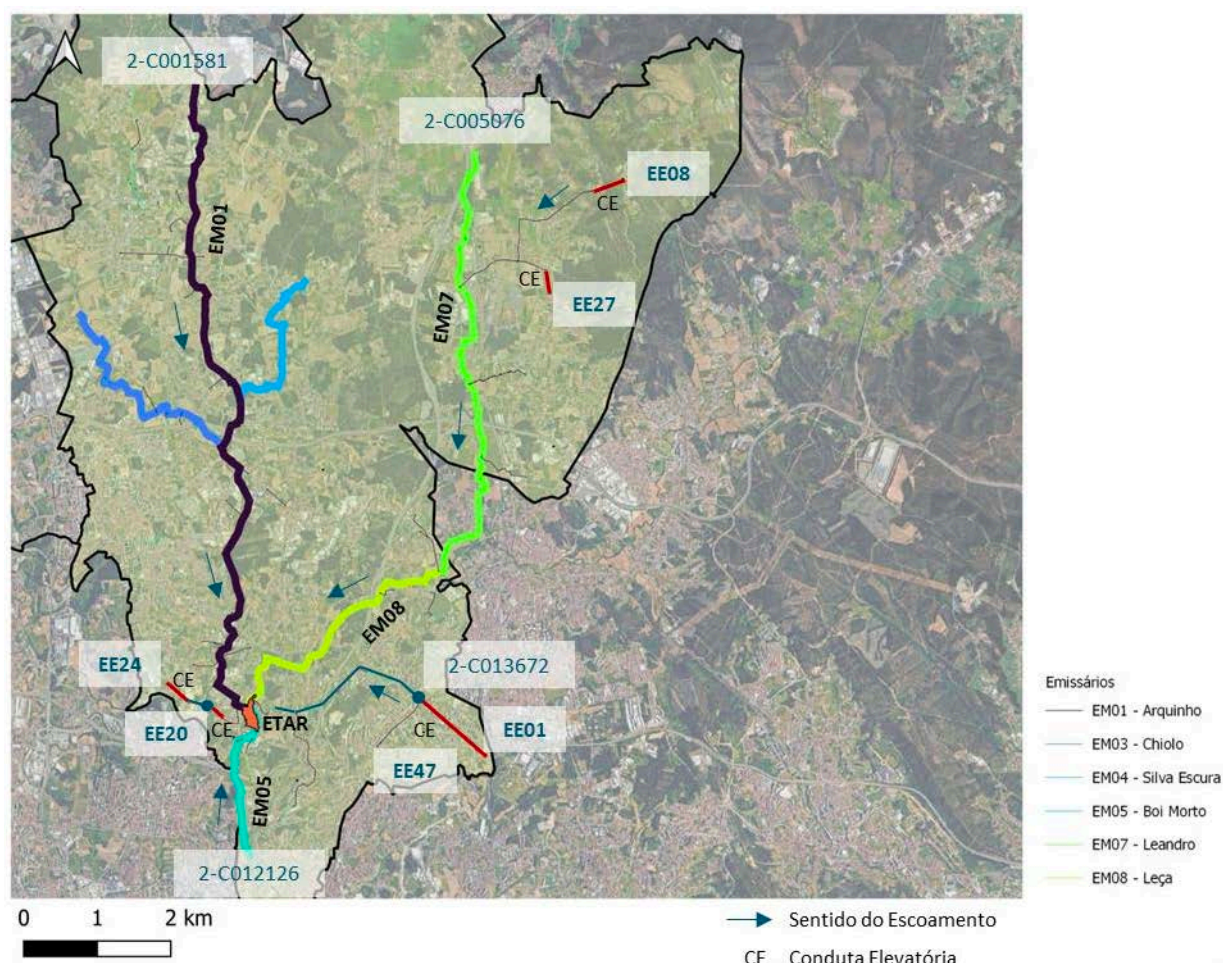


Figura 5.37 - Representação esquemática do sub-sistema de Parada simulado em AeroSept+

Os diferentes cenários de simulação usados para avaliação de septicidade e odores no sistema de Parada representam-se no Quadro 5.8.

Quadro 5.8 – Cenários de simulação de septicidade em AeroSept+ para o sub-sistema de Parada

Código	Temperatura	pH	CBO ₅	kp	fOD	SO ₄ ²⁻
A0_S1	15	8	275	0.0006	0.15	45
A0_S2	15	7	180	0.0006	0.05	45
A0_S3	19	7.5	195	0.0006	0.05	80
A0_S4	19	7	195	0.0008	0.05	80
A0_S5	15	8	195	0.0008	0.25	60
A0_S6	15	8	180	0.0004	0.25	60
A0_S7	15	7.5	275	0.0004	0.25	80
A0_S8	23	8	180	0.0008	0.15	60
A0_Min	15	8	180	0.0004	0.25	45
A0_Max	23	7	275	0.0008	0.05	80

A população equivalente por sub-bacia foi adicionada aos nós do modelo, perfazendo um total de cerca de 120 500 habitantes equivalentes, tendo-se considerado uma capitação de 145 l/hab.dia.

Apresentam-se na Figura 5.38 os resultados da simulação da concentração de gás sulfídrico (H_2S_g) na atmosfera dos coletores, por ser o parâmetro mais relevante para a avaliação de emissão de odores no sistema. Estes resultados referem-se aos trechos 1, 2, 4 e 5.

Nas figuras apresentadas, a linha verde contínua representa o cenário mais favorável em termos de concentração de $H_2S(g)$ (A0_Min), enquanto a linha azul escura tracejada representa o pior cenário, que maximiza a emissão de gás sulfídrico (A0_Max). Todos os restantes cenários intermédios são representados por linhas cinzentas contínuas.

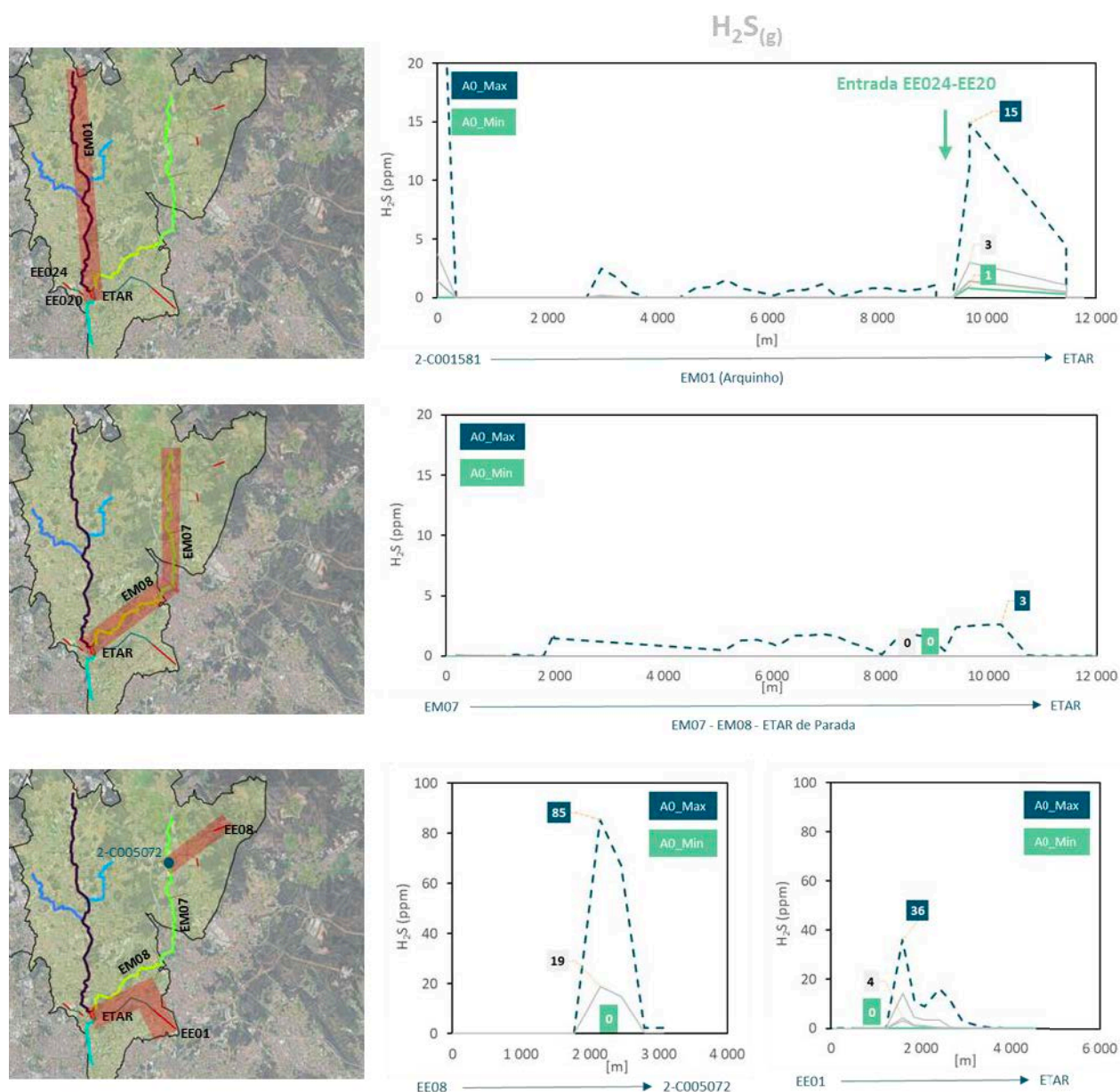


Figura 5.38 – Resultados de simulação de gás sulfídrico ($H_2S(g)$) na atmosfera dos coletores – Trechos 1, 2, 4 e 5 (Parada)

No emissário EM01 ou Emissário do Arquinho (Figura 5.38 - topo), não se preveem problemas relevantes de emissão de gás sulfídrico ao longo do percurso, exceto no trecho final junto á ETAR, devido a afluência do coletor que recebe efluentes de bombagens em série das EE24 e EE20. Nesse local poderão ocorrer concentrações de H_2S na fase gasosa a variar entre os 1 e 15 ppm. A montante desse ponto, apenas se prevê libertação de gás sulfídrico no cenário mais desfavorável (A0_Max), na generalidade com concentrações abaixo de 5 ppm.

A situação é semelhante para os emissários EM07 e EM08, onde apenas se prevê a possibilidade de libertação de gás sulfídrico no cenário desfavorável (Figura 5.38 - meio), onde não é expectável que os picos de concentração do gás ultrapassem os 3 ppm. Os resultados de simulação para o emissário a sul da ETAR (EM05) indicam que o escoamento ocorre em condições de aerobiose, e por isso não se prevê emissão de gás sulfídrico nessas condições (não incluído na figura).

Neste sistema, e como seria expectável, os potenciais problemas de libertação de odores associados à emissão de H_2S ocorrerão a jusante das condutas elevatórias. Como se ilustra na Figura 5.38 (fundo), a jusante das estações elevatórias EE01 e EE08, os picos de concentração de gás sulfídrico poderão atingir cerca de 35-85 ppm, respetivamente, para o cenário mais desfavorável de simulação. Crê-se, no entanto, que os cenários intermédios sejam mais representativos das condições usuais de operação, e que os picos de H_2S na atmosfera dos coletores nesses locais se situem abaixo dos 5-20 ppm (cenários a linha cinzenta).

SUB-SISTEMA DE CAMBADOS

A rede conceptual simplificada, utilizada na simulação do sistema de Cambados encontra-se representada na Figura 5.39.

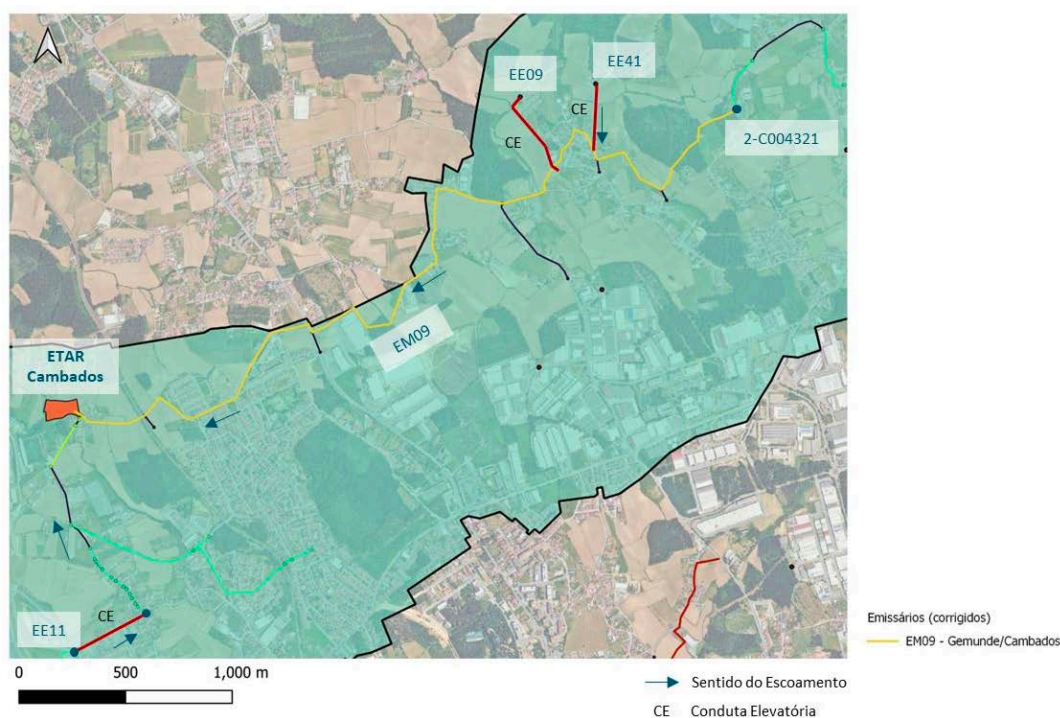


Figura 5.39 - Representação esquemática do sub-sistema de Parada simulado em AeroSept+

Os diferentes cenários de simulação usados para avaliação de septicidade e odores no sistema de Cambados representam-se no Quadro 5.9.

Quadro 5.9 – Cenários de simulação de septicidade em AeroSept+ para o sub-sistema de Cambados

Código	Temperatura	pH	CBO ₅	kp	fOD	SO ₄ ²⁻
A0_S1	15	8	480	0.0006	0.250	45
A0_S2	15	7.5	480	0.0004	0.150	45
A0_S3	23	8	300	0.0004	0.250	80
A0_S4	19	7.5	210	0.0004	0.250	80
A0_S5	23	8	210	0.0006	0.150	45
A0_S6	23	8	210	0.0006	0.050	80
A0_S7	15	8	480	0.0008	0.150	80
A0_S8	19	7.5	300	0.0006	0.250	45
A0_Min	15	8	210	0.0004	0.25	45
A0_Max	23	7	480	0.0008	0.05	80

A população equivalente por sub-bacia foi adicionada aos nós do modelo, perfazendo um total de cerca de 13 650 habitantes equivalentes, tendo-se considerado uma capitação de 145 l/hab.dia, como para os sub-sistemas anteriores.

Apresentam-se na Figura 5.38 os resultados da simulação da concentração de gás sulfídrico (H₂S_g) na atmosfera dos coletores, por ser o parâmetro mais relevante para a avaliação de emissão de odores no sistema, para os seguintes trechos simulados:

Trecho 1: EE1 → ETAR de Cambados

Trecho 2: EM09 → ETAR de Cambados

Os resultados de simulação indicam o potencial de libertação de gás sulfídrico a jusante da conduta elevatória da EE1, podendo ocorrer transporte de gás sulfídrico na atmosfera do coletor, para jusante, até à ETAR (Figura 5.40 - topo). Dada a ampla variação das condições de escoamento e qualidade do efluente (e, por conseguinte, de simulação), os picos de concentração de gás sulfídrico na câmara de transição da CE da EE1 poderão variar entre 1 ppm (no cenário mais favorável) e mais de 65 ppm (no cenário mais desfavorável, Ao_Max). Contudo, é expectável que na maioria das situações usuais de operação, estas concentrações se situem abaixo dos 10 ppm.

No emissário EM09 é possível que ocorra alguma emissão de gás sulfídrico ao longo do percurso, devido a entradas de efluente já séptico, como por exemplo das estações elevatórias EE41 e EE09. No entanto, para a maioria dos cenários simulados, os picos de concentração ao longo do percurso são reduzidos, abaixo de 2 ppm. Apenas no cenário mais desfavorável se admite que possam superar os 20 ppm.

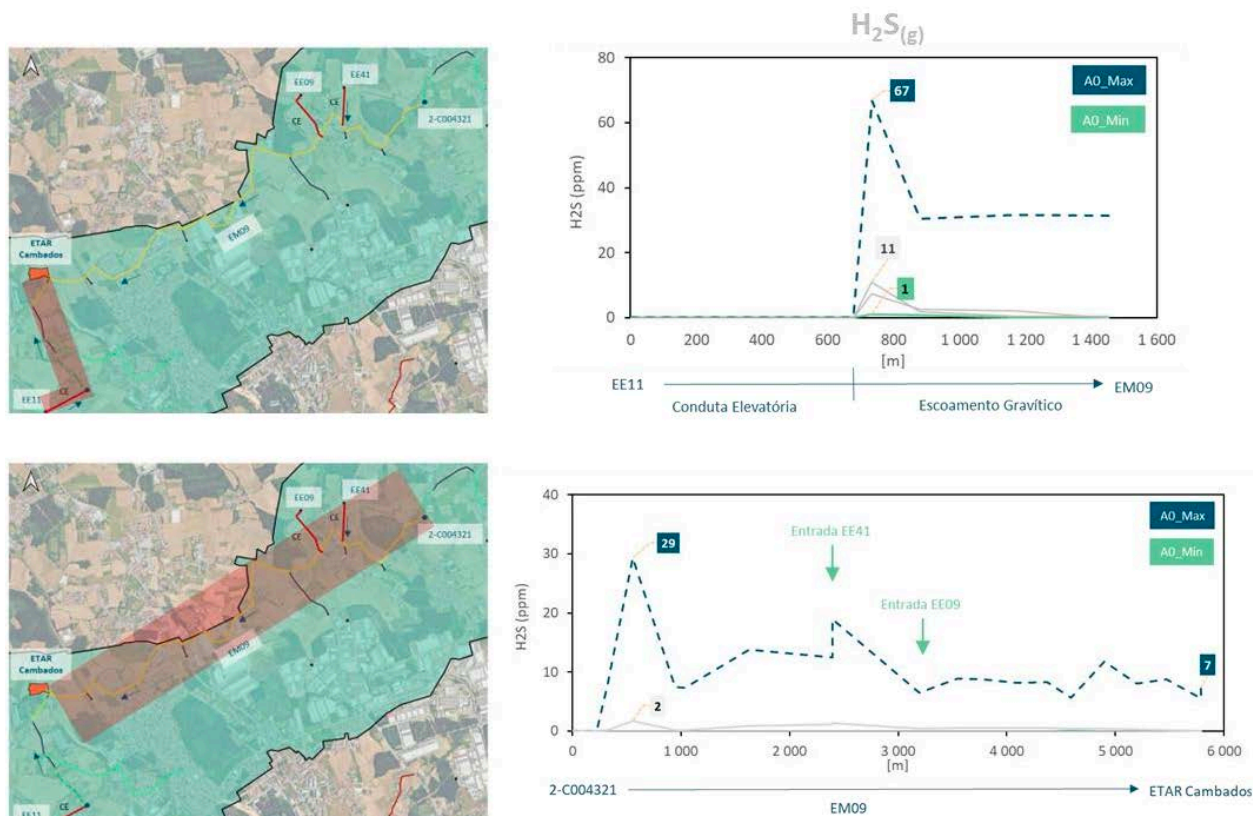


Figura 5.40 - Resultados de simulação de gás sulfídrico ($H_2S_{(g)}$) na atmosfera dos coletores – Trechos 1 e 2 (Cambados)

Em suma, os principais emissários dos três sub-sistemas de saneamento da Maia possuem diâmetros e características (nomeadamente velocidades médias de escoamento e quedas) que permitem o escoamento em aerobiose durante uma parte significativa do tempo. No entanto, o elevado número de estações elevatórias (e escoamentos em pressão) potenciam a formação de sulfuretos, e conseguinte libertação de gás sulfídrico a jusante das mesmas. A análise feita no presente documento cinge-se aos trechos principais, não englobando a totalidade dos coletores de menor dimensão, sobretudo a jusante das condutas elevatórias do sistema, que poderão, em casos pontuais, ser também fontes de emissão de odores.

No que se refere ao potencial corrosivo do ácido sulfúrico, que pode ser gerado através do H_2S em ambientes de elevada humidade relativa, verifica-se que a maior parte dos coletores e emissários são de material plástico, e por isso não serão suscetíveis a esse fenómeno. No entanto, ressalva-se a existência de materiais metálicos (como escadas ou tampas de câmaras de visita), que podem ser alvo de corrosão, em localizações chave do sistema, isto é, a jusante de condutas elevatórias de maior extensão.

As simulações efetuadas englobam uma gama ampla de variação dos parâmetros de modelação, de forma a poder minimizar a incerteza associada, e fornecer uma orientação inicial dos locais que poderão ter potenciais problemas de libertação de odores ofensivos. Recomenda-se, no entanto, a recolha de dados de calibração, nas secções onde se esperam maiores concentrações de gás sulfídrico, para se poder reduzir a incerteza e afinar as medidas necessárias.

Estes dados deverão passar por medições de $H_2S_{(g)}$ na fase gasosa do coletor, bem como da concentração de CBO_5 , temperatura do efluente, pH, sulfato e oxigénio dissolvido na fase líquida.

Não obstante, e tendo em conta os resultados de simulação obtidos, apresentam-se no capítulo 9.3.4 as principais estratégias para controlo de sulfuretos, e minimização da libertação de gás sulfídrico nos sistemas.

5.3 ASPETOS ESTRUTURAIS E OPERACIONAIS

Tal como mencionado anteriormente, no Capítulo 5.1 (Metodologia de diagnóstico e avaliação), a avaliação estrutural foca-se na investigação da condição estrutural das infraestruturas do sistema, que pode ser realizada através de abordagens como inspeção CCTV ou através de observações durante rotinas de manutenção. A investigação estrutural está, por isso, relacionada com os aspetos operacionais, nomeadamente no que respeita aos procedimentos de rotina e de inspeção e aos procedimentos relacionados com incidentes. A informação disponível relacionada com estes aspetos é limitada, o que por si só é um indicador da necessidade de melhoria, na metodologia de registo.

No que respeita à condição estrutural das infraestruturas, o levantamento cadastral inclui dados, nomeadamente no que respeita às condições de acesso e estado das tampas das câmaras de visita. Destes dados, destaca-se que 79% das câmaras de visita são classificadas como de boa acessibilidade e que cerca de 10% apresentam a tampa calcinada.

Os trabalhos a desenvolver no âmbito do projeto de redução de afluências indevidas incluem um diagnóstico detalhado da rede de drenagem com recurso a inspeção CCTV, e serão de extrema utilidade por permitirem realizar uma avaliação extensiva da condição estrutural das infraestruturas de drenagem e a priorização de infraestruturas a reabilitar ou substituir.

No âmbito dos aspetos operacionais, para além da necessidade de melhoria na metodologia dos registos de ocorrências, salientam-se alguns indicadores a dar especial importância, nomeadamente os indicadores *AR04 – Ocorrência de inundações*, *AR11 – Monitorização da condição de coletores*, *AR14 – Adequação dos recursos humanos no tratamento* e *AR15 – Adequação dos recursos humanos na recolha e drenagem*.

No Capítulo 7, apresentam-se os dados de indicadores, entre 2018 e 2023, de qualidade do serviço, bem como uma análise dos mesmos, incluindo do AR04, AR14 e AR15.

6. CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O diagnóstico de desempenho do sistema de saneamento inclui todas as infraestruturas que o constituem, nomeadamente coletores e ETAR. Para avaliação do desempenho global do sistema importa tecer considerações de desempenho hidráulico e ambiental, bem como de qualidade estrutural e capacidade operacional (aspetos referidos no Capítulo 5.1 - Metodologia de diagnóstico e avaliação).

As principais preocupações dos SMAS da Maia, nomeadamente, o impacto de aflúncias indevidas no sistema, a satisfação da legislação no que respeita a descarga de efluentes, e o impacto das alterações climáticas estão fortemente relacionadas com o desempenho das ETAR, cujo diagnóstico é realizado no presente capítulo.

6.2 ETAR DE CAMBADOS

A ETAR de Cambados (Figura 6.1), está localizada na freguesia de Vila Nova da Telha, no concelho da Maia. Esta infraestrutura trata as águas residuais urbanas de toda a freguesia de Vila Nova de Telha e de parte das freguesias de Moreira e Castêlo da Maia, que chegam à ETAR através do emissário gravítico de Gemunde/Cambados.



Figura 6.1 – Vista aérea da ETAR de Cambados.

A funcionar desde 1985, esta ETAR foi dimensionada para servir 26 000 habitantes equivalentes, para um caudal médio diário de 7 040 m³/dia. A ETAR foi posteriormente ampliada duas vezes, sendo a última intervenção datada do ano 2000. Na Figura 6.2 apresenta-se a representação esquemática do processo de tratamento preconizado na ETAR.



Em termos de constrangimentos, refere-se que a atual obra de entrada não tem capacidade para tratar a totalidade do caudal afluyente de tempo húmido. O perfil hidráulico nos decantadores necessita de correção, a linha de lamas necessita de revisão e deve prever-se um sistema de tratamento compatível com água para reutilização.

Os registos fornecidos da ETAR de Cambados evidenciam um aumento do volume total tratado de 903 132 m³ para 1 119 014 m³ (+24%), em 2022 e 2023, respetivamente, sendo que o volume médio mensal tratado nestes anos foi de 75 621 m³ e 93 251 m³ (Figura 6.3). O aumento de volumes tratados em época de chuva é indiciador da necessidade de atuar na rede, no sentido de controlar afluências indevidas, seja pelo escoamento direto (precipitação útil), seja por infiltração.

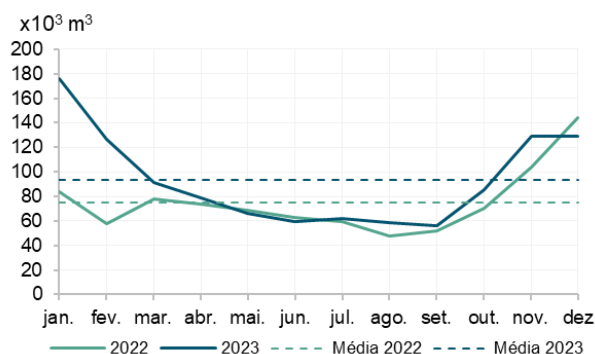


Figura 6.3 – Volume tratado no período de 2022-2023 na ETAR de Cambados.

A Figura 6.4 apresenta as características do afluyente e eficiências de remoção nos anos de 2022 e 2023, com base nos registos mensais de autocontrolo da ETAR. Tendo em conta os dados disponibilizados, verifica-se que a ETAR de Cambados cumpre os valores limite de emissão para os parâmetros que constam na respetiva licença de utilização (20 mg CBO₅/l, 125 mg CQO/l, 35 mg SST/l e 8 mg P/l).

Apresenta-se, na Peça Desenhada 12, a implantação da ETAR de Cambados, após a última remodelação de 2020.

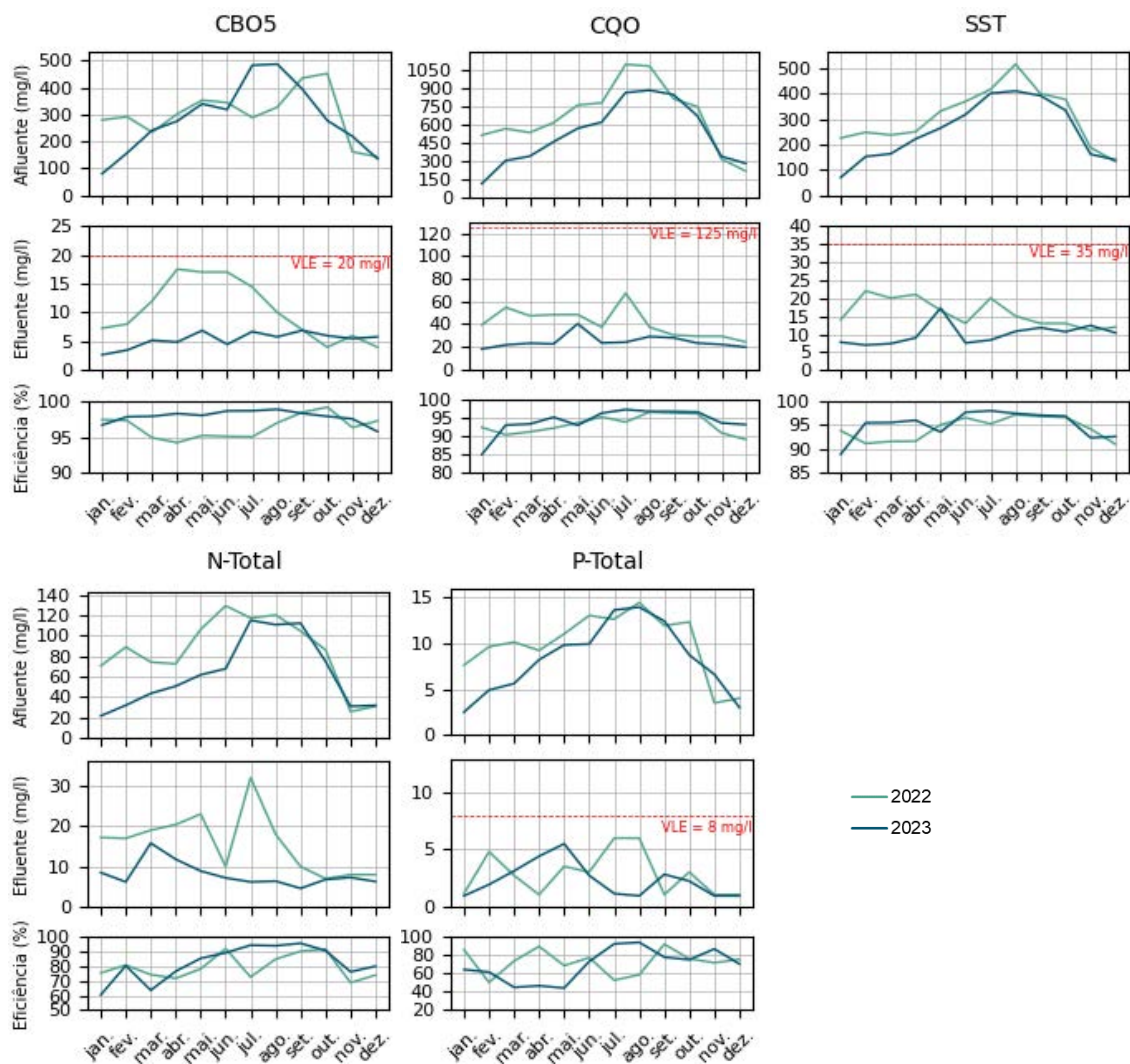


Figura 6.4 – Valores de concentração no afluente, efluente e eficiência de remoção dos parâmetros de CBO₅, CQO, SST, N-Total e P-Total no período de 2022-2023 na ETAR de Cambados.

6.3 ETAR DE PONTE DE MOREIRA

A ETAR de Ponte de Moreira (Figura 6.5), construída em 1997, está localizada na freguesia de Moreira, concelho da Maia. O seu recinto compreende uma área de aproximadamente 1,9 ha entre as cotas 32,7 m e 40,0 m, apresentando uma inclinação média de aproximadamente 4%.



Figura 6.5 – Vista aérea da ETAR de Ponte de Moreira.

O tratamento da ETAR baseia-se no processo de lamas ativadas em média carga, com descarga do efluente tratado no rio Leça. As lamas resultantes do processo são estabilizadas anaerobiamente e desidratadas mecanicamente por filtros de banda. A ETAR foi dimensionada para uma capacidade de cerca de 39 000 habitantes equivalentes.

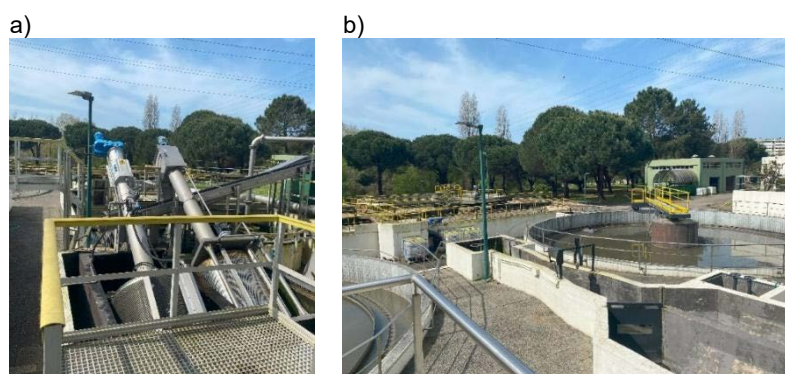


Figura 6.6 - Vistas da ETAR de Ponte de Moreira: a) obra-de-entrada, b) vista de medição de caudal e decantação.

O tratamento da fase líquida consiste em três etapas fundamentais, que incluem as seguintes operações e processos unitários:

1. Tratamento preliminar:
 - a. Retenção de sólidos grosseiros por meio de dois tamisadores de tambor rotativo com espaçamento entre barras de 3 mm e remoção dos tamisados por meio de dois parafusos transportadores / compactadores;
 - b. Retenção de areias num desarenador do tipo “Pista” / vórtex, com extração das mesmas para um classificador;

- c. Descarregador Parshall construído diretamente no canal de betão, onde é medido o caudal tratado na ETAR.
- 2. Tratamento primário
 - a. Sedimentação de matérias em suspensão em dois decantadores primários, em paralelo.
- 3. Tratamento secundário (lamas ativadas em média carga)
 - a. Tratamento biológico em dois tanques de arejamento, em paralelo, que constituem os reatores biológicos do processo de lamas ativadas, atuando em série com dois decantadores secundários associados em paralelo. Os tanques de arejamento são do tipo de mistura completa, munidos de arejadores do tipo fixo de eixo vertical, instalados à superfície.
 - b. A separação entre as lamas provenientes dos tanques de arejamento e o efluente final da ETAR efetua-se nos decantadores secundários. O clarificado dos decantadores secundários constitui o efluente da ETAR, sendo conduzido ao meio recetor que é o rio Leça.
 - c. A recirculação das lamas para os reatores biológicos é realizada através de um sistema elevatório com 3 (2+1) grupos eletrobomba.

O tratamento das lamas em excesso é alcançado através de:

- 1. As lamas secundárias em excesso são conduzidas através do sistema elevatório de recirculação até à caixa de repartição para os decantadores primários. Nas fossas inferiores dos decantadores primários, as lamas mistas (lamas primárias e secundárias misturadas) pré-adensadas, são retiradas por pressão hidrostática e posteriormente elevadas para os 3 digestores anaeróbicos a frio, por meio de um sistema constituído por 2 (1+1) grupos eletrobomba.
- 2. Dos digestores anaeróbios a frio, as lamas são conduzidas para desidratação mecânica em dois filtros banda.
- 3. As escorrências da desidratação, bem como os sobrenadantes dos digestores anaeróbios a frio, são enviados para a estação elevatória de recirculação de lamas biológicas.

O diagrama do tratamento atual preconizado na ETAR encontra-se representado na Figura 6.7.

Os caudais tratados atualmente na ETAR são muito limitados, com a maioria das medições médias e de ponta horárias abaixo de 154 m³/h (42.8 l/s) e 282 m³/h (78.3 l/s), respetivamente.

Atualmente, a ETAR apresenta um condicionalismo hidráulico, sendo que, para valores de caudal acima de 90 L/s, os decantadores primários existentes afogam e o efluente começa a ser descarregado através da tremonha de recolha de escumas na superfície dos decantadores. Adicionalmente, os três digestores anaeróbios a frio, com um volume total de 2 800 m³, não têm capacidade para digerir as lamas produzidas na ETAR, crescendo, ainda, o impacte conhecido da libertação de maus odores. Mesmo que a capacidade dos digestores fosse adequada, o tipo de tratamento já não é considerado como adequado ao local de implantação da ETAR (próximo de zonas de habitação, escritórios e zonas de lazer).

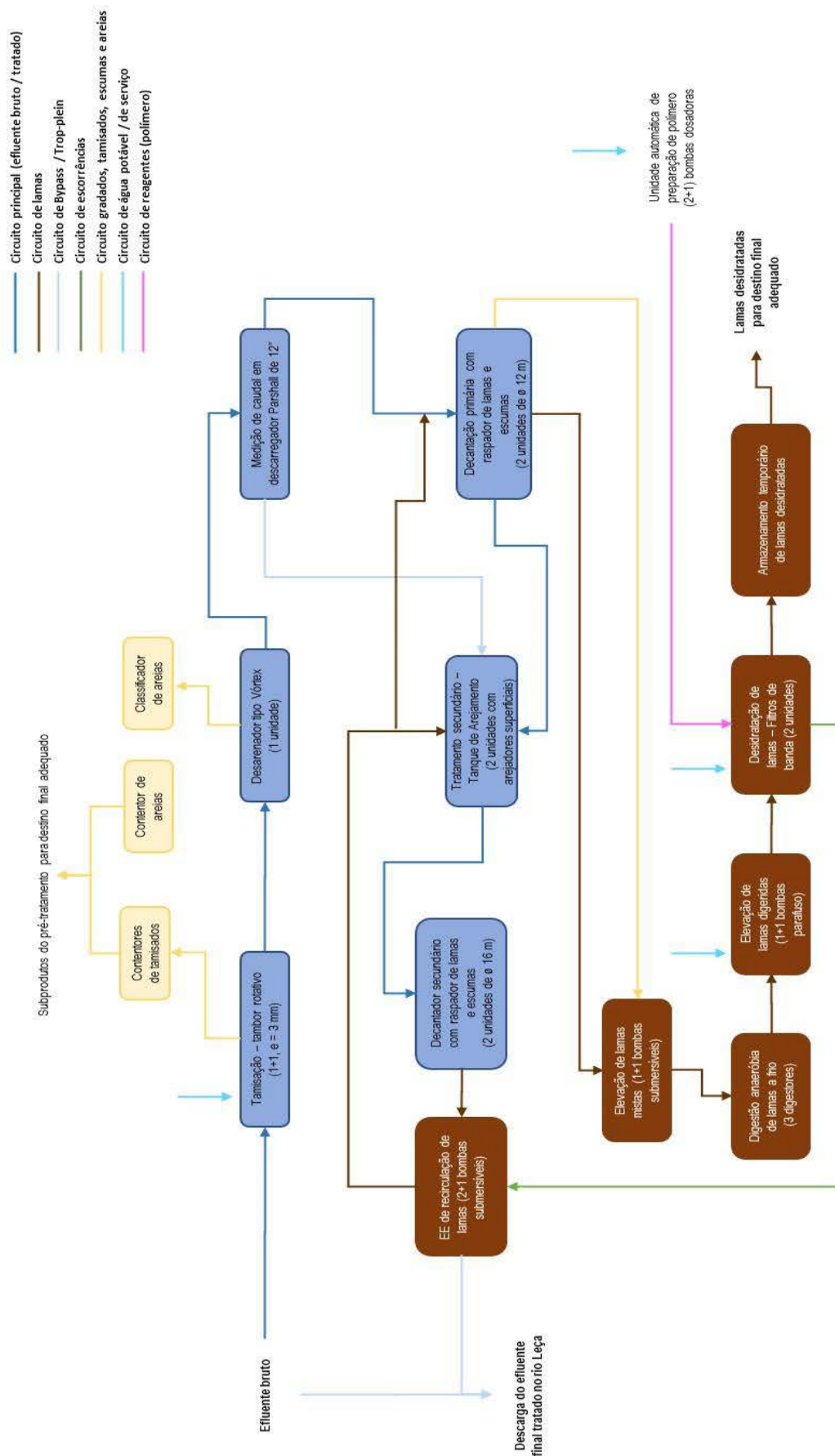


Figura 6.7 – Diagrama de funcionamento atual da ETAR de Ponte de Moreira (COBA, 2024a).

No que respeita aos volumes tratados na ETAR de Ponte de Moreira, entre 2022 e 2023, foi registado um aumento de 20%, passando de 601 151 m³ para 721 776 m³, sendo o volume médio tratado mensal de 50 096 m³ e 60 148 m³, respetivamente (Figura 6.8).

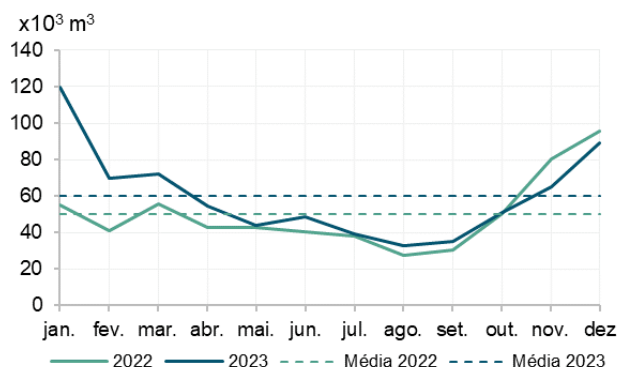


Figura 6.8 – Volume tratado no período de 2022-2023 na ETAR de Ponte de Moreira.

A Figura 6.9 apresenta as características do afluente e eficiências de remoção nos anos de 2022 e 2023, com base nos registos mensais de autocontrolo da ETAR. Tendo em conta os dados disponibilizados, verifica-se que a ETAR de Ponte de Moreira, em princípio, deverá cumprir os valores limite de emissão para os parâmetros que constam na respetiva licença de utilização (20 mg CBO₅/l, 125 mg CQO/l, 35 mg SST/l).

De referir que, atualmente, a ETAR de Ponte de Moreira não dispõe de tratamento dedicado à remoção de nutrientes (fósforo e azoto), nem de imposições legais para a sua concentração no efluente tratado. No entanto, face ao aumento das exigências de tratamento, o estudo e projeto de execução de remodelação desta ETAR visou a inclusão de processos de tratamento para este efeito, bem como a diferenciação entre os valores limites de emissão para períodos de tempo seco e de tempo húmido (Quadro 6.1).

Quadro 6.1 – Valores limites de emissão previstos para a ETAR de Ponte de Moreira (COBA, 202ab).

Parâmetro	Época seca (3 a 4 meses por ano)	Época húmida (8 a 9 meses por ano)
CBO₅	15 mgO ₂ /l	20 mgO ₂ /l
CQO	100 mgO ₂ /l	125 mgO ₂ /l
SST	30 mg SST/l	35 mg SST/l
N-total	14 mg N/l	15 mg N/l
P-total	8 mg P/l	10 mg P/l

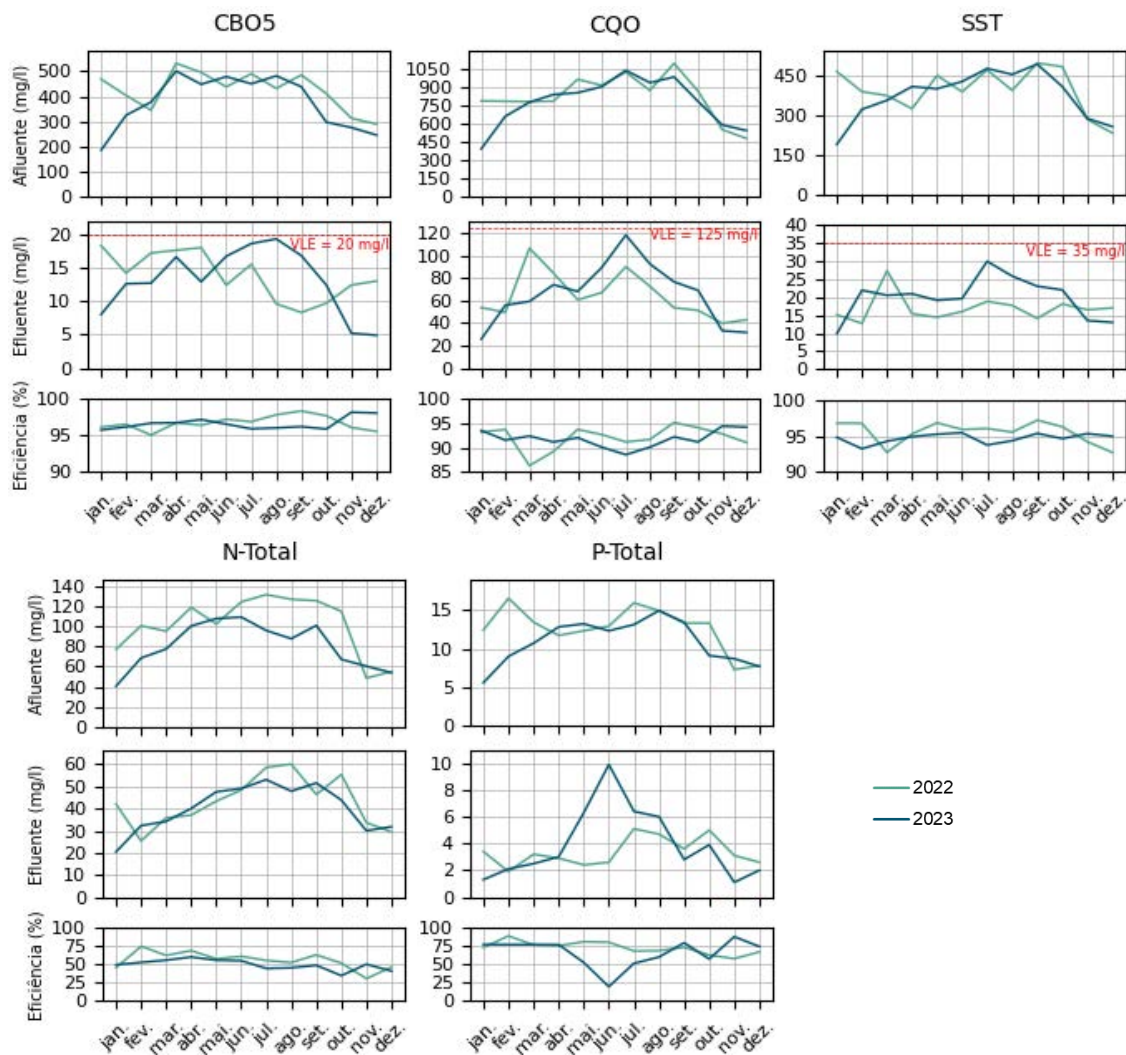


Figura 6.9 – Valores de concentração no afluente, efluente e eficiência de remoção dos parâmetros de CBO₅, CQO, SST, N-Total e P-Total no período de 2022-2023 na ETAR de Ponte de Moreira.

Em agosto de 2024, a projetista COBA procedeu ao Projeto de Execução de beneficiação da ETAR (COBA, 2024a), que propõe um conjunto de intervenções para aprimorar a capacidade hidráulica e sanitária da estação de tratamento. No Projeto estimou-se uma capacidade atual de 5.300 m³/d (61.3 l/s) e um caudal de ponta de 110 L/s, valores 50% superiores aos atualmente tratados na ETAR. A remodelação da ETAR foi dimensionada para cerca de 38 000 habitantes equivalentes, o que na prática, significa que terá folga face à população atualmente servida.

As principais propostas do Projeto de reabilitação, traduzem-se sumariamente em:

Construção de uma Nova Linha de Tratamento (Linha 2): Serão construídos novos reatores biológicos para onde será encaminhado cerca de 70% do caudal afluente (~4.200 m³/d em tempo seco). A outra parte do caudal (30%), cuja repartição será controlada por válvula, seguirá para os decantadores primários existentes e continuará na linha de tratamento biológico atual.

Manutenção dos Decantadores Primários: Os decantadores primários continuarão a operar como atualmente, recebendo cerca de 30% do efluente bruto, e continuarão a receber

igualmente as lamas em excesso, purgadas dos decantadores secundários. As lamas mistas, resultantes dessa operação, serão encaminhadas para a linha de lamas.

Reabilitação e Expansão dos Tanques de Arejamento: Os dois tanques de arejamento existentes serão reabilitados e subdivididos em zonas anóxicas e arejadas, com instalação de difusores de ar (Linha 1). Adicionalmente, serão construídos dois novos reatores biológicos (Linha 2), de área igual aos existentes, operados em arejamento prolongado, para o tratamento de 70% do caudal não tratado no decantador primário.

Nitrificação e Desnitrificação para Remoção de Azoto: A linha 2 permitirá a remoção de azoto sem adição de carbono externo, usando a matéria orgânica do efluente bruto. Com isso, espera-se poder atingir um valor médio de 12,6 mgN/l de azoto total.

Construção de um Terceiro Decantador Secundário: Será construído um novo decantador secundário para suportar o aumento da capacidade, garantindo que a carga hidráulica fique abaixo de 0,8 m/h na época húmida.

Melhorias no Tratamento de Lamas: As lamas mistas serão espessadas mecanicamente, com a previsão de substituição dos filtros de banda por centrífugas, que terão maior capacidade. Após o espessamento, as lamas terão uma concentração de sólidos de 4%, enquanto as desidratadas terão entre 18 e 20%.

Desodorização e Reutilização de Estruturas Existentes: A digestão a frio será desativada, com a conversão de um dos digestores em biofiltro para desodorização do ar das áreas de tratamento de lamas, obra de entrada e decantadores primários, que serão cobertos num novo edifício a construir. Os outros dois digestores serão convertidos em canteiros paisagísticos.

Para fazer face ao acréscimo dos consumos energéticos inerentes à melhoria do desempenho do tratamento preconizado, encontra-se igualmente prevista a produção de energia elétrica por meio de uma Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC), através da instalação de painéis fotovoltaicos e equipamento e instrumentação acessória.

Apresentam-se, na Figura 6.10 e Peça Desenhada 13, as principais intervenções propostas para a remodelação da ETAR de Ponte de Moreia. Os painéis solares da UPAC ficarão instalados no interior do recinto.

O Projeto foi candidatado ao Aviso NORTE2030, para captação de investimentos para esses fins, através de verbas do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), conforme previsto no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030 (PENSAARP 2030).

As soluções propostas atendem genericamente aos requisitos técnicos, ambientais e operacionais estabelecidos, e o projeto encontra-se bem estruturado, cumprindo os principais requisitos exigidos no aviso, no que se refere à redução de consumo energético (através da previsão da UPAC) e desinfecção parcial do efluente para reutilização interna. Ressalva-se a recomendação de clarificação dos caudais e populações servidas.

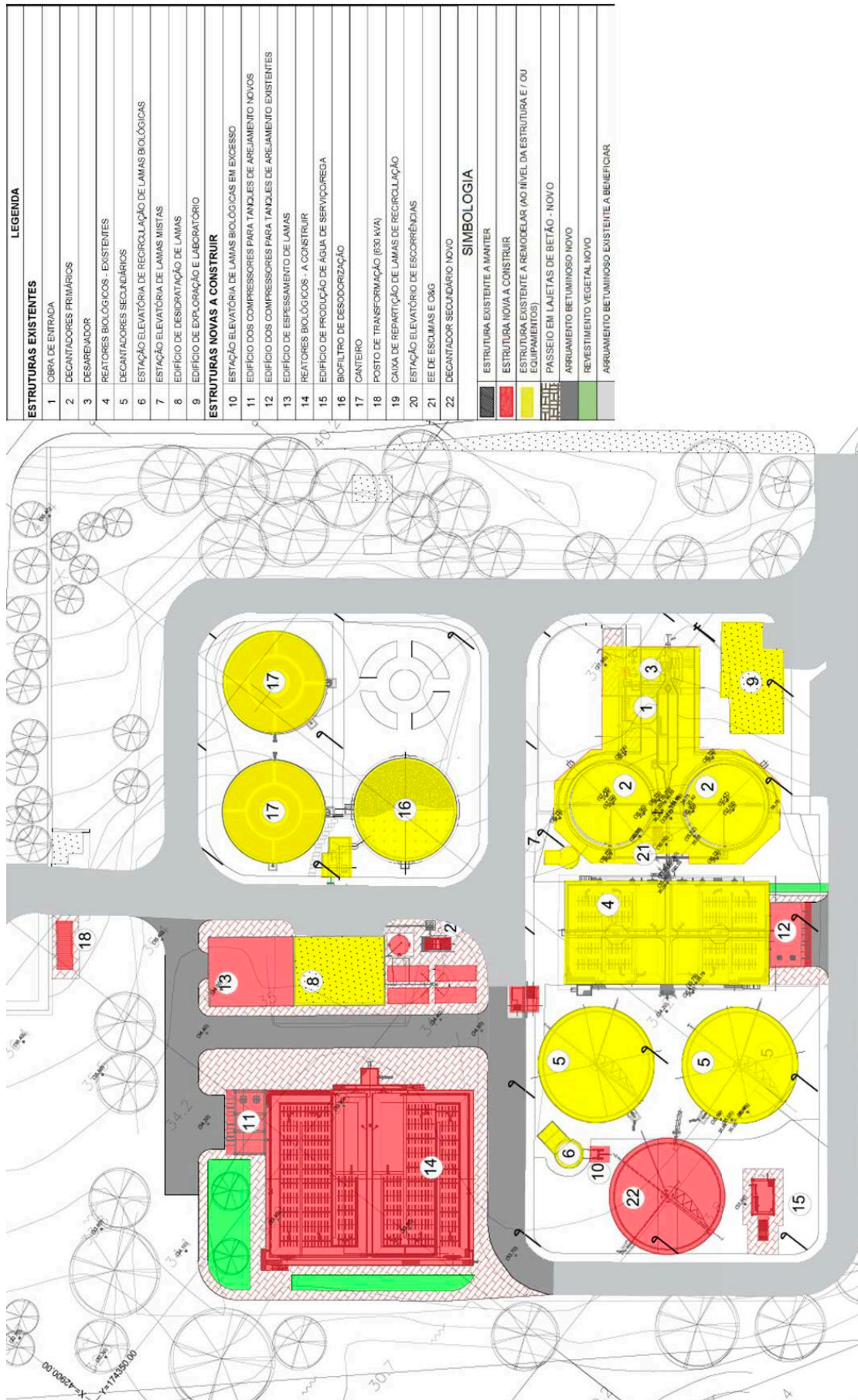


Figura 6.10 – Planta de implantação e arranjos exteriores após intervenções na ETAR de Moreira (COBA, 2024a).

6.4 ETAR DE PARADA

A ETAR de Parada (Figura 6.11), construída em 1990/91, localiza-se na freguesia de Águas Santas, concelho da Maia. O seu recinto compreende uma área de aproximadamente 4,5 ha, entre as cotas 44,0 m e 46,0 m, apresentando uma inclinação média de aproximadamente 0,8%.



Figura 6.11 – Vista aérea da ETAR de Parada.

A ETAR utiliza o método de lamas ativadas em arejamento convencional, com o efluente final a descarregar no rio Leça. As lamas resultantes do tratamento são estabilizadas anaerobiamente, gerando energia através do processo de cogeração, enquanto as lamas desidratadas são valorizadas em composto agrícola, através de compostagem, originando dois produtos comerciais, o Agronat e o Naturanat. A intervenção mais recente na ETAR incluiu melhorias nas estruturas existentes, a construção de um quarto decantador secundário e um edifício para espessamento mecânico das lamas secundárias. Outras intervenções pontuais ao longo dos anos incluíram a instalação de baterias de condensadores, a substituição de sistemas de desidratação de lamas, a automação de sistemas existentes e a instalação de novos equipamentos de cogeração e refrigeração (conforme diagrama da Figura 6.12).

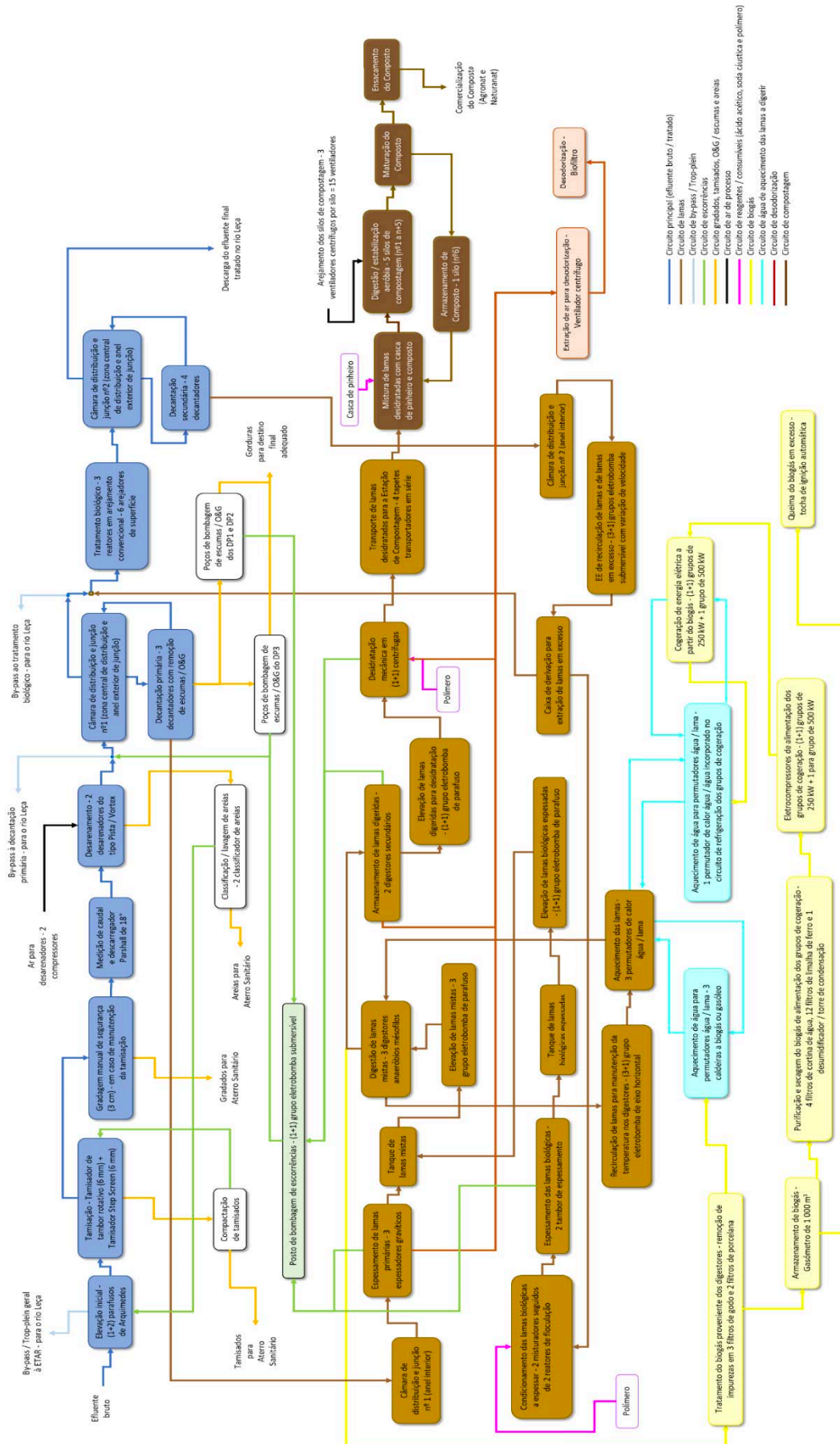


Figura 6.12 – Diagrama de tratamento atual na ETAR de Parada (COBA, 2024b).

Apresentam-se na Figura 6.13 vistas da elevação inicial da ETAR e do edifício de compostagem de lamas.



Figura 6.13 – a) Elevação inicial da ETAR de Parada, b) Edifício de compostagem de lamas

As preocupações principais com o desempenho atual da ETAR de Parada prendem-se nomeadamente com a sua capacidade de tratamento, e com a problemática de inundações. Devido à sua localização em leito de cheia, na margem direita do rio Leça, eventos de alagamento têm vindo a ser recorrentes, chegando a ultrapassar 1 metro de nível de água no interior da ETAR (Figura 6.14).

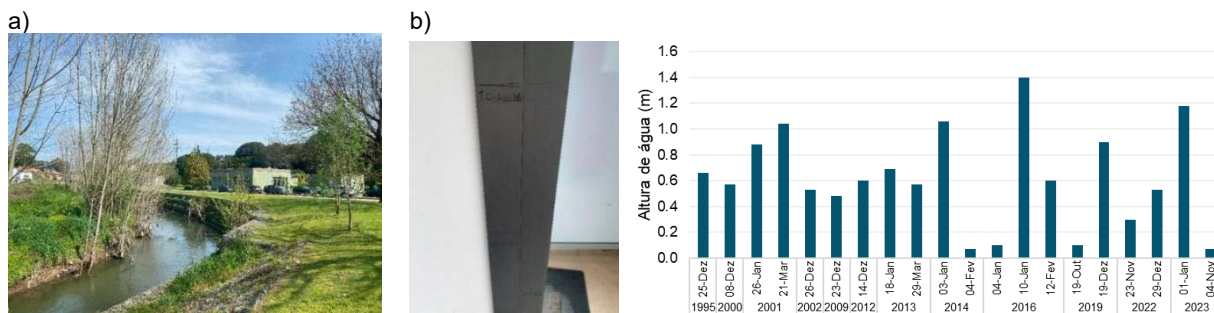


Figura 6.14 – a) Vista do rio Leça e do recinto da ETAR de Parada; b) Registos de níveis de inundações atingidos em diferentes eventos no interior dos edifícios da ETAR de Parada.

Adicionalmente, a atual Licença de Utilização dos Recursos Hídricos (Utilização n.º: L007614.2022.RH2), estabelece como condição otimizar o funcionamento da ETAR de forma a reduzir os valores de carga rejeitada relativamente aos parâmetros Azoto Total e Fósforo Total, de modo a não comprometer a qualidade da massa de água recetora.

No Estudo Prévio para a reabilitação da ETAR, realizado pela COBA em 2024, previu-se que fossem alvo de empreitada futura as seguintes intervenções principais (Figura 6.15):

Introdução de uma operação de concentração de escumas e óleos e gorduras.

Remodelação do tratamento biológico, para atingir uma concentração de 15 mg/L de azoto total no efluente, incluindo edifício de apoio aos reatores biológicos e reutilização de efluente.

As tecnologias alternativas para o tratamento biológico aceites no procedimento são o tratamento por MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*) ou por MABR (*Membrane Aerated Biofilm Reactor*). Caso o tratamento escolhido seja o MBBR, a empreitada prevê igualmente a construção de um novo reator biológico.

Previsão de sistema de efluente compatível com água para reutilização (ApR).

Execução de pórtico para passagem de circuitos.

Beneficiação da construção civil e equipamento da EE inicial, nomeadamente dos parafusos de Arquimedes; dos dois poços de escumas / óleos e gorduras; dos silos da Estação de Compostagem, e da câmara a montante do coletor de descarga do efluente final tratado no rio Leça.

Instalação de medidor de caudal e de válvula de maré.



Figura 6.15 - Principais intervenções propostas para a ETAR de Parada (COBA, 2024b)

A proposta de revisão do projeto pelo projetista para fazer face às solicitações adicionais dos SMAS da Maia, previu a revisão de cotas do bypass geral da ETAR, a identificação de possíveis consumidores que pudessem receber efluente a reutilizar, reavaliação da capacidade do sistema de desidratação de lamas, e previsão de um dique de proteção contra cheias.

No contexto do Estudo Prévio, foi efetuada a modelação hidráulica do vale do rio Leça num trecho envolvente à ETAR, tendo em vista a definição de soluções de proteção contra cheias da ETAR, tendo em conta o projeto futuro de Reformulação da Estrutura Viária Envolvente à Cerealis na Maia, que reformula a ponte que existe atualmente sobre o rio. Simulou-se o escoamento para diferentes períodos de retorno, tendo em conta a situação existente, a previsão de bacias/lagos e a previsão de um dique de proteção à ETAR. O estudo concluiu que construção do dique, com alturas de coroamento a variar entre 0,0 e 1,40 m, irá permitir reduzir a frequência de alagamento

do recinto da ETAR em pelo menos 5 vezes (Figura 6.16). Refira-se, no entanto, que o projeto prevê uma Estação Elevatória (EE) de elevação das águas pluviais, de elevada capacidade, isto é, para um caudal de 745 L/s.

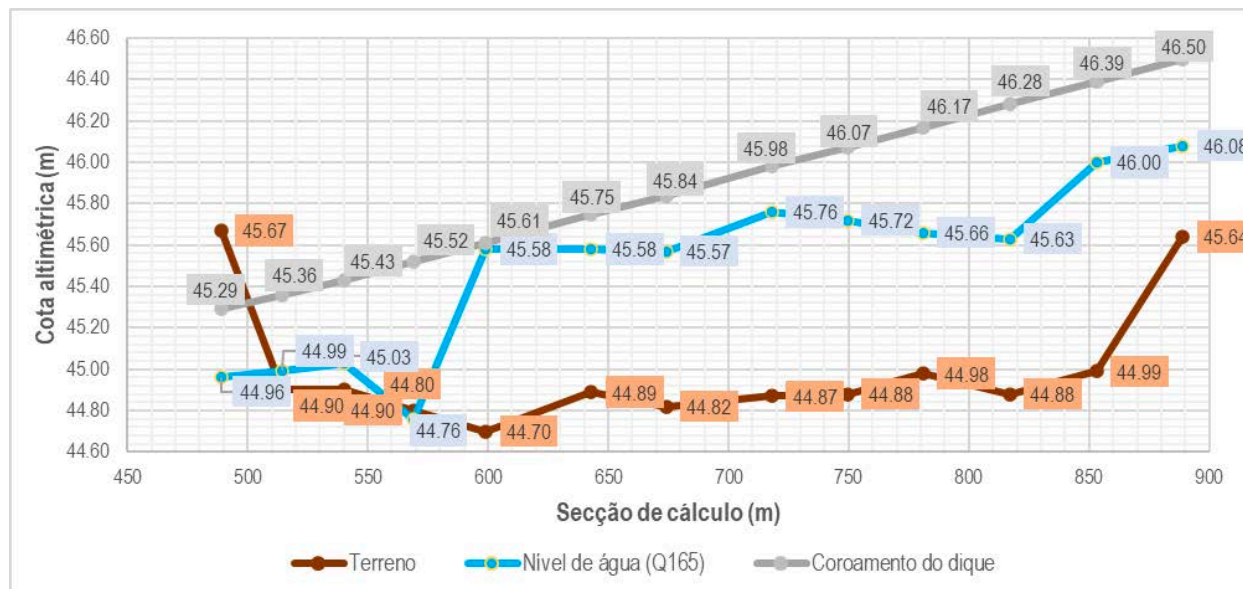


Figura 6.16 – Perfil longitudinal do dique proposto (COBA, 2024b)

Refira-se também que, na atual Licença de Utilização dos Recursos Hídricos (Utilização n.º: L007614.2022.RH2), não existe ainda definido valor limite de emissão para os parâmetros N e P. Ressalva-se, no entanto, que constitui uma das condições da licença, o seguinte: “Tendo em conta a atual classificação da massa de água recetora do efluente tratado, bem como a que se encontra em discussão pública, o utilizador deverá, no prazo de um ano, otimizar o funcionamento da ETAR de forma a reduzir os valores de carga rejeitada relativamente aos parâmetros Azoto Total e Fósforo Total, de modo a não comprometer a qualidade da massa de água recetora.”.

Os registos fornecidos da ETAR de Parada para os anos de 2022 e 2023 apresentam ausência de dados para janeiro e fevereiro de 2023, que se acredita estar relacionada com um evento de inundação de grandes proporções registado no início desse ano, afetando diversos espaços e danificando equipamentos críticos de operação dos sistemas da ETAR. Não obstante, os dados disponibilizados evidenciam um aumento em cerca de 10% no volume anual tratado quando comparando períodos homólogos (entre março e dezembro), sendo que o volume médio mensal tratado foi de 594 469 m³ e 635 726 m³ em 2022 e 2023, respetivamente (Figura 6.17).

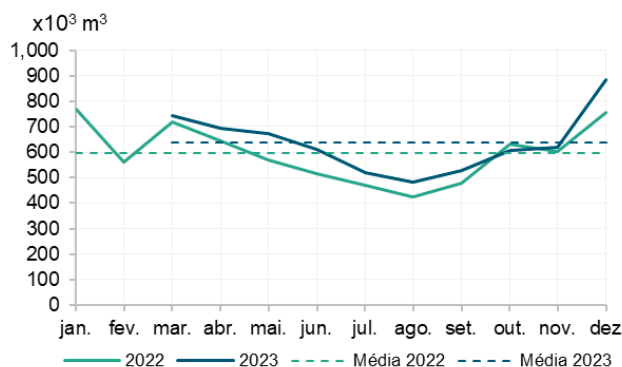


Figura 6.17 – Volume tratado no período de 2022-2023 na ETAR de Parada.

A Figura 6.18 apresenta as características do afluente e eficiências de remoção nos anos de 2022 e 2023, com base nos registos mensais de autocontrolo da ETAR. Tendo em conta os dados disponibilizados, verifica-se que a ETAR de Parada apresenta dificuldade em cumprir os valores limite de emissão para os parâmetros que constam na respetiva licença de utilização (20 mg CBO₅/l, 125 mg CQO/l, 35 mg SST/l), verificando-se eficiências de remoção significativamente reduzidas face às necessárias.

Tal como indicado anteriormente, o estudo prévio de reabilitação da ETAR de Parada previu um conjunto de intervenções com vista à melhoria da eficiência dos processos de tratamento. Adicionalmente, face ao aumento das exigências legislativas, foram incluídos processos de tratamento para a remoção de nutrientes, nomeadamente fósforo e azoto totais, bem como a diferenciação entre os valores limites de emissão para períodos de tempo seco e de tempo húmido (Quadro 6.2).

Quadro 6.2 – Valores limites de emissão previstos para a ETAR de Parada (COBA, 2024b).

Parâmetro	Época seca (3 a 4 meses por ano)	Época húmida (8 a 9 meses por ano)
CBO₅	15 mgO ₂ /l	20 mgO ₂ /l
CQO	100 mgO ₂ /l	125 mgO ₂ /l
SST	30 mg SST/l	35 mg SST/l
N-total	14 mg N/l	15 mg N/l
P-total	8 mg P/l	10 mg P/l

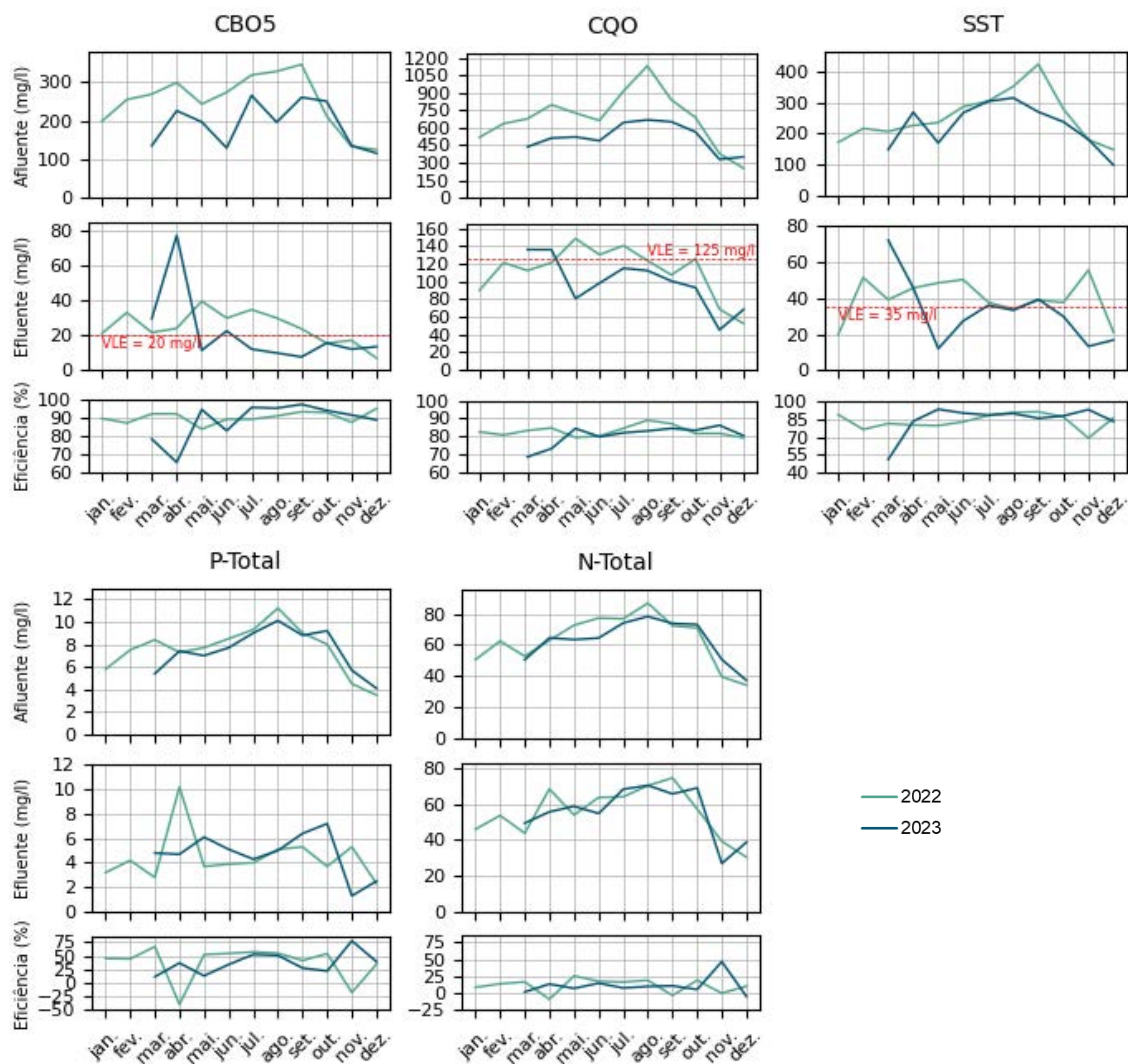


Figura 6.18 - Valores de concentração no afluente, efluente e eficiência de remoção dos parâmetros de CBO5, CQO, SST, N-Total e P-Total no período de 2022-2023 na ETAR de Parada.

No que respeita ao circuito de lamas, apresenta-se, na Figura 6.19, a produção diária de lamas compostadas nos meses dos anos de 2022 e 2023, verificando-se, uma redução média em cerca de 20% para os períodos homólogos (entre março e dezembro).

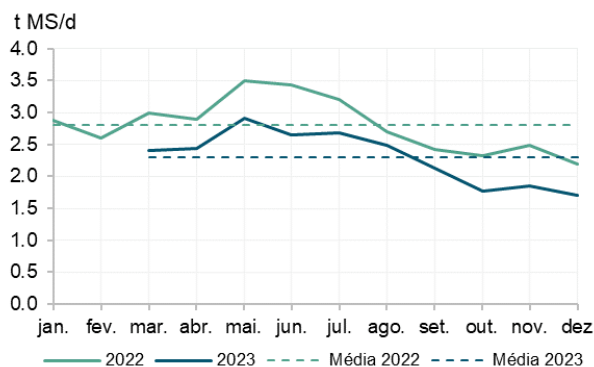


Figura 6.19 – Produção de lamas compostadas na ETAR de Parada no período 2022-2023, em toneladas de matéria seca por dia.

Como mencionado anteriormente, as lamas resultantes do tratamento são estabilizadas anaerobiamente, produzindo biogás que é utilizado no circuito de aquecimento de lamas (caldeiras) e no circuito de cogeração de energia elétrica, sendo que os volumes de biogás em excesso são queimados numa tocha de ignição automática (tocheira). A Figura 6.20 apresenta os volumes consumidos em cada uma das componentes referidas nos anos de 2022 e 2023.

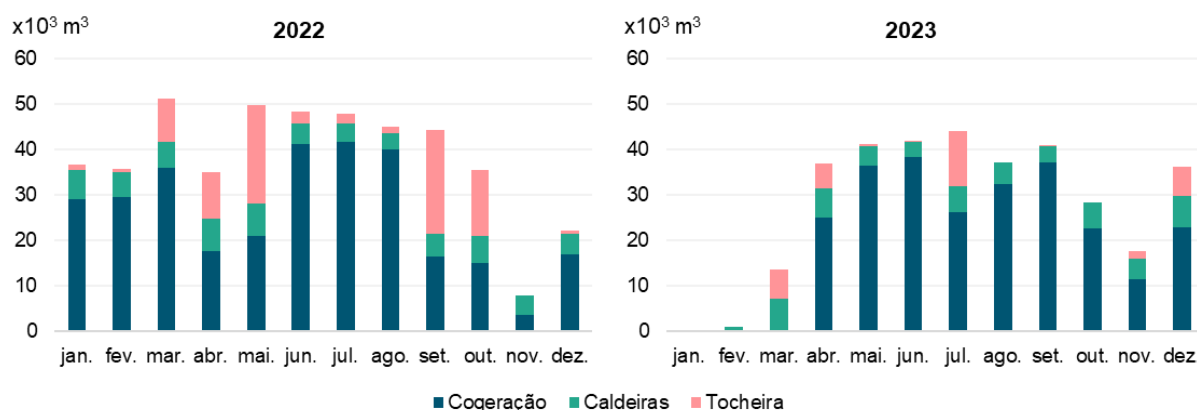


Figura 6.20 – Consumo mensal de biogás na ETAR de Parada no período 2022-2023, em milhares de metros cúbicos.

Apresentam-se, na Peça Desenhada 14, a implantação e diagrama linear das intervenções propostas para a ETAR de Parada.

Constituíram, assim, aspetos críticos do processo da ETAR de Parada:

A população de projeto assumida para o sistema global da bacia de Parada, cerca de 110 000 e.p., que reflete uma abordagem de estabilidade da população com crescimento nulo, minimalista e pouco conservativa.

A população de projeto assumida para dimensionar a ETAR, de 98 000 e.p, obriga ao desvio de caudal para jusante, para o emissário do Leça, no sistema de Matosinhos, por manifesta falta de capacidade da ETAR de Parada.

O prever que parte das lamas estabilizadas deveria seguir para aterro, em vez de ser valorizada, como acontece agora com a totalidade das lamas estabilizadas e compostadas.

O controlo dos pluviais caídos no próprio recinto da ETAR, através de um sistema elevatório de grande capacidade (superior a 700 l/s), não otimizado.

O facto de se tratar de um processo biológico de tratamento inovador, com ainda limitada aplicação.

A preparação de um concurso de conceção-construção para a respetiva empreitada, impedindo o respetivo financiamento no âmbito do Aviso NORTE2030, que exigia um grau de maturidade correspondente a projeto de execução.

Estes constrangimentos levaram os SMAS a ajustar a sua abordagem, no sentido de evoluir para a elaboração de um projeto de execução, contemplando uma população de projeto superior, e com possibilidade de o tratamento da fase sólida ter lugar noutro espaço vizinho ao da atual fase líquida (uma ETAR, dois locais, como no caso do sistema de tratamento da Costa do Estoril, próximo de Lisboa), libertando espaço para, nesse espaço, a ampliação e beneficiação do nível de tratamento na atual ETAR.

6.5 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE CARBONO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO

6.5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

À medida que o volume e o nível de tratamento das águas residuais aumentam e que os efeitos das alterações climáticas se agravam, a sustentabilidade dos sistemas de saneamento assume uma importância crescente. Isto é particularmente relevante, dado que o tratamento de águas residuais é frequentemente identificado como uma das etapas do ciclo urbano da água com maior potencial de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) (Frijns, 2012; Muhammetoglu *et al.*, 2023; Venkatesh *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2017).

Atualmente, os serviços de gestão de águas residuais são responsáveis por cerca de 3% do consumo global de energia e 1,6% das emissões globais de GEE (Lu *et al.*, 2018). Estes valores terão tendência a aumentar (Gallo *et al.*, 2024; Zhan *et al.*, 2018), dado o *trade-off* entre a qualidade do efluente tratado e o impacto climático das ETAR (Sá, 2011). Importa ainda salientar que as emissões de GEE em ETAR são maioritariamente compostas por metano (CH₄) e óxido nítrico (N₂O), gases com um potencial de aquecimento global (GWP) 30 a 300 vezes superior ao do dióxido de carbono (CO₂) num horizonte de 100 anos, respetivamente (IWA, 2022; Shindell *et al.*, 2013).

Em resposta a estes desafios, a nova Diretiva das Águas Residuais Urbanas (DARU) propõe uma mudança de paradigma na gestão das ETAR, incluindo a avaliação do seu impacto climático. Em particular, o artigo 21.º da Diretiva estabelece a obrigatoriedade de monitorização e reporte das emissões de GEE para ETAR que sirvam um equivalente populacional igual ou superior a 10 000 até 2030. O conhecimento da pegada de carbono das ETAR é essencial para apoiar a tomada de decisão das entidades gestoras, promovendo uma gestão mais sustentável e proativa das emissões de GEE nos sistemas de saneamento.

No futuro, espera-se que a tendência seja para que a gestão dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais promova a monitorização e o controlo destas emissões de forma integrada. No entanto, a descarbonização destes serviços não depende exclusivamente do progresso tecnológico e da implementação de novos sistemas de redução ou sequestro de emissões de GEE, mas também de uma gestão estratégica eficaz e de metas legislativas claras que fomentem a redução das emissões (Hao & Liu, 2024). Torna-se então essencial definir objetivos de redução das emissões, à semelhança do que já acontece no domínio da energia, na DARU e no PENSAARP 2030. Um exemplo recente de regulamentação para o controlo das emissões de GEE nos serviços de tratamento de águas residuais é a primeira proposta para a regulamentação das emissões de N₂O em ETAR, apresentada pela Agência Dinamarquesa de Proteção Ambiental, *Miljøstyrelsen* (Bayley *et al.*, 2024).

Neste contexto, procedeu-se a uma avaliação preliminar das emissões de GEE nas três ETAR do sistema, tendo em conta os dados (tanto de autocontrolo, como de reporte à ERSAR) referentes ao ano de 2023. Embora esta estimativa da pegada de carbono não seja, atualmente, uma exigência legal, a crescente relevância destas questões torna fundamental antecipar esta

transição. Com a tendência futura para a necessidade de adaptação dos serviços de tratamento de águas residuais a metas de descarbonização, é estratégico iniciar já este processo de quantificação da pegada de carbono.

A Figura 6.21 representa as categorias de emissões incluídas nesta avaliação (caso aplicáveis em cada cenário), ou seja, as fronteiras do sistema considerado. A linha mais grossa envolve os processos incluídos na ferramenta. As caixas a tracejado indicam que o processo não foi considerado na ferramenta. As caixas brancas indicam processos cujas emissões foram contabilizadas. As caixas azul-claro indicam processos substituídos. As setas mais grossas significam que o transporte foi incluído.

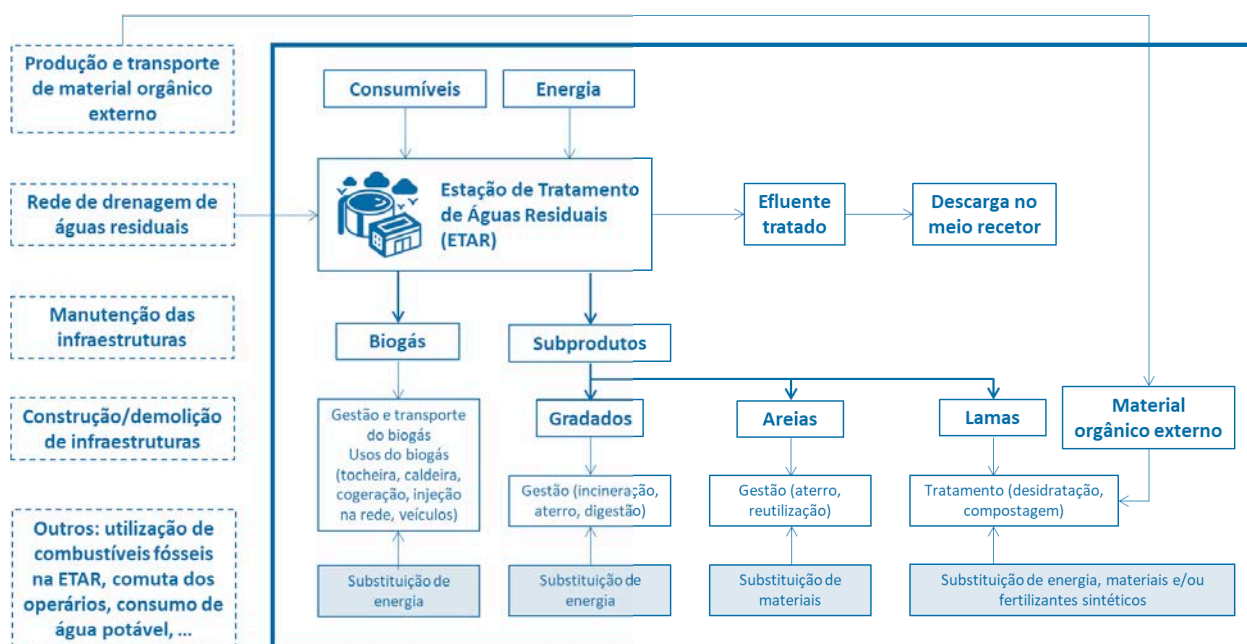


Figura 6.21 - Categorias de emissões avaliadas (fronteiras do sistema) (adaptado de Tumlin *et al.*, 2013).

6.5.2 ASPETOS TEÓRICOS

Segundo o Protocolo GEE, as emissões de GEE classificam-se em diretas e indiretas. As diretas provêm de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa que reporta as emissões, enquanto as emissões indiretas resultam das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que pertencem ou são controladas por terceiros. Para melhor distinguir entre emissões diretas e indiretas, estas são categorizadas por âmbito (*scope*), com base na sua origem e posição na cadeia de valor da organização. Neste contexto, as emissões são divididas em três âmbitos (*scopes* 1, 2 e 3), conforme ilustrado na Figura 6.22.

A principal diferença entre os âmbitos 2 e 3, ambos indiretos, é que o âmbito 2 está associado à produção, no exterior, da energia consumida na ETAR (energia elétrica comprada), enquanto o âmbito 3 abrange um conjunto mais amplo de emissões indiretas associadas a atividades desenvolvidas no exterior e sem nenhum controlo ou influência por parte da entidade gestora da ETAR, distribuídas por quinze categorias (WRI e WBCSD, 2013).

A Figura 6.22 ilustra os diferentes âmbitos de emissões de GEE no contexto dos serviços de tratamento de águas residuais:

As emissões diretas (ou de âmbito 1) resultam principalmente do funcionamento das operações e processos unitários nas ETAR, com destaque para o tratamento secundário, a descarga do efluente tratado no meio recetor e as emissões provenientes da combustão de fontes estacionárias ou móveis dentro da instalação. Além disso, incluem-se as emissões associadas ao armazenamento e gestão *in situ* das lamas e outros resíduos, bem como aquelas decorrentes do processamento do biogás, incluindo eventuais fugas;

As emissões de âmbito 2 correspondem às emissões indiretas associadas ao consumo de eletricidade na ETAR, produzida por terceiros;

As emissões de âmbito 3 podem ocorrer tanto a montante como a jusante da ETAR e englobam, entre outros fatores, a produção e o transporte de reagentes, os materiais de construção, as deslocações dos técnicos que trabalham na instalação e a gestão e armazenamento *off site* das lamas e de outros resíduos.

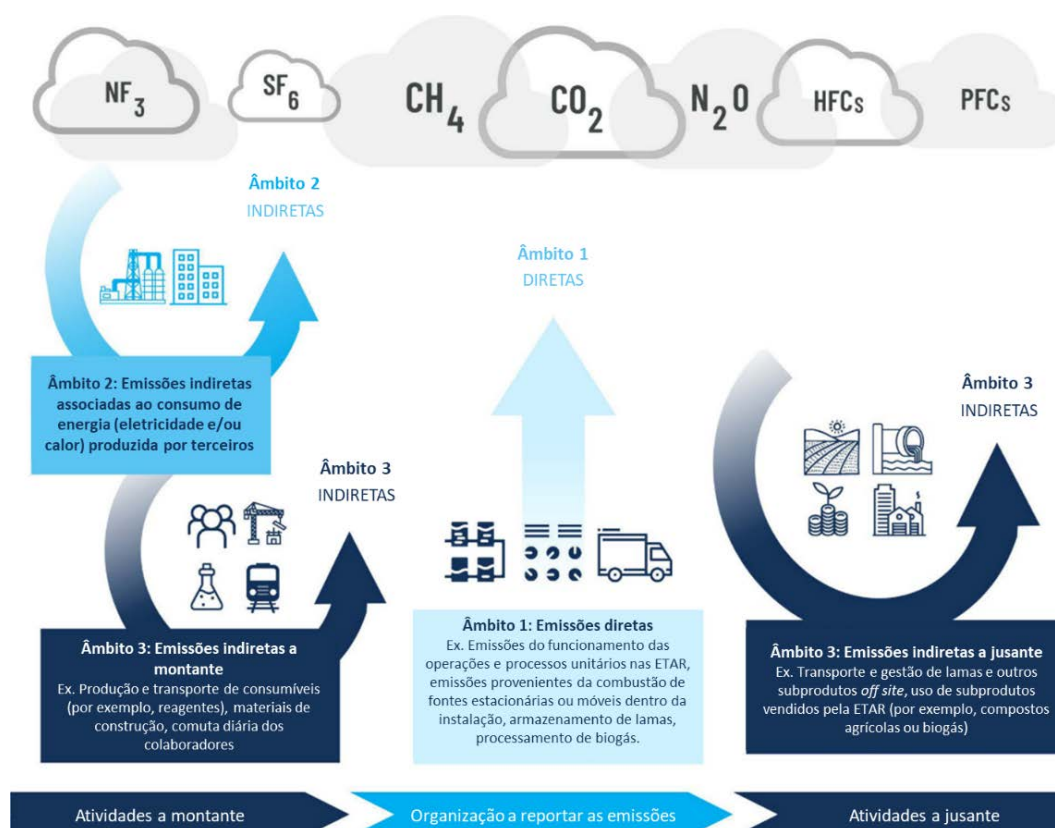


Figura 6.22 – Visão geral dos âmbitos e emissões ao longo de uma cadeia de valor no contexto dos serviços de gestão de águas residuais (adaptado de Lake, 2023).

Importa ainda destacar o conceito de emissões evitadas, que representam a redução de emissões de GEE resultante da implementação de uma determinada solução, em comparação com um cenário de referência onde essa solução não seria aplicada. No contexto de uma ETAR, um exemplo de emissões evitadas seria a produção de energia na própria instalação através de painéis fotovoltaicos, reduzindo assim as emissões indiretas associadas à aquisição de eletricidade da rede (âmbito 2).

No que diz respeito à contribuição de cada âmbito para a pegada de carbono de uma ETAR, a maioria dos estudos foca-se na quantificação das emissões de âmbito 1 e 2 (Alix *et al.*, 2022; Lake, 2023; L. Wu *et al.*, 2023). De um modo geral, as emissões de âmbito 1 representam a principal fonte de GEE nas ETAR, no entanto, as emissões de âmbito 2 também assumem um peso considerável, especialmente em ETAR que dependem integralmente da rede elétrica (Maktabifard *et al.*, 2020; Xi *et al.*, 2021).

Geralmente, de forma a facilitar a contabilização, todas estas emissões são convertidas e expressas em equivalentes de dióxido de carbono (CO₂-eq), considerando o GWP de cada gás. A Figura 6.23 apresenta a compilação de dados de vários autores, onde os valores de intensidade das emissões de GEE em ETAR variam entre 0,15 e 2,21 kg CO₂-eq/m³. No entanto, estas emissões podem atingir valores ainda mais elevados, como demonstrado num estudo por Q. Wang *et al.* (2023), no qual foi registado um valor de 11,5 kg CO₂-eq/m³ numa ETAR de tratamento de efluentes da indústria de processamento de lã.

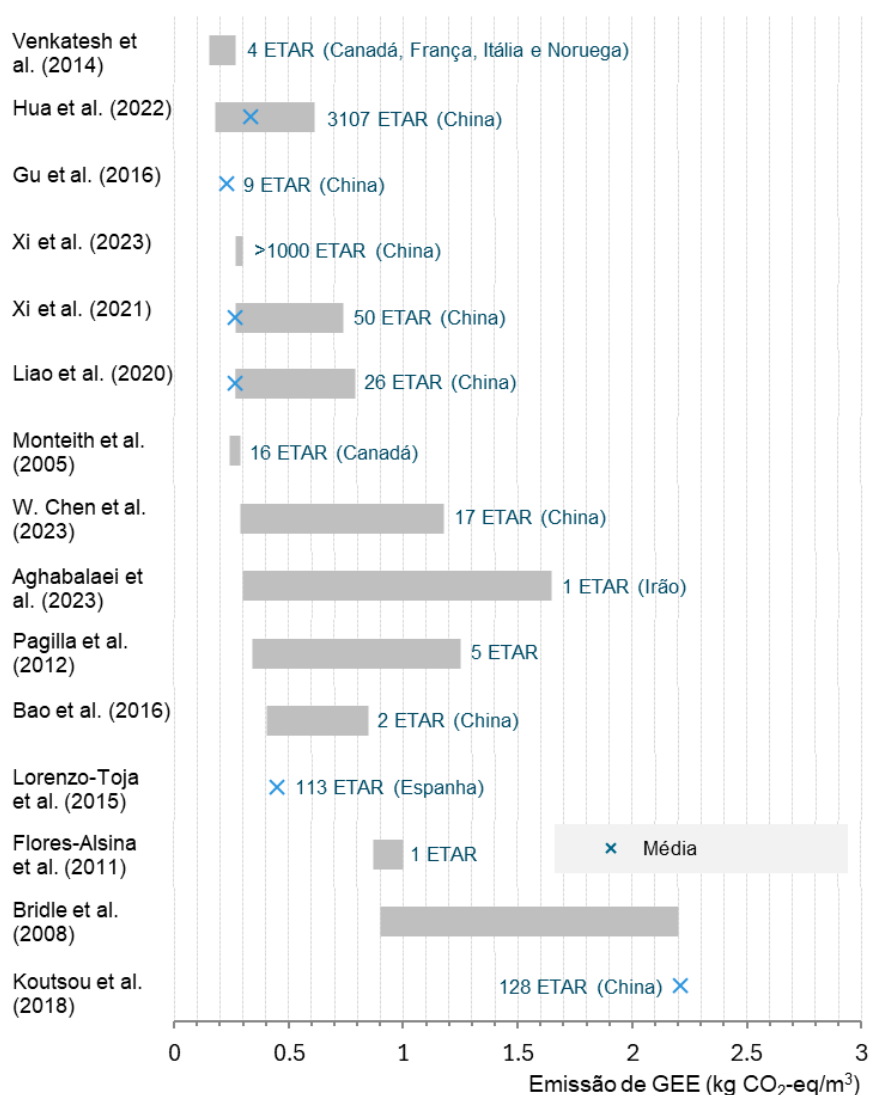


Figura 6.23 – Valores de referência para as emissões de GEE em ETAR.

6.5.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO

A medição *in situ* das emissões de GEE em ETAR apresenta desafios técnicos e económicos significativos, tornando os modelos de quantificação de GEE uma alternativa mais viável, ao permitirem estimativas fundamentadas da pegada de carbono associada a estes serviços.

Assim sendo, para esta avaliação optou-se pela utilização da ferramenta desenvolvida pela empresa sueca *VA-teknik Södra* (versão 1.2), apresentada no 20º Encontro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENaSB). Este modelo para a quantificação da pegada de carbono de ETAR foi desenvolvido no âmbito de trabalhos na área da melhoria da qualidade, tendo sido criado no projeto SVU12-120 com o objetivo de melhorar a capacidade das ETAR para calcular o seu impacto climático, definir metas de melhoria e acompanhar as medidas implementadas (Gustavsson & Tumlin, 2013; Tumlin *et al.*, 2013). Em termos metodológicos, esta ferramenta, desenvolvida em 2012, segue uma abordagem própria baseada na literatura científica (Maktabifard *et al.*, 2023). O manual desta ferramenta pode ser consultado em: https://vav.griffel.net/filer/2014-02_manualdel.pdf.

Uma limitação desta ferramenta prende-se com o facto dos seus valores de referência serem desatualizados e específicos para a Suécia, uma limitação reconhecida pelos próprios autores da ferramenta (Tumlin *et al.*, 2013). Neste contexto, e conforme referido anteriormente, é essencial salientar que este exercício constitui apenas uma estimativa das emissões de GEE das ETAR em estudo, podendo não refletir com total precisão todos os elementos que contribuem para as respetivas pegadas de carbono. Importa mencionar que:

Nem todos os aspetos da pegada de carbono da ETAR foram considerados, sobretudo no que diz respeito a emissões indiretas de GEE. Por exemplo, não foram incluídas na avaliação as emissões associadas à comuta diária dos colaboradores das ETAR, devido à falta de dados. No entanto, estas emissões têm, normalmente, um impacto pouco expressivo na pegada de carbono das ETAR;

Não foram contabilizadas as emissões associadas à rede de drenagem de águas residuais, como o consumo de energia em estações elevatórias, que, no caso do sistema da Maia, poderá ter um impacto significativo devido ao elevado número de estações. Também não foram consideradas as emissões de CH₄ resultantes da degradação do efluente nas redes de drenagem;

Os fatores de emissão utilizados, particularmente os relacionados com as emissões de CH₄ e N₂O durante o processo de tratamento, podem não representar com exatidão a realidade das ETAR em estudo. Dado que o estudo das emissões de GEE em ETAR é um tema relativamente recente, verifica-se uma escassez de literatura e de consenso relativamente a estes valores, sobretudo em Portugal, onde a investigação sobre esta matéria ainda é muito limitada. Para obter estimativas mais ajustadas à realidade da Maia, seria pertinente a realização de uma campanha de medições *in situ* das emissões de GEE ao longo de um período significativo.

De seguida, apresentam-se os dados de entrada e pressupostos específicos para a ETAR de Cambados, Ponte de Moreira e Parada (Quadro 6.3, Quadro 6.4 e Quadro 6.5, respetivamente).

Os fatores de conversão e de emissão utilizados nesta avaliação estão compilados no Quadro 6.6.

Quadro 6.3 – Dados e pressupostos para a quantificação das emissões na ETAR de Cambados.

Parâmetro		Unidade	Valor	Observações
Caudal afluente à ETAR		m ³ /h	128	Valor do indicador dAR60b (água residual tratada em estações de tratamento, em m ³ /ano convertido para m ³ /h).
Carga de CQO	Afluente	ton/ano	586	Valores obtidos através das concentrações de CQO, CBO ₅ , N e P registadas na ficha da linha líquida do autocontrolo do efluente tamisado e do efluente tratado. As médias anuais para cada poluente, expressas em mg/L, foram convertidas para ton/ano com base no valor do indicador dAR60b.
	Efluente		27	
Carga de CBO ₅	Afluente	ton/ano	331	
	Efluente		6	
Carga de N	Afluente	ton/ano	70	
	Efluente		9	
Carga de P	Afluente	ton/ano	9	
	Efluente		3	
Consumo de reagentes (polímero)		ton/ano	6	Valores obtidos através da ficha de consumíveis do autocontrolo.
Distância percorrida para transporte dos reagentes		km	38	Considerou-se a distância por vias rodoviárias entre a ETAR e o fornecedor (como se desconhecia o fornecedor, assumiu-se que seria a empresa Rivaz - Química).
Número de entregas de reagente		vezes/ano	4	Valores arbitrados com base na quantidade de reagentes consumidos anualmente.
Energia consumida	Total	MWh/ano	586	Valor do indicador dAR73b (consumo de energia no tratamento, em kWh/ano convertido para MWh/ano).
	Comprada		586	Diferença entre o valor do indicador dAR73b e o dAR70b (produção própria de energia, em kWh/ano convertido para MWh/ano).
Proporção de energia adquirida proveniente de fontes renováveis		%	35	Valor do indicador de percentagem de fontes renováveis de energia no consumo final bruto de energia (FER-Global) da DGEG.
Distância percorrida para transporte dos subprodutos	Gradados	km	100	Valores arbitrados.
	Areia		100	
	Lamas		28	Considerou-se a distância por vias rodoviárias entre a ETAR e o aterro (com base em informação no reporte à ERSAR, assumiu-se que o operador do aterro seria a Valor Rib).
Número de envios de subprodutos	Gradados	vezes/ano	6	Valores arbitrados com base na quantidade de subprodutos produzidos anualmente.
	Areia		6	
	Lamas		6	
Dias de armazenamento das lamas antes de tratamento		dias	0	Valor definido com base na descrição da ETAR.
Produção de lamas espessadas e digeridas		ton/ano	1 935	Valor obtido tendo por base o valor do indicador dAR77b (expresso em t/ano) e o teor em matéria seca das mesmas.
Teor em sólidos das lamas		%	20	Valor obtido através da ficha da linha de lamas do autocontrolo.
Teor em sólidos voláteis das lamas		% de ST	50	Valor arbitrado com base na literatura.
Produção de subprodutos	Gradados	ton/ano	36	Valores obtidos através da ficha de subprodutos do autocontrolo.
	Areia		41	
Usos das lamas	Aterro	%	100	Valores definidos com base na descrição da ETAR.
Usos dos gradados	Aterro	%	100	
Usos da areia	Aterro	%	100	

Quadro 6.4 – Dados e pressupostos para a quantificação das emissões na ETAR de Ponte de Moreira.

Parâmetro		Unidade	Valor	Observações
Caudal afluente à ETAR		m ³ /h	82	Valor do indicador dAR60b (água residual tratada em estações de tratamento, em m ³ /ano convertido para m ³ /h).
Carga de CQO	Afluente	ton/ano	557	Valores obtidos através das concentrações de CQO, CBO ₅ , N e P registadas na ficha da linha líquida do autocontrolo do efluente tamisado e do efluente tratado. As médias anuais para cada poluente, expressas em mg/L, foram convertidas para ton/ano com base no valor do indicador dAR60b.
	Efluente		48	
Carga de CBO ₅	Afluente	ton/ano	271	
	Efluente		9	
Carga de N	Afluente	ton/ano	58	
	Efluente		29	
Carga de P	Afluente	ton/ano	8	Valores obtidos através da ficha de consumíveis do autocontrolo.
	Efluente		3	
Consumo de reagentes	Polímero	ton/ano	2	Valores obtidos através da ficha de consumíveis do autocontrolo.
	Anti espuma		2	
Distância percorrida para transporte dos reagentes		km	34	Considerou-se a distância por vias rodoviárias entre a ETAR e o fornecedor (como se desconhecia o fornecedor, assumiu-se que seria a empresa Rivaz - Química).
Número de entregas de reagente		vezes/ano	4	Valores arbitrados com base na quantidade de reagentes consumidos anualmente.
Energia consumida	Total	MWh/ano	417	Valor do indicador dAR73b (consumo de energia no tratamento, em kWh/ano convertido para MWh/ano).
	Comprada		417	Diferença entre o valor do indicador dAR73b e o dAR70b (produção própria de energia, em kWh/ano convertido para MWh/ano).
Proporção de energia adquirida proveniente de fontes renováveis		%	35	Valor do indicador de percentagem de fontes renováveis de energia no consumo final bruto de energia (FER-Global) da DGEG.
Distância percorrida para transporte dos subprodutos	Gradados	km	100	Valores arbitrados.
	Areia		100	
	Lamas		38	Considerou-se a distância por vias rodoviárias entre a ETAR e o aterro (com base em informação no reporte à ERSAR, assumiu-se que o operador do aterro seria a Valor Rib).
Número de envios de subprodutos	Gradados	vezes/ano	6	Valores arbitrados com base na quantidade de subprodutos produzidos anualmente.
	Areia		6	
	Composto		6	
Dias de armazenamento das lamas antes de tratamento		dias	0	Valor definido com base na descrição da ETAR.
Produção de lamas espessadas e digeridas		ton/ano	1 729	Valor obtido através da ficha da linha de lamas do autocontrolo, tendo por base a produção de lamas (expressa em kg MS/dia) e o teor em matéria seca das mesmas.
Teor em sólidos das lamas		%	21	Valor obtido através da ficha da linha de lamas do autocontrolo.
Teor em sólidos voláteis das lamas		% de ST	39	
Produção de subprodutos	Gradados	ton/ano	58	Valores obtidos através da ficha de subprodutos do autocontrolo.
	Areia		33	
Usos das lamas	Aterro	%	100	Valores definidos com base na descrição da ETAR.
Usos dos gradados	Aterro	%	100	
Usos da areia	Aterro	%	100	

Quadro 6.5 – Dados e pressupostos para a quantificação das emissões na ETAR de Parada.

Parâmetro		Unidade	Valor	Observações
Caudal afluente à ETAR		m ³ /h	770	Valor do indicador dAR60b (água residual tratada em estações de tratamento, em m ³ /ano convertido para m ³ /h).
Carga de CQO	Afluente	ton/ano	3 484	Valores obtidos através das concentrações de CQO, CBO ₅ , N e P registadas na ficha da linha líquida do autocontrolo do efluente tamisado e do efluente tratado. As médias anuais para cada poluente, expressas em mg/L, foram convertidas para ton/ano com base no valor do indicador dAR60b.
	Efluente		664	
Carga de CBO ₅	Afluente	ton/ano	1 288	
	Efluente		139	
Carga de N	Afluente	ton/ano	424	
	Efluente		376	
Carga de P	Afluente	ton/ano	50	Valores obtidos através da ficha de consumíveis do autocontrolo.
	Efluente		32	
Consumo de reagentes	Polímero	ton/ano	6	
	Anti espuma		2	
	Hipoclorito de sódio		16	
	Coagulante		7	
Distância percorrida para transporte dos reagentes		km	35	Considerou-se a distância por vias rodoviárias entre a ETAR e o fornecedor (como se desconhecia o fornecedor, assumiu-se que seria a empresa Rivaz - Química).
Número de entregas de reagente		vezes/ano	4	Valores arbitrados com base na quantidade de reagentes consumidos anualmente.
Energia consumida	Total	MWh/ano	1 971	Valor do indicador dAR73b (consumo de energia no tratamento, em kWh/ano convertido para MWh/ano).
	Comprada		1 365	Diferença entre o valor do indicador dAR73b e o dAR70b (produção própria de energia, em kWh/ano convertido para MWh/ano).
Proporção de energia adquirida proveniente de fontes renováveis		%	35	Valor do indicador de percentagem de fontes renováveis de energia no consumo final bruto de energia (FER-Global) da DGE.
Biogás produzido		Nm ³ /ano	338 810	Valor obtido através da ficha da linha de biogás do autocontrolo. Como se desconheciam as condições de pressão e temperatura, assumiu-se que 1 m ³ de biogás era equivalente a 1 Nm ³ .
Teor em metano do biogás		%	67	Valor obtido através da ficha da linha de biogás do autocontrolo como a média da percentagem de metano no biogás para cogeração.
Usos do biogás	Tocheira	Nm ³ /ano	33 003	Valores obtidos através da ficha da linha de biogás do autocontrolo. Como se desconheciam as condições de pressão e temperatura, assumiu-se que 1 m ³ de biogás era equivalente a 1 Nm ³ .
	Cogeração		252 493	
	Caldeiras		53 314	
Distância percorrida para transporte dos subprodutos	Gradados	km	100	Valores arbitrados.
	Areia		100	
	Composto		200	
Número de envios de subprodutos	Gradados	vezes/ano	6	Valores arbitrados com base na quantidade de subprodutos produzidos anualmente.
	Areia		6	
	Composto		12	
Dias de armazenamento das lamas antes de tratamento		dias	0	Valor definido com base na descrição da ETAR.
Produção de lamas espessadas e digeridas		ton/ano	5 860	Valor obtido através da ficha da linha de lamas do autocontrolo, tendo por base a produção de lamas (expressa em kg MS/dia) e o teor em matéria seca das mesmas.
Teor em sólidos das lamas		%	22	Valor obtido através da ficha da linha de lamas do autocontrolo.
Teor em sólidos voláteis das lamas		% de ST	70	
Produção de subprodutos	Gradados	ton/ano	137	Valores obtidos através da ficha de subprodutos do autocontrolo.
	Areia		137	
Usos das lamas	Compostagem	%	100	Valores definidos com base na descrição da ETAR.
Usos do composto	Agricultura	%	100	
Usos dos gradados	Aterro	%	100	
Usos da areia	Aterro	%	100	

Quadro 6.6 – Outros parâmetros para a quantificação das emissões (comuns a todos os cenários).

Parâmetro		Unidade	Valor
Fatores de conversão/correção			
Potencial de aquecimento global (100 anos)	CH ₄	kg CO ₂ -eq/kg CH ₄	34
	N ₂ O	kg CO ₂ -eq/kg N ₂ O	298
Conversão de N ₂ O-N para N ₂ O		kg N ₂ O/kg N ₂ O-N	1.57
Conversão de CH ₄ -C para CH ₄		kg CH ₄ /kg CH ₄ -C	1.33
Conversão de CQO para C		kg C/kg CQO	0.37
Conversão de VS para CQO		kg CQO/kg VS	1.48
Rácio molar CO ₂ /C		-	3.67
Densidade do metano		g/m ³	717
Densidade do dióxido de carbono		g/m ³	1 978
Fatores de emissão			
Fator de emissão do sistema eletroprodutor nacional (DGEG)		ton CO ₂ /GWh	34
Produção de reagentes	Polímero	kg CO ₂ -eq/ton	805
	Anti espuma		3 000
	Hipoclorito de sódio		1 150
	Coagulante		214
Emissões diretas do tratamento	CH ₄	kg CH ₄ /kg CQO afluente	0.0025
	N ₂ O	kg N ₂ O/N removido	0.0157
Emissões da incineração do biogás	CH ₄	kg CH ₄ /kg CH ₄ incinerado	0.003
	N ₂ O	kg N ₂ O/kg CH ₄ incinerado	0.004
Fuga de biogás		%	2.8
Uso de energia	Aterro	kWh/ton ST	21.7
	Compostagem	kWh/ton ST	41
Transporte em carrinha de 40 ton		kg CO ₂ -eq/10 km	8.5
Emissões da gestão das lamas	Transporte (loading)	kg CO ₂ -eq/ton ST	2.3
	Aterro	kg N ₂ O/kg N aplicado	0.008
		kg CH ₄ /kg SV	0.017
	Compostagem	kg N ₂ O/kg N removido	0.02
		kg CH ₄ /kg C	0.01
		kg N ₂ O/kg NH ₃	0.0157
		kg N ₂ O/kg N	0.01
	Uso na agricultura	kg N ₂ O/kg NH ₃ -N	0.0157
		kg CH ₄ /kg TS	0
Emissões do uso do composto (evita o uso de fertilizantes sintéticos)		kg CH ₄ /kg TS	0
		kg CO ₂ -eq/kg N	3.9
		kg CO ₂ -eq/kg P	0.51
		kg CO ₂ -eq/kg K	0.38
Emissões da gestão de subprodutos	Gradados	kg CO ₂ -eq/ton ST	0.47
	Areia	kg CO ₂ -eq/ton	0.017
Sequestro de emissões (da gestão de lamas)		kg C/kg C aplicado	0.1
Emissões da descarga no meio recetor (rio Leça)	CH ₄	kg CH ₄ /kg CQO efluente	0
	N ₂ O	kg N ₂ O/N efluente	0.0005

6.5.4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados da avaliação estão representados nas Figura 6.24, Figura 6.25 e Figura 6.26, referentes às ETAR de Parada, Ponte de Moreira e Cambados, respetivamente. A pegada de carbono de cada ETAR corresponde à diferença entre as emissões geradas (saldo positivo) e o carbono sequestrado ou evitado (saldo negativo, destacado a verde nas figuras, por representar a redução do impacto climático das ETAR). Em 2023, a ETAR de Parada emitiu aproximadamente 618 toneladas de CO₂-eq, a ETAR de Ponte de Moreira registou emissões de 361 toneladas de CO₂-eq e a ETAR de Cambados obteve valores na ordem das 552 toneladas de CO₂-eq.

Ao converter os valores obtidos para kg CO₂-eq/m³ de água tratada, foram determinados 0,09 kg CO₂-eq/m³ para a ETAR de Parada, 0,50 kg CO₂-eq/m³ para a ETAR de Ponte de Moreira e 0,49 kg CO₂-eq/m³ para a ETAR de Cambados. Comparando estes resultados com os valores reportados na literatura (Figura 6.23), verifica-se que a ETAR de Parada apresenta um valor inferior à maioria dos estudos analisados, situando-se na faixa mais baixa das emissões reportadas. Já as ETAR de Ponte de Moreira e Cambados apresentam valores mais elevados, aproximando-se do limite superior de algumas referências. No entanto, os valores obtidos permanecem dentro da variabilidade observada na literatura, que apresenta uma ampla gama de emissões dependente também das metodologias utilizadas por cada autor.

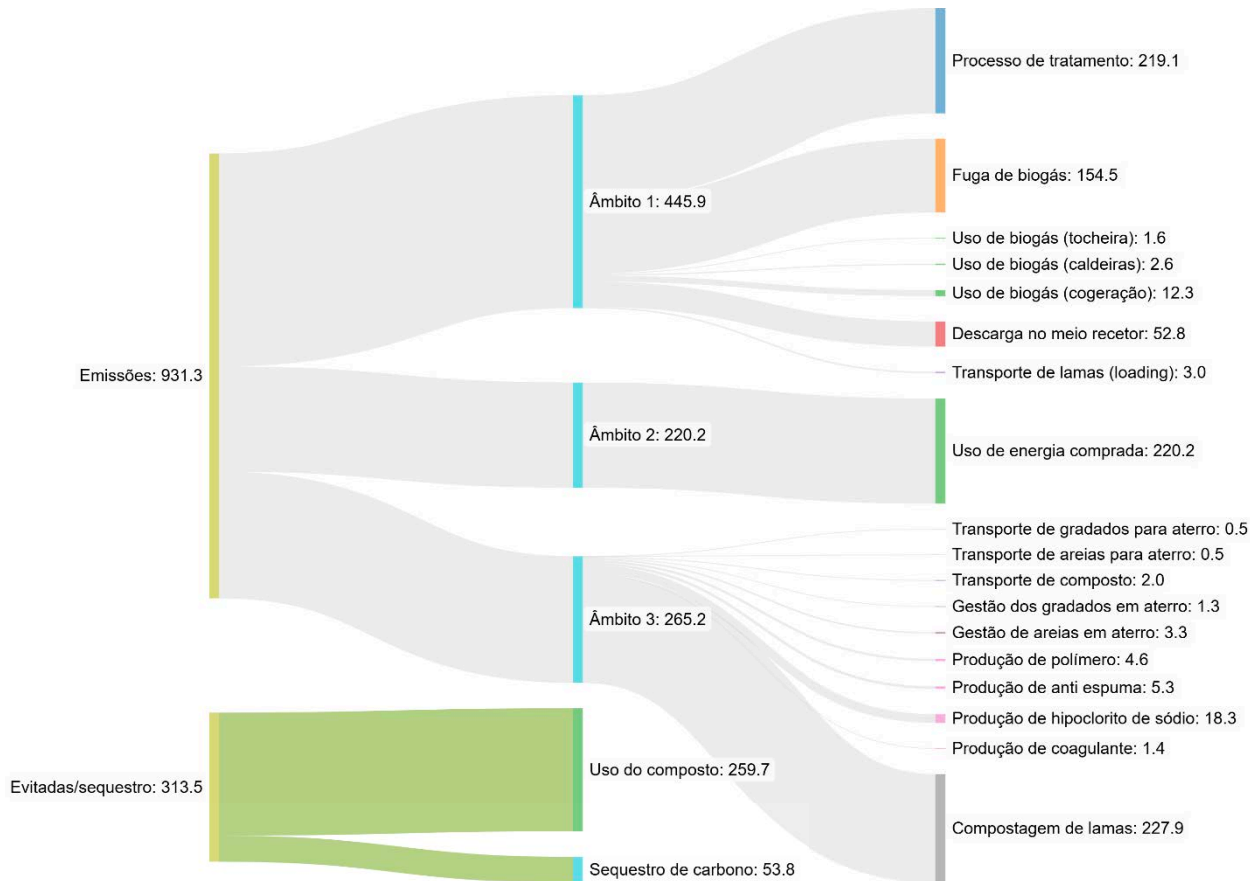


Figura 6.24 – Diagrama de Sankey para as emissões de CO₂-eq, em toneladas, na ETAR de Parada.

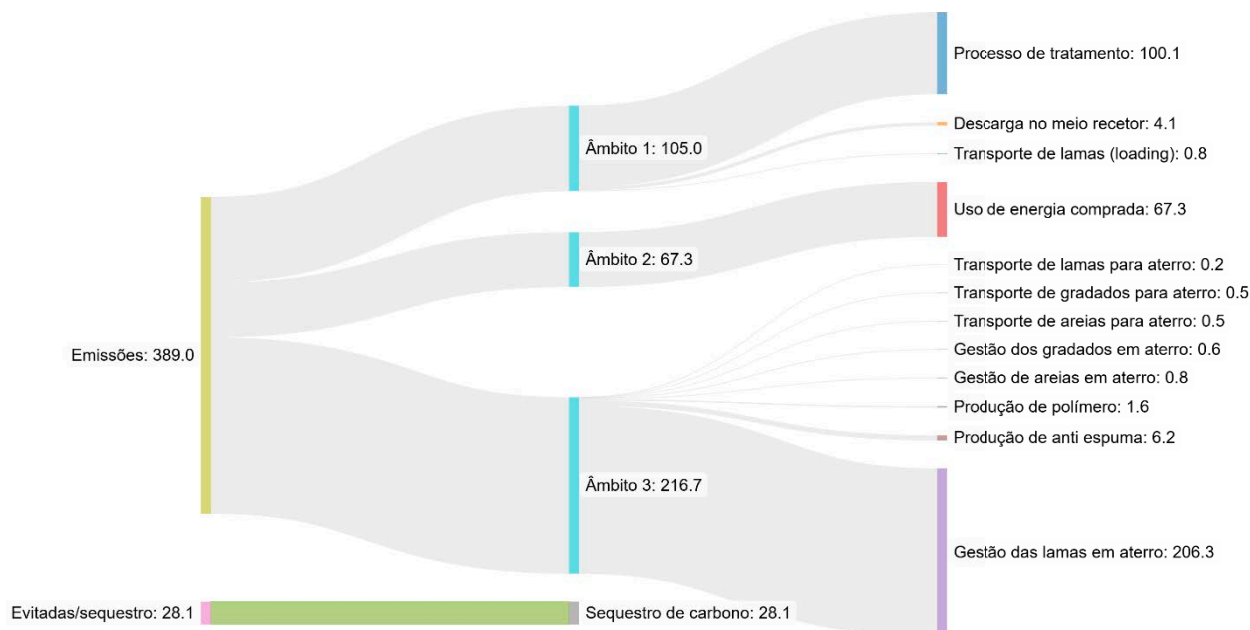


Figura 6.25 – Diagrama de Sankey para as emissões de CO₂-eq, em toneladas, na ETAR de Ponte de Moreira.

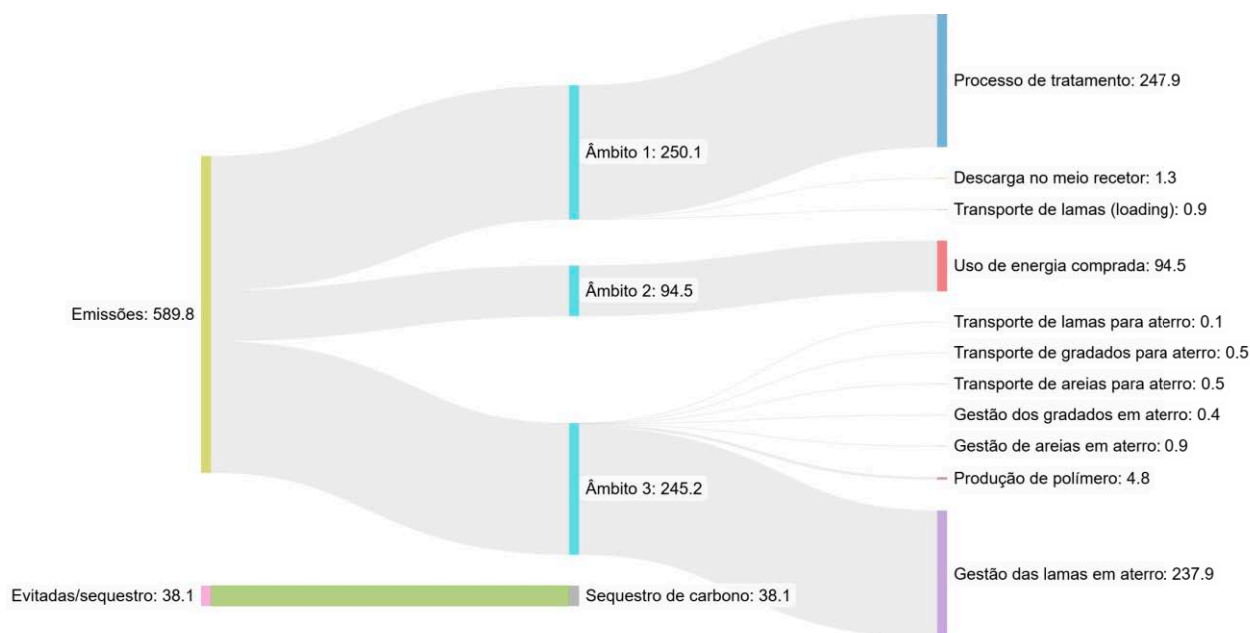


Figura 6.26 – Diagrama de Sankey para as emissões de CO₂-eq, em toneladas, na ETAR de Cambados.

A comparação das pegadas de carbono da três ETAR revela que, em termos absolutos, a ETAR de Parada emite mais do que o dobro do que a ETAR de Ponte de Moreira, mas quando expressas em kg CO₂-eq/m³ tratado, observa-se precisamente o contrário (a ETAR de Parada emite cerca de cinco vezes menos do que Ponte de Moreira e Cambados). Em todas as ETAR, as principais fontes de emissões incluem o processo de tratamento, o consumo de energia comprada e a gestão de resíduos. No entanto, tal como reportado na literatura e refletido nas ferramentas de quantificação de emissões em ETAR, a produção de biogás é acompanhada por fugas. Neste caso, assumiu-se que estas correspondiam a 2,8% do biogás produzido. Estas

emissões fugitivas de CH₄ acabam por ser um contributo relevante para a pegada de carbono da ETAR de Parada.

Apesar disso, a ETAR de Parada compensa parte das suas emissões através da produção e aplicação de composto em atividades agrícolas, evitando 259,7 toneladas de CO₂-eq ao substituir fertilizantes sintéticos. Em contrapartida, as ETAR de Ponte de Moreira e de Cambdaos têm uma capacidade de compensação muito inferior, limitada ao sequestro de carbono resultante da gestão de lamas em aterro.

Embora a ETAR de Ponte de Moreira tenha uma pegada de carbono global mais baixa, a de Parada demonstra uma estratégia mais eficaz de mitigação, sobretudo devido ao reaproveitamento do composto, que, além dos benefícios ambientais, gera receita através da comercialização dos fertilizantes orgânicos AGRONAT e NATURANAT. Para reduzir ainda mais as emissões, ambas as ETAR podem otimizar a gestão do biogás, promover a produção própria de energia de fontes renováveis (por exemplo, com a instalação de painéis fotovoltaicos), reduzir o consumo energético e fomentar o reaproveitamento dos subprodutos e da água tratada.

7. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS AO UTILIZADOR (ERSAR)

7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Como mencionado no subcapítulo 2.3. (Metas e indicadores), os SMAS da Maia, enquanto entidade gestora, deverão orientar a sua operação no sentido de prestarem o melhor serviço dentro do enquadramento legal e da regulação a que estão sujeitos. Neste âmbito, toma especial relevância o sistema de avaliação da qualidade dos serviços prestados ao utilizador estabelecido pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

7.2 CLASSIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SERVIÇO

No Quadro 9.1 apresenta-se o valor e classificação dos indicadores de qualidade, entre 2018 e 2023.

No que respeita ao objetivo de adequação do serviço ao utilizador, é de realçar um bom desempenho no critério de acessibilidade do serviço aos utilizadores, sendo que os respetivos indicadores (*AR02 – Acessibilidade física do serviço através de redes fixas e meios móveis* e *AR03 – Acessibilidade económica ao serviço*) apresentam a classificação de boa qualidade. No que respeita ao critério de qualidade do serviço prestado aos utilizadores, embora o indicador *AR05 – Resposta a reclamações, sugestões e pedidos de informação escritos* apresente uma boa classificação, o indicador *AR04 – Ocorrência de inundações* apresenta uma classificação insuficiente nos anos analisados. De realçar que, embora se verifique uma tendência de melhoria nos últimos anos, observando-se no último período de avaliação (2023) o melhor valor (1,7 inundações/(1000 ramais · ano), este ainda se encontra longe do limiar máximo para uma boa classificação (0,25 inundações/(1000 ramais · ano), existindo, assim, margem para melhorias.

O segundo objetivo, sustentabilidade da gestão do serviço, é avaliado em três critérios. O primeiro, sustentabilidade económica, apresenta uma dualidade na avaliação dos respetivos indicadores. Por um lado, o indicador *AR06 – Cobertura dos gastos* apresenta uma boa classificação em todos os anos do período em análise. Porém, no que respeita ao indicador *AR08 – Adesão ao serviço por rede fixa*, existe, ainda, margem para melhoria, sendo que o seu valor tem subido gradualmente, passando de uma classificação insuficiente, entre 2018 e 2021, para uma classificação mediana em 2022 e 2023 ao atingir os 91 e 92%, respetivamente. A classificação como qualidade de serviço boa neste indicador exige, no mínima uma cobertura de serviço efetivo em 95% dos alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora.

Quadro 7.1 – Valor, classificação e índice de fiabilidade dos indicadores reportados à ERSAR entre 2018 e 2022.

OBJETIVO / Critérios / Indicadores ▼	Período de reporte ►	2018*	2019*	2020*	2021*	2022	2023
ADEQUAÇÃO DO SERVIÇO AO UTILIZADOR							
Acessibilidade do serviço aos utilizadores							
AR02 – Acessibilidade física do serviço através de redes fixas e meios móveis (%)		99	99	99	99	100	100
AR03 – Acessibilidade económica ao serviço (%)		0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21
Qualidade do serviço prestado aos utilizadores							
AR04 – Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais · ano)]		6.74	15.6	18.4	6.75	4.7	1.7
AR05 – Resposta a reclamações, sugestões e pedidos de informação escritos (%)		99	98	100	99	100	100
SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DO SERVIÇO							
Sustentabilidade económica							
AR06 – Cobertura dos gastos (%)		103	106	100	103	102	110
AR08 – Adesão ao serviço por rede fixa (%)		86.2	87.2	87.9	89.7	91	92
Sustentabilidade infraestrutural							
AR09 – Reabilitação de coletores (%/ano)		0	NR	0	0	0	0
AR10 – Ocorrência de colapsos estruturais em coletores [n.º/100 km · ano]		0	0	0	0	0	0
AR11 – Monitorização da condição de coletores (%)						0	0
AR12 – Utilização da infraestrutura de tratamento (%)						112	126
Produtividade física dos recursos humanos							
AR14 – Adequação dos recursos humanos no tratamento [n.º/(10 ⁶ m ³ · ano)]						3.7	3.5
AR15 – Adequação dos recursos humanos na recolha e drenagem [n.º/(100 km · ano)]		16.5	17	16.1	17	10.6	10.5
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL							
Eficiência na utilização de recursos ambientais							
AR16 – Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m ³ · 100 m)]		NR	NR	NR	0.67	0.70	0.87
AR17 – Produção de lamas no tratamento (kg/m ³)						0.60	0.40
Circularidade e Valorização							
AR18 – Produção de água para reutilização (%)						0	0
AR19 – Produção própria de energia (%)						20	20
Eficiência na prevenção da poluição							
AR20 – Controlo de descargas de emergência e de tempestade (%)		0	0	0	0	0	0
AR21 – Cumprimento dos requisitos de descarga (%)		100	100	100	100	NR	32

Em cada indicador é apresentado o valor, seguido da categoria da qualidade do serviço: ● - boa; ● - mediana; ● - insuficiente.
*Os valores e categorias correspondem ao indicador equivalente da 3ª geração do sistema de avaliação da qualidade dos serviços prestados ao utilizador.

O critério de sustentabilidade infraestrutural é avaliado em quatro indicadores, dos quais dois foram introduzidos na última geração (2022). Neste sentido, o indicador AR09 – Reabilitação de coletores apresenta-se manifestamente crítico, com o valor de zero nos anos em análise e, naturalmente, com classificação insuficiente. Um bom desempenho no que respeita à reabilitação de coletores exige uma taxa entre 1,5 e 4,0% ao ano, sendo necessário reforçar esforços na manutenção da rede de coletores. Contudo, a ausência de reabilitação de coletores ainda não originou ocorrência de colapsos estruturais, sendo que o respetivo indicador (AR10), apresenta uma boa classificação.

No que respeita aos dois indicadores introduzidos na última geração, neste critério, o indicador AR11 – *Monitorização da condição de coletores* foi classificado como insuficiente, dado o seu valor de 0%, correspondente à percentagem de coletores de águas residuais com mais de 10 anos inspecionados nos últimos 5 anos, evidenciando necessidade de melhoria nos processos de inspeção periódica dos coletores. Já o indicador AR12 – *Utilização da infraestrutura de tratamento* foi classificado como mediano, com o valor de 112% respeitante à percentagem da capacidade de tratamento utilizada no período de maior afluência, refletindo alguma desadequação da capacidade das estações de tratamento, no seu conjunto, em acomodar períodos de maior afluência de caudais.

O último critério do segundo objetivo diz respeito à produtividade física dos recursos humanos. Neste âmbito, o indicador AR15 – *Adequação dos recursos humanos na recolha e drenagem* apresentou uma classificação insuficiente entre 2018 e 2021, com valores a variar entre os 16 e 17/(100 km · ano), considerados superiores ao desejável, sendo que no último ano de análise este valor atingiu os 10,5/(100 km·ano) e, consequentemente, uma classificação mediana, perto do intervalo de valores considerado como adequado, entre 5 e 10/(100 km·ano). No que respeita ao indicador AR14 – *Adequação dos recursos humanos no tratamento*, a classificação obtida em 2022 e 2023 foi insuficiente, com o valor de 3,7 e 3,5/(10⁶ m³·ano), estando acima do intervalo de referência para uma classificação de boa qualidade (entre 2,1 e 2,8/(10⁶ m³·ano)).

Por fim, o terceiro objetivo prende-se com a sustentabilidade ambiental. O primeiro critério deste objetivo AR16 – *Eficiência energética de instalações elevatórias* não foi respondido entre 2018 e 2020, sendo que entre 2021 e 2023 foi classificado como de qualidade mediana com os valores entre 0,67 e 0,87 kWh/(m³·100 m), respetivamente, verificando-se uma tendência de agravamento. Uma classificação de boa qualidade requer eficiências entre os 0,27 e 0,54 kWh/(m³·100 m). Naturalmente que este indicador é importante face ao elevado número de estações elevatórias do sistema de saneamento da Maia. O segundo indicador deste critério, AR17 – *Produção de lamas no tratamento*, foi avaliado como de boa qualidade, em 2022 e 2023, com 0,60 e 0,40 kg/m³ de água residual tratada.

O segundo critério do objetivo de sustentabilidade ambiental diz respeito à circularidade e valorização de recursos. O primeiro indicador deste critério, AR18 – *Produção de água para reutilização*, teve, em 2022 e 2023, uma classificação de insuficiente com o valor de 0%, uma vez que a produção de água para reutilização ainda não é uma realidade no sistema de saneamento da Maia. Por seu lado, o segundo indicador deste critério, AR19 – *Produção própria*

de energia, foi classificado, em 2022 e 2023, como de boa qualidade, com 20% de produção de energia própria face à energia consumida em ambos os anos.

Por fim, o último critério, diz respeito à eficiência e prevenção da poluição. Por um lado, o indicador *AR20 – Controlo de descargas de emergência e de tempestade* foi classificado com qualidade insuficiente, em todos os anos em análise, dada a ausência de monitorização do desempenho dos descarregadores de emergência existentes. Por seu lado, o indicador *AR21 – Cumprimento dos requisitos de descarga* obteve, entre 2018 e 2021, a classificação de boa qualidade com valores de 100%. Em 2023, este indicador surge com uma classificação insuficiente face ao valor de 32%, sendo que uma boa classificação exige o atingimento de 100% do equivalente de população servido por instalações de tratamento com tratamento satisfatório.

7.3 ÍNDICES DE DESEMPENHO

Para além dos indicadores de avaliação do desempenho, fazem parte do sistema de avaliação cinco índices de desempenho, sendo eles:

- ☒ **ICI - Índice de conhecimento infraestrutural:** cujo objetivo é avaliar o conhecimento que a entidade gestora detém das infraestruturas do serviço de gestão de águas residuais urbanas existentes na sua área de intervenção, podendo variar entre 0 e 200 pontos.
- ☒ **IGPI - Índice de gestão patrimonial de infraestruturas:** determinado através da soma da pontuação atribuída a um conjunto de questões com vista à avaliação da gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) na entidade gestora, podendo variar entre 0 e 200 pontos.
- ☒ **IMC - Índice de medição de caudais** - cujo objetivo é avaliar se todos os pontos considerados relevantes para a otimização da gestão do funcionamento do sistema estão dotados de medidor de caudal, podendo variar entre 0 e 200 pontos.
- ☒ **IVI - Índice de valor da infraestrutura:** rácio entre o valor atual da rede e o valor de substituição correspondente ao ano de referência, podendo variar entre 0 e 1.
- ☒ **ISR – Índice de Segurança e Resiliência:** cujo objetivo é avaliar os aspetos considerados essenciais para a segurança e resiliência do serviço de gestão de águas residuais urbanas, nomeadamente no que respeita à governança e operacionalização da segurança, à gestão do risco, à comunicação e à existência de plano, nas categorias relativas à segurança da água, segurança das instalações (infraestruturas e produto), cibersegurança, contingência para situações de seca e gestão de emergência e crises, podendo variar entre 0 e 200 pontos.

A Figura 7.1 apresenta a evolução destes índices, entre 2018 e 2023. De salientar que o índice de valor da infraestrutura (IVI) foi normalizado entre 0 e 200 para efeitos comparativos.

Verifica-se que, tanto no caso do índice de conhecimento infraestrutural (ICI) como do índice de gestão patrimonial de infraestruturas (GPI), houve um forte investimento de melhoria por parte dos SMAS Maia, passando de uma avaliação mínima para uma avaliação acima dos 150 pontos nos últimos três anos, num máximo de 200 pontos. Adicionalmente, houve também um esforço relativo ao índice de medição de caudais (IMC), no mesmo período, embora ainda se encontre aquém de valores recomendados. O índice de segurança e resiliência (ISR), que faz parte da 4ª

e última geração de indicadores, ainda se encontra num estado inicial de desenvolvimento e carece de atenção.

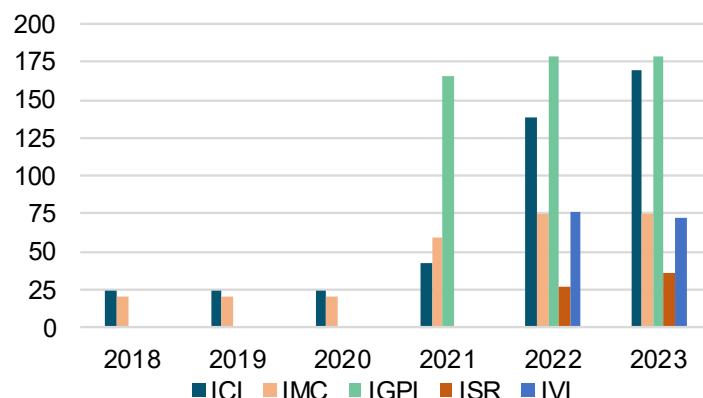


Figura 7.1 – Índices de conhecimento infraestrutural, medição de caudais, gestão patrimonial de infraestruturas e de segurança e resiliência reportados à ERSAR entre 2018 e 2023.

Por fim, o índice de valor infraestrutural (IVI), que estabelece um rácio entre o valor atual da rede e o valor de substituição correspondente ao ano de referência, apresenta valores de 0,38 e 0,36 (entre 0 e 1) para os anos de 2022 e 2023, respetivamente, indicando uma perda de valor do sistema de saneamento.

De uma forma simplificada, estimaram-se os valores de reposição das infraestruturas do sistema de saneamento da Maia, tendo por base os custos unitários adaptados de Covas et al. (2020), bem como projetos de execução recentes de infraestruturas equivalentes, os quais se apresentam no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Estimativa dos valores de reposição das infraestruturas do sistema de saneamento da Maia.

Infraestrutura	Total
ETAR	71 000 000 €
Cambados	12 000 000 €
Ponte Moreira	17 000 000 €
Parada	42 000 000 €
Rede de drenagem gravítica	62 530 000 €
Coletores	44 080 000 €
Emissários	18 450 000 €
Sistemas elevatórios	11 760 000 €
Estações elevatórias	9 700 000 €
Conduitas elevatórias	2 060 000 €
Total	145 290 000 €

O sistema de saneamento totaliza um valor de reposição do património de cerca de 145 milhões de euros, o que significa que uma reposição de 2 a 4% deste valor ascenderia a custos da ordem de 2,9 a 5,8 milhões de euros/ano.

8. PRINCIPAIS PROBLEMAS E DESAFIOS DO SISTEMA DE SANEAMENTO

8.1 ASPETOS GERAIS

A caracterização e diagnóstico de desempenho do sistema de saneamento da Maia permitiram identificar diversos problemas de carácter hidráulico, ambiental, estrutural e operacional, muitas vezes interdependentes, destacando-se algumas lacunas de cadastro, limitações de capacidade hidráulica de algumas infraestruturas, afluências indevidas de caudais, descarga de excedentes e poluição do meio recetor, e envelhecimento dos ativos.

Neste contexto, importa ainda identificar desafios de futuro, que devem constituir-se como fundamento para o estabelecimento e priorização de estratégias beneficiadoras, incluindo conceitos como economia circular, sustentabilidade económica, resiliência e adaptação às alterações climáticas, indo de encontro às exigências da regulação e legislação, bem como às tendências de operação e gestão do setor.

8.2 PRINCIPAIS PROBLEMAS IDENTIFICADOS

8.2.1 LACUNAS DE DADOS DE CADASTRO

O cadastro de infraestruturas de drenagem de águas residuais é um elemento fundamental para o conhecimento do sistema, que deverá ser atualizado à medida que ocorrem intervenções no mesmo. O cadastro de infraestruturas de drenagem de águas residuais dos SMAS da Maia, fornecido em formato vetorial e georreferenciado, apresenta, na sua generalidade, uma qualidade adequada, quer no que respeita à diversidade de campos de controlo, quer na completude dos dados.

Porém, é de destacar que 19% das câmaras de visita apresentam ausência de informação relativa à cota do terreno/tampa e/ou à profundidade à soleira, tal como se resume no Quadro 8.1. Como descrito no Capítulo 5 (Caracterização e diagnóstico do sistema de drenagem) a ausência destes dados induziu a necessidade de assumir valores de inclinação médias nos respetivos coletores aquando da verificação hidráulica. Adicionalmente, verifica-se que o cadastro não apresenta dados relativos às alturas/profundidades das quedas dos coletores nas câmaras de visita, sendo assumidas inclinações com base nas cotas de soleira das câmaras de visita de montante e jusante em cada troço. De realçar que algumas das lacunas de informação das câmaras de visita são em trechos de emissários, sendo mais críticas.

Quadro 8.1 – Disponibilidade/ausência de informação relativa à cota do terreno/tampa e profundidade das câmaras de visita no cadastro de infraestruturas de drenagem de águas residuais.

Cota de terreno	Profundidade à soleira	Nº de câmaras (%)
✓	✓	11 704 (81%)
✗	✓	231 (2%)
✓	✗	2 155 (15%)
✗	✗	372 (3%)
Total		14 462 (100%)

Foram identificadas zonas cuja informação cadastral apresenta lacunas que podem ser importantes para a caracterização das sub-bacias e avaliação de desempenho do sistema, ainda que pontuais, as quais se encontram sintetizadas no Quadro 8.2.

Quadro 8.2 – Identificação e descrição de locais com lacunas de informação cadastral.

Tipo de lacuna	ID	Sub-sistema	Descrição
Bifurcação de coletores	D1	Cambados	Entrada do coletor da Travessa da Anta no coletor da Rua da Anta, em ponto alto, com bifurcação.
	D3	Parada	Entrada do coletor da Rua General Carmona no coletor da Rua Doutor António José de Almeida, em ponto alto, com bifurcação.
	D4	Parada	Bifurcação do coletor da Rua Joaquim da Silva Torres, no cruzamento com a Rua Padre Arnaldo Rebelo.
Ausência de ligação de jusante	D2	Parada	Ausência de ligação dos coletores da Rua da Seara, em sub-bacia de cerca de 12 ha.
	D5	Parada	Ausência de ligação de jusante/descarga dos coletores que confluem na Travessa Central da Corga, em sub-bacia de cerca de 30 ha.
	D6	Parada	Ausência de ligação entre os coletores que confluem à Rua do Mosteiro, em sub-bacia de cerca de 280 ha.
	D7	Parada	Ausência de ligação dos coletores que confluem à Rua de Figueiras, junto ao rio Leça, ao emissário EM08 – Leça, em sub-bacia de cerca de 10 ha.
	D8	Parada	Ausência de ligação dos coletores que confluem à Rua da Quinta da Azenha ao emissário EM08 – Leça, em sub-bacia de cerca de 77 ha.

Foram também identificados trechos dos emissários com ausência de levantamento de câmaras e/ou potencialmente implantados sob edifícios (Quadro 8.3). De salientar o caso dos emissários EM09 – Gemunde/Cambados, EM11 – Poente ZI, EM14 – Secundário de Matos, EM01 – Arquinho e EM03 – Chiolo, cuja extensão dos trechos com ausência de levantamento de câmaras correspondem a 24%, 68%, 17%, 38% e 19% das suas extensões totais. A maioria destes trechos encontram-se implantados em terrenos agrícolas, o que dificultará o acesso a estas infraestruturas.

Identificam-se, pontualmente, trechos potencialmente implantados sob edifícios, nomeadamente no EM01 – Arquinho e no EM08 – Leça, em trechos de cerca de 315 m e 345 m localizados a 300 m e 1 km a montante da ETAR de Parada, respetivamente, situações a verificar e a corrigir, em caso de confirmação.

A Peça Desenhada 06, do cadastro de infraestruturas de drenagem de águas residuais, apresenta as lacunas identificadas e descritas.

Quadro 8.3 – Trechos dos emissários com ausência de levantamento de câmaras de visita.

Sub-sistema	Emissário	Trechos	Comprimento (m)	Fração da extensão total
Cambados	EM09 - Gemunde/Cambados	2-C014371 – 2-C004340	196	24%
		2-C004336 – 2-C014372	158	
		2-C014372 – 2-C004322	231	
		2-C004331 – 2-C014388	121	
		2-C004327 – 2-C004329	133	
		2-C004349 – 2-C004344	257	
Ponte de Moreira	EM10 - Nacente ZI	2-C011470 – 2-C011463	139	6%
	EM11 - Poente ZI	2-C010635 – 2-C010661	510	68%
		2-C010693 – 2-C010669	229	
	EM14 - Secundário de Matos	2-C008291 – 2-C009913	179	17%
Parada	EM01 - Arquinho	2-C014478 – 2-C001441	361	38%
		2-C001591 – 2-C001579	376	
		2-C001428 – 2-C001617	269	
		2-C001372 – 2-C004320	475	
		2-C004320 – 2-C006174	357	
		2-C006198 – 2-C006195	278	
		2-C006194 – 2-C006192	400	
		2-C011504 – 2-C011510	315	
		2-C011507 – 2-C008448	653	
		2-C007624 – 2-C007677	314	
	EM02 - Maia (Nascente)	2-C006787 – 2-C007260	151	6%
	EM03 - Chiolo	2-C014485 – 2-C004264	443	19%
		2-C004219 – 2-C014484	235	
	EM04 - Silva Escura	2-C006197 – 2-C006199	214	8%
	EM05 - Boi Morto	2-C009125 – 2-C013872	243	9%
	EM08 - Leça	2-C007407 – 2-C007422	350	8%

8.2.2 LIMITAÇÕES DE CAPACIDADE HIDRÁULICA DE ALGUMAS DAS INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM

Da avaliação do desempenho hidráulico realizada aos emissários conclui-se que a grande maioria dos seus trechos apresentam capacidade hidráulica para transportar os caudais de águas residuais estimados para tempo seco e em condições genericamente adequadas, embora nalguns casos com dificuldades de satisfazer o critério de autolimpeza ($v \geq 0,6$ m/s). De realçar que alguns destes casos dizem respeito a trechos cuja informação cadastral apresenta lacunas, carecendo, por isso, de verificação.

A totalidade dos trechos que indiciam limitações no cumprimento dos critérios regulamentares de desempenho hidráulico estão identificados em detalhe no subcapítulo 5.2.3 deste documento, bem como, em maior detalhe, no Anexo 1 – Verificação hidráulica dos emissários em tempo seco, em regime permanente e uniforme e na Peça Desenhada 10.

No respeito à rede de coletores, importa, ainda, referir a identificação de 52 locais que apresentam redução da secção útil do coletor para jusante, situação não conforme com o Artigo 135.º do DR23/95. Existem variadas razões que justificam a ocorrência deste tipo de situações, desde logo, erro na digitação dos dados no cadastro. Nalguns casos, este tipo de situação pode não comportar um risco elevado para o correto desempenho, nomeadamente quando os trechos de maior diâmetro se encontram sobredimensionados. Não obstante, estas situações deverão ser verificadas em trabalho de campo e, quando necessário, intervencionadas. Estas situações estão resumidas no Quadro 8.4 e georreferenciadas na Peça Desenhada 06.

Quadro 8.4 – Locais que apresentam redução da secção útil do coletor para jusante

Sub-sistema	ID	(Material) DN	
		Troço de montante	Troço de jusante
Cambados	R1	(PVC) 315	(PVC) 200
	R2	(PVC) 250	(PVC) 200
	R3	(PVC) 400	(PVC) 200
	R4	(GR) 300	(GR) 200
	R5	(PVC) 315	(PVC) 200
	R6	(PVC) 250	(PVC) 200
	R7	(PVC) 315	(PVC) 200
	R8	(PVC) 250	(PVC) 200
Ponte de Moreira	R42	(GR) 350	(GR) 200
	R43	(PVC) 315	(GR) 200
	R44	(PPC) 200	(PVC) 160
	R45	(PVC) 250	(PVC) 200
	R46	(PVC) 315	(PVC) 200
	R47	(PVC) 315	(PVC) 200
	R48	(GR) 400	(PVC) 200
	R49	(PVC) 250	(PVC) 200
	R50	(PVC) 250	(PVC) 200
	R51	(PVC) 250	(PVC) 200
	R52	(PVC) 315	(PVC) 200
Parada	R9	(PVC) 315	(PVC) 200
	R10	(PVC) 400	(PVC) 200
	R11	(PVC) 315	(PVC) 200
	R12	(PVC) 315	(PVC) 200
	R13	(PVC) 250	(PVC) 200
	R14	(GR) 200	(PVC) 200
	R15	(PVC) 400	(PVC) 200
	R16	(PVC) 315	(PVC) 200
	R17	(PVC) 315	(PVC) 200
	R18	(GR) 315	(PVC) 200
	R19	(PVC) 315	(PVC) 200
	R20	(PVC) 315	(PVC) 200
	R21	(A7) 310	(GR) 200
	R22	(PVC) 250	(PVC) 200
	R23	(GR) 300	(GR) 200
	R24	(GR) 300	(PVC) 200
	R25	(PVC) 315	(PVC) 200
	R26	(PVC) 250	(PVC) 200
	R27	(PVC) 315	(PVC) 200
	R28	(GR) 400	(PVC) 200
	R29	(PVC) 315	(PVC) 200
	R30	(PVC) 250	(PVC) 200
	R31	(PVC) 250	(PVC) 200
	R32	(PVC) 315	(PVC) 200
	R33	(PVC) 315	(PPC) 200
	R34	(PVC) 315	(PVC) 200
	R35	(PPC) 315	(PPC) 200
	R36	(PVC) 250	(PVC) 200
	R37	(PVC) 250	(PVC) 200
	R38	(PVC) 250	(PVC) 200
	R39	(PVC) 315	(PVC) 200
	R40	(PVC) 250	(PVC) 200
	R41	(PVC) 250	(PVC) 200

8.2.3 AFLUÊNCIAS INDEVIDAS DE CAUDAIS

As situações reportadas pelos técnicos dos SMAS da Maia, em conjunto com os resultados da avaliação do desempenho hidráulico realizado em tempo de chuva, com recurso ao modelo EPA-SWMM, permitem verificar que grande parte dos problemas de desempenho identificados no dia-a-dia de operação dos SMAS da Maia se devem, sobretudo, ao impacto de afluências indevidas à rede de saneamento.

A ocorrência de afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais pode ter diversas origens e, consequentemente, diferentes consequências, sendo as principais:

- ☒ Redução da capacidade hidráulica, promovendo o aumento da probabilidade de entrada em carga do coletor, da ocorrência de inundações e de descargas.
- ☒ Extravasamento de águas residuais para as vias públicas, podendo causar danos materiais e pessoais.
- ☒ Entrada em funcionamento de descarregadores de tempestade ou de segurança, com descargas de caudais excedentes, sem tratamento, para o meio recetor.
- ☒ Entrada de sedimentos nos coletores, aumentando o fluxo de material sólido e potenciando a danificação das infraestruturas de drenagem.
- ☒ Aceleração da degradação estrutural dos coletores, devido às variações de pressão interna, velocidades de escoamento excessivas ou à entrada de sedimentos.
- ☒ Presença de odores indesejados associados a ligações indevidas de sarjetas de passeio e sumidouros não sifonados.
- ☒ Aumento do custo de exploração (nomeadamente reagentes e energia) e redução da eficiência do tratamento das águas residuais.

O Quadro 8.5 sintetiza as fonte/tipologias de afluências indevidas aos sistemas de drenagem urbana. As afluências induzidas pela precipitação produzem caudais de ponta, enquanto a infiltração origina um caudal com pouca variação, tipicamente com influência sazonal do nível freático do aquífero envolvente. A entrada de maré em sistemas próximos de cursos de água com influência de maré, estuários ou mar, provoca uma sobrecarga hidráulica na rede de coletores domésticos com consequência ao nível do aumento dos custos energéticos de bombagem, bem como entradas significativas de cloretos no sistema de drenagem, o que não se configura no sistema de saneamento da Maia.

De salientar que os trabalhos a desenvolver no âmbito do projeto de Redução de Afluências Indevidas no Sistema de Drenagem de Águas Residuais do Município da Maia, que incluem um diagnóstico detalhado da rede de drenagem com recurso a inspeção CCTV, são fundamentais por permitirem a avaliação, no campo, das deficiências e dos riscos das afluências indevidas às infraestruturas de saneamento, para o seu controlo posterior.

Neste contexto, não estando o período de realização dos trabalhos de redução de afluências indevidas alinhado com o prazo para ultimar o desenvolvimento do presente Plano Diretor, não é viável, promover, desde já, sinergias significativas entre estes. Os trabalhos desenvolvidos de construção do modelo hidráulico em EPA-SWMM serão, no entanto, importantes, no futuro,

porque o modelo desenvolvido, uma vez calibrado e validado com dados a obter no âmbito do projeto de aflúências indevidas, constitui uma ferramenta útil de simulação e previsão de desempenho do sistema.

Quadro 8.5 – Tipos de aflúências indevidas aos sistemas de drenagem urbana.

Fonte/tipo		Mecanismo
Infiltração	Base	Infiltração de água do subsolo e aquíferos
		Infiltração da exfiltração de coletores domésticos cruzados
	Direta	Desvio de águas superficiais e subterrâneas
		Ligações de bombagens para rebaixamento dos níveis freáticos
	Induzida pela precipitação	Infiltração através de câmaras de visita
		Infiltração devido a exfiltração de coletores pluviais
Escoamento direto	Induzido pela precipitação	Ligações ilícitas de coletores pluviais/unitários ao coletor doméstico
		Ligações ilícitas de ramais pluviais prediais
		Ligações ilícitas de dispositivos de interceção de águas pluviais (sumidouros e sarjetas) ao coletor doméstico
		Entrada de escoamento superficial através de tampas de câmaras de visita (tampa danificada, tampa ventilada ou tampa com encaixe defeituoso)
Domésticos		Ligações indevidas diretamente ao coletor pluvial
		Ligações indevidas diretamente ao meio recetor
		Escoamento com origem em descarregadores de “alívio” ou de “segurança”
Industriais	Sem licença de descarga	Ligações indevidas diretamente ao coletor doméstico
		Ligações indevidas diretamente ao coletor pluvial
		Ligações indevidas diretamente ao meio recetor
	Com licença de descarga	Ligações que não cumprem os parâmetros de qualidade estabelecidos para a descarga
Maré		Entradas diretas no coletores doméstico através de pontos de descarga ligados ao meio recetor
		Infiltração de água salina

8.2.4 DESCARGA DE EXCEDENTES E POLUIÇÃO DO MEIO RECETOR

As aflúências indevidas de caudais pluviais e o elevado número de estações elevatórias do sistema de saneamento da Maia, 85 no total (78 geridas pelos SMAS da Maia), constituem um fator crítico no que respeita à descarga de excedentes unitários para o meio recetor. De facto, cada estação elevatória constitui-se como um ponto nevrálgico e crítico do sistema de saneamento que, quando opera em condições mais exigentes que as previstas aquando do seu dimensionamento, ou quando tem lugar uma avaria ou falha de energia, resulta em descargas diretas de caudais poluídos para o meio recetor.

Existe uma elevada densidade de estações elevatórias de águas residuais no sistema de saneamento da Maia, quase 1 EE por km² ou 1 EE por 1.730 habitantes do concelho. Tal densidade origina dificuldades de gestão e operação do sistema, com efeitos na qualidade das linhas de água que recebem caudais poluídos quando as EE não operam em condições adequadas, nomeadamente no rio Leça. A título de exemplo, considere-se a EE20 (Terramonte), que descarrega muito frequentemente caudais para o meio recetor, ou a situação reportada junto à EE75, de descarga constante de águas residuais para o meio recetor (situações identificadas e reportadas por técnicos dos SMAS da Maia e da AM-Corredor do Leça no subcapítulo 4.7).

Na Figura 8.1 apresenta-se a localização das 82 estações elevatórias de águas residuais presentes no cadastro, em função da sua capacidade de elevação, em conjunto com a rede hídrica e infraestruturas de drenagem pluvial, recetores dos caudais provenientes das descargas de emergência. Das 74 EE com dados disponíveis relativos a volumes e tempos de elevação, verifica-se que cerca de 12% das EE têm capacidade de elevação até 10 l/s e 74% têm capacidade de elevação entre 10 e 20 l/s.

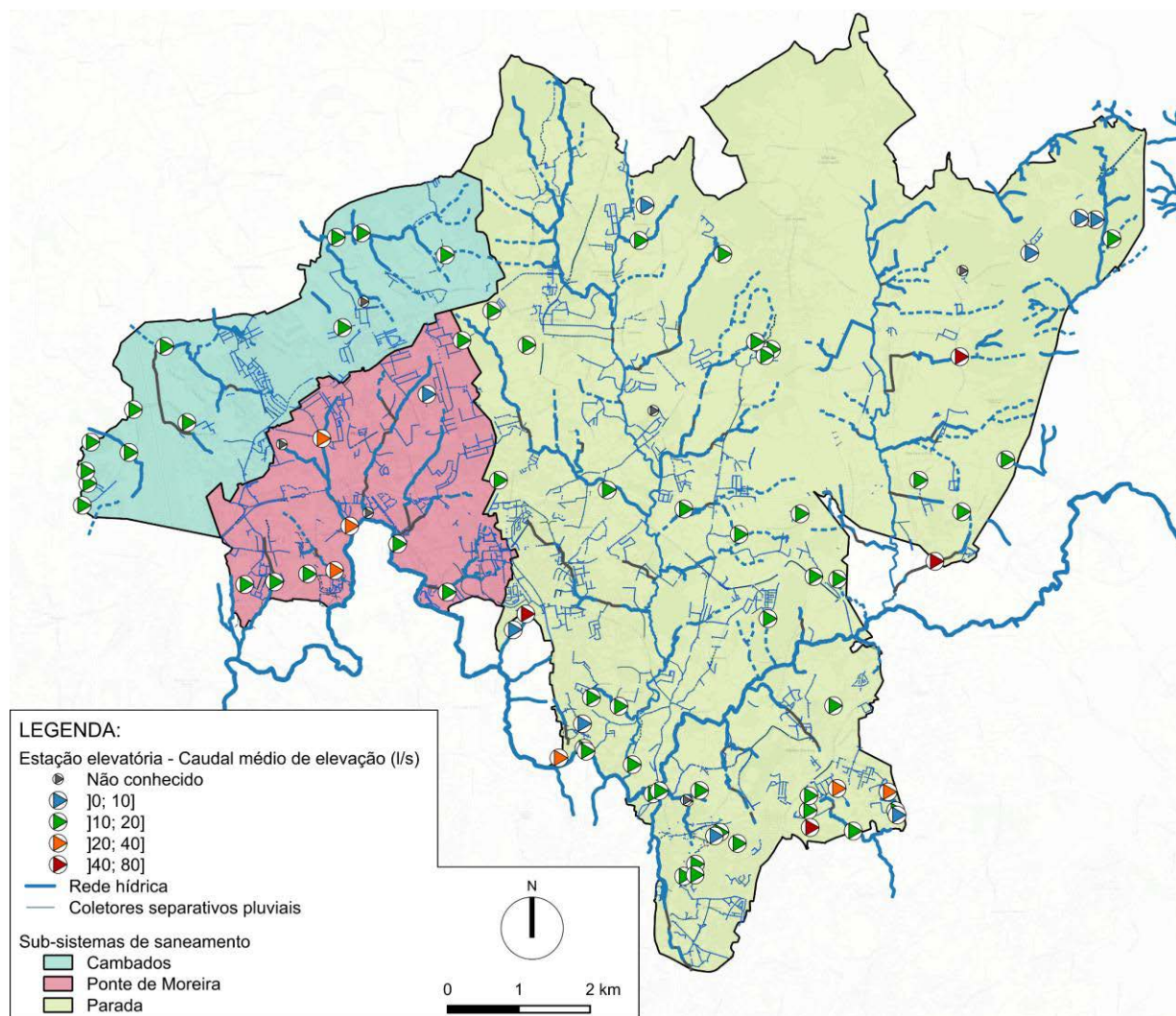


Figura 8.1 – Estações elevatórias de águas residuais, rede hídrica e infraestruturas de drenagem pluvial.

8.2.5 ENVELHECIMENTO DOS ATIVOS

Como apresentado no Capítulo 4.4, de análise do cadastro de infraestruturas de drenagem de águas residuais, a rede de coletores e emissários do sistema de saneamento da Maia apresenta, em grande parte, idades superiores a 30 anos, associada a uma muito reduzida taxa de renovação, inferior a 2%/ano. Na Figura 8.2 e Peça Desenhada 15 representa-se, em planta, a idade das infraestruturas de drenagem de águas residuais (em referência a 2025).

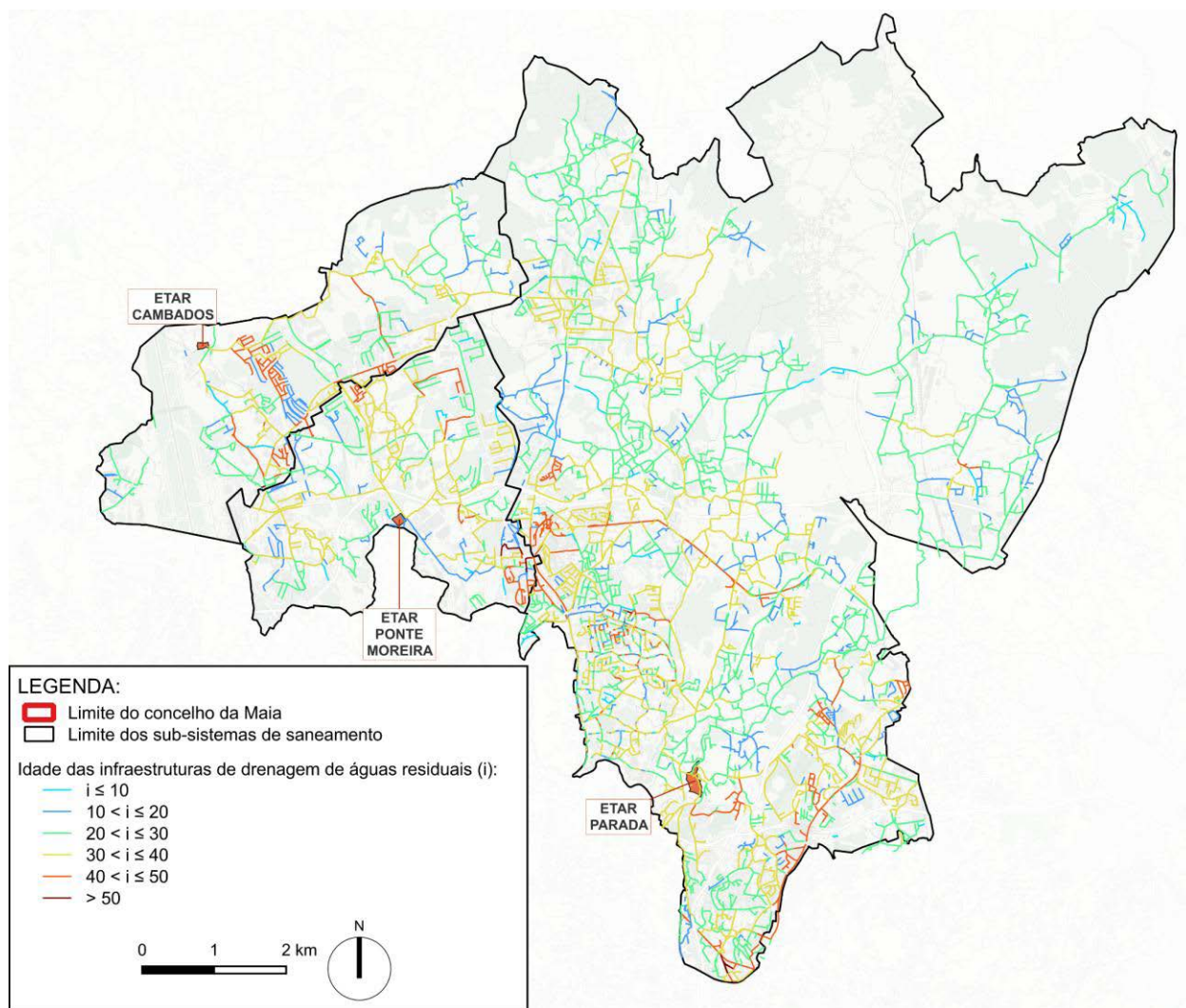


Figura 8.2 – Idade das infraestruturas de drenagem de águas residuais (coletores e emissários).

De salientar as zonas de Bouça Grande, no sub-sistema de Cambados, a zona do centro da Maia (desde a rotunda do Lavrador à Praça Doutor José Vieira de Carvalho), no sub-sistema de Ponte de Moreira, e a zona de Penedos e Enxurreiras, no sub-sistema de Parada, que apresentam maiores extensões de coletores com mais de 40 anos. Adicionalmente, identificam-se os coletores que se desenvolvem ao longo das estradas nacionais N107 (Avenida/Rua Dom Manuel II e Rua de Agostinha da Silva Rocha) e N105 (Rua Dom Afonso Henriques), no sub-sistema de Parada.

A Figura 8.3 apresenta, para cada sub-sistema, a distribuição das idades dos coletores de águas residuais (excluindo os trechos dos emissários). Verifica-se que, em todo o sistema de saneamento da Maia, cerca de 40% coletores de drenagem de águas residuais apresentam idade superior a 30 anos, sendo que cerca de 10% apresentam idades superiores a 40 anos. A idade dos coletores apresenta uma distribuição semelhante nos diferentes sub-sistemas, com prevalência dos coletores com idades entre os 20 e 40 anos. É de salientar que quase 20% da extensão dos coletores do sub-sistema de Cambados apresenta idade superior a 40 anos.

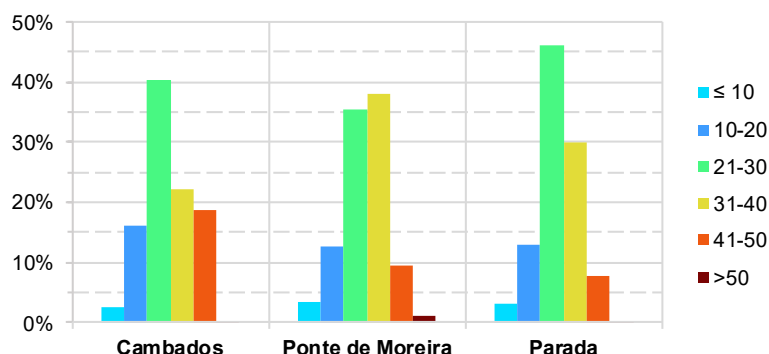


Figura 8.3 – Distribuição das idades dos coletores de águas residuais em cada sub-sistema.

No que respeita aos emissários, à parte do emissário EM06 – Maia (Poente), verifica-se que todos apresentam mais de 20 anos de idade média e que 8 dos 14 emissários têm uma idade média superior a 30 anos.

Quadro 8.6 – Ano de construção e idade média dos emissários.

Sub-sistema	Emissário	Ano de construção	Idade média
Cambados	EM09 - Gemunde/Cambados	1993 (100%)	32
Ponte de Moreira	EM06 - Maia (Poente)	2006 (100%)	19
	EM10 - Nascente ZI	1986/1987 (73%) 2008 (27%)	33
	EM11 - Poente ZI	1986/1987 (100%)	39
	EM12 - Guarda	1985 (100%)	40
	EM13 - Carvalhido	1986 (100%)	39
	EM14 - Secundário de Matos	1992 (54%) 2000 (19%) 2019 (27%)	24
Parada	EM01 - Arquinho	1986-1989 (80%) 2000 (20%)	36
	EM02 - Maia (Nascente)	1977 (34%) 1998 (31%) 2003 (17%) 2016 (9%) 2019 (9%)	30
	EM03 - Chiolo	1998/1999 (72%) 2006 (11%) 2010 (6%) 2015 (11%)	24
	EM04 - Silva Escura	1999 (100%)	26
	EM05 - Boi Morto	1986 (100%)	39
	EM07 - Leandro	1998 (100%)	27
	EM08 - Leça	2000 (100%)	25

8.3 DESAFIOS DE FUTURO

CUMPRIMENTO SUSTENTADO DA LEGISLAÇÃO E PRESTAÇÃO DE SERVIÇO COM QUALIDADE

Tal como descrito no Capítulo 3, a nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas irá aumentar as exigências em várias frentes de atuação no que respeita ao tratamento das águas residuais urbanas, nomeadamente:

Realização de planos integrados e de monitorização para controlo de excedentes poluídos, com implementação de medidas para limitação da carga descarregada por excedentes a 2% da carga poluente total anua.

Aumento das exigências de tratamento nas ETAR, designadamente no que respeita aos limites de emissão de nutrientes (fósforo e azoto).

Eficiência energética, com o objetivo de neutralidade carbónica a nível nacional, para todas as ETAR com mais de 10 000 e.p, em 2045, mas com várias etapas de exigência intermédia, de 40 e 70%, entre 2030 e 2045.

Eventual necessidade de tratamento quaternário (com remoção de micropoluentes de origem farmacêutica e de origem cosmética), com recurso a tratamentos avançados de oxidação e adsorção (ozono e carvão ativado) em face da eventual futura classificação do meio recetor (rio Leça) pelo legislador.

Em complemento às exigências legais, os requisitos de avaliação da qualidade do serviço prestado por parte da entidade reguladora (ERSAR) devem pautar as prioridades de desenvolvimento dos SMAS da Maia. De acordo com a análise realizada no Capítulo 7, existe espaço para melhoria em 11 dos 18 indicadores do sistema de avaliação da qualidade dos serviços prestados ao utilizador estabelecido pela ERSAR, que, em 2023, ainda não satisfaziam os valores de referência para classificação da qualidade de serviço como boa (Quadro 8.7).

Estas exigências legais e requisitos de regulação constituem oportunidades de inovação que, planeadas atempadamente, permitem melhorar o ambiente e atratividade do território, o desenvolvimento económico e a imagem dinâmica de evolução da qualidade de vida no concelho da Maia.

Quadro 8.7 – Classificação dos indicadores do sistema de avaliação da qualidade dos serviços prestados ao utilizador estabelecido pela ERSAR reportados em 2023 e valores de referência para boa classificação.

OBJETIVO / Critérios / Indicadores	2023	Valores de referência para qualidade de serviço boa
ADEQUAÇÃO DO SERVIÇO AO UTILIZADOR		
Acessibilidade do serviço aos utilizadores		
AR02 – Acessibilidade física do serviço através de redes fixas e meios móveis (%)	100 ●	[90; 100]
AR03 – Acessibilidade económica ao serviço (%)	0.21 ●	[0.0; 0.5]
Qualidade do serviço prestado aos utilizadores		
AR04 – Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais · ano)]	1.7 ●	[0.00; 0.25]
AR05 – Resposta a reclamações, sugestões e pedidos de informação escritos (%)	100 ●	100
SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DO SERVIÇO		
Sustentabilidade económica		
AR06 – Cobertura dos gastos (%)	110 ●	[100; 110]
AR08 – Adesão ao serviço por rede fixa (%)	92 ●	[95; 100]
Sustentabilidade infraestrutural		
AR09 – Reabilitação de coletores (%/ano)	0 ●	[1.5; 4.0]
AR10 – Ocorrência de colapsos estruturais em coletores [n.º/100 km · ano]	0 ●	0
AR11 – Monitorização da condição de coletores (%)	0 ●	[75; +∞[
AR12 – Utilização da infraestrutura de tratamento (%)	126 ●	[70; 95]
Produtividade física dos recursos humanos		
AR14 – Adequação dos recursos humanos no tratamento [n.º/(10 ⁶ m ³ · ano)]	3.5 ●	[2.1; 2.8]
AR15 – Adequação dos recursos humanos na recolha e drenagem [n.º/(100 km · ano)]	10.5 ●	[5.0; 10.0]
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL		
Eficiência na utilização de recursos ambientais		
AR16 – Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m ³ · 100 m)]	0.87 ●	[0.27; 0.54]
AR17 – Produção de lamas no tratamento (kg/m ³)	0.40 ●	[0.0; 0.6]
Circularidade e Valorização		
AR18 – Produção de água para reutilização (%)	0 ●	[20; 100]
AR19 – Produção própria de energia (%)	20 ●	[10; +∞[
Eficiência na prevenção da poluição		
AR20 – Controlo de descargas de emergência e de tempestade (%)	0 ●	[90; 100]
AR21 – Cumprimento dos requisitos de descarga (%)	32 ●	100

Em cada indicador é apresentado o valor, seguido da categoria da qualidade do serviço: ● - boa; ● - mediana; ● - insuficiente.

ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA

O conceito de Saneamento Baseado na Economia Circular (*Circular Economy Based Sanitation*, CEBS, na terminologia anglo-saxónica) representa uma mudança inovadora face aos sistemas tradicionais de gestão linear de resíduos, adotando uma abordagem regenerativa que maximiza a eficiência na utilização de recursos, reduz o impacto ambiental e cria valor económico.

Embora não exista uma definição única e padronizada para a economia circular, o conceito surgiu como resposta ao modelo industrial linear de “extração → produção → consumo → desperdício” (Delgado et al., 2021). Adaptando os conceitos apresentados pelo Banco Mundial (Delgado et al., 2021) e pela Fundação Ellen MacArthur (EMF, 2018), a economia circular foi concebida para ser restaurativa ou regenerativa. Implica uma dissociação progressiva entre a atividade económica e o consumo de recursos finitos e a degradação ambiental, procurando minimizar os resíduos e maximizar a utilização dos recursos.

A abordagem da economia circular substitui o conceito de fim de vida útil pela restauração, elimina o uso de substâncias químicas tóxicas que dificultam a reutilização e o retorno à biosfera, e visa eliminar o desperdício através do melhoramento do design de materiais, produtos, sistemas e modelos de negócio. O modelo circular, sustentado por uma transição para fontes de energia renovável e por uma utilização mais sustentável da biodiversidade e dos ecossistemas, contribui para a criação de capital económico, natural e social. Este modelo não só reduz o desperdício e a necessidade de recursos, como também gera valor adicional a partir dos recursos naturais e apoia o desenvolvimento de um ecossistema onde a inovação sustentável cria oportunidades para a atividade económica.

Assim, a economia circular assenta nos seguintes princípios fundamentais:

- ☒ Eliminação do desperdício desde a origem (Design out Waste – DoW).
- ☒ Pensamento sistémico (Systems Thinking).
- ☒ Energia renovável.
- ☒ Construção de resiliência através da diversidade.
- ☒ Regeneração dos sistemas naturais.

De forma geral, os modelos de negócio circulares emergentes (*Circular Business Models* - CBMs, na terminologia anglo-saxónica) tendem a centrar-se na reciclagem, reutilização, reparação, recondicionamento e remanufatura, embora estejam a surgir cada vez mais modelos mais sofisticados, como o “produto como serviço” (*Product as a Service* – PaaS, na terminologia anglo-saxónica). Segundo o Banco Mundial (2022), a maioria das inovações tecnológicas e nos modelos de negócio na Economia Circular (EC) tem tido origem no setor privado, embora políticas públicas e apoios, incluindo em investigação e desenvolvimento (I&D), tenham também desempenhado um papel importante.

A Figura 8.4 ilustra várias oportunidades de economia circular ao longo do ciclo de vida de um produto.



Figura 8.4 – Oportunidades de economia circular ao longo do ciclo de vida de um produto (adaptado de Banco Mundial, 2022).

Não obstante, continuam a existir várias barreiras que dificultam a adoção generalizada dos CBMs, conforme se mostra na Figura 8.5.

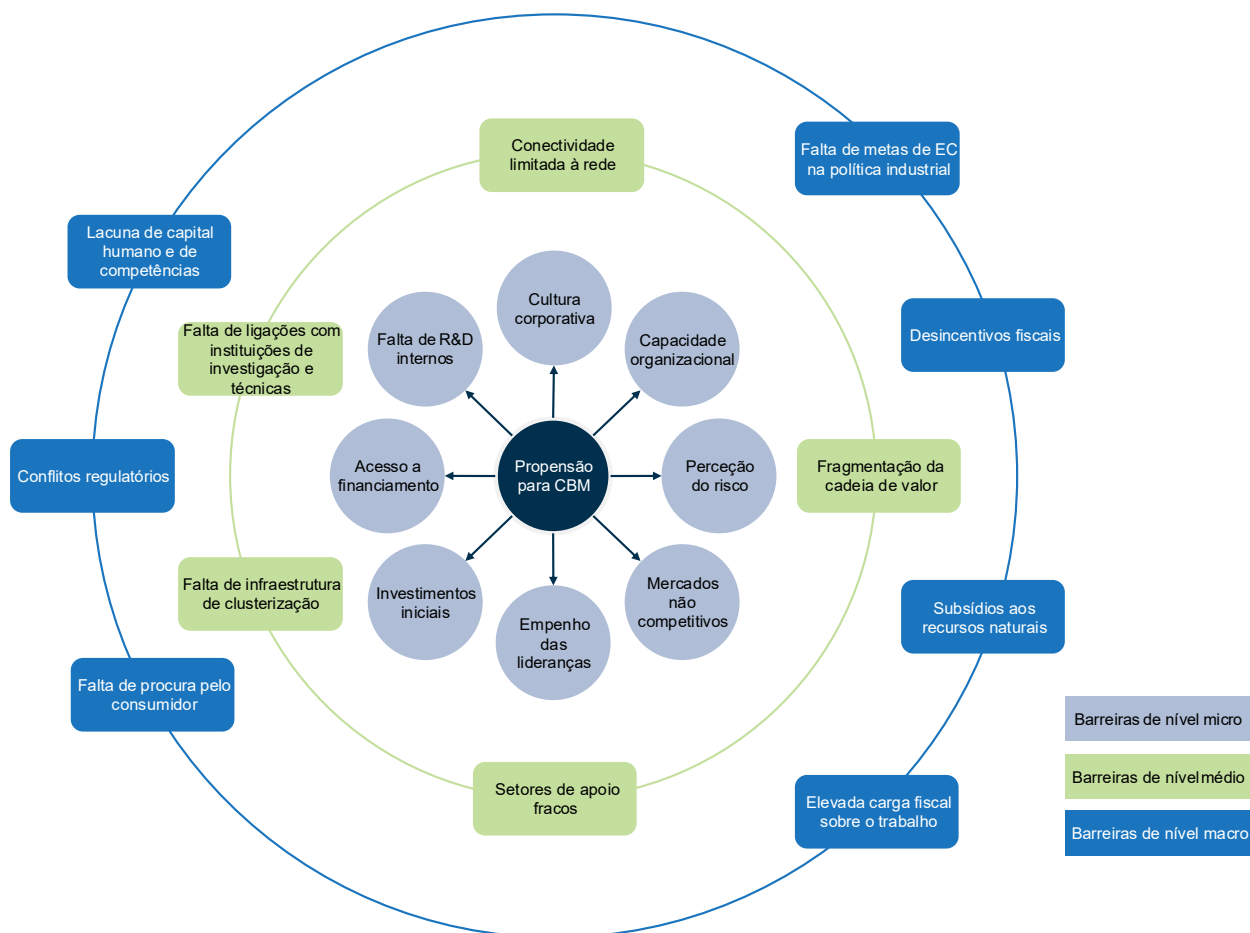


Figura 8.5 – Barreiras gerais aos Modelos de Negócio Circulares (adaptado de Banco Mundial, 2022).

De forma semelhante, no setor da Água e do Saneamento, têm vindo a ser desenvolvidos esforços para explorar o potencial da economia circular na criação de novas fontes de receita que possam transformar os sistemas existentes.

Com o crescimento das populações urbanas e o agravamento dos desafios hídricos associados às alterações climáticas, torna-se fundamental uma gestão sustentável da água. A economia circular oferece uma solução ao afastar-se do modelo linear tradicional, enfatizando a conservação, reutilização e recuperação de recursos hídricos. Apesar de a integração da água nas discussões de alto nível sobre economia circular ainda ser limitada, o interesse na transformação do setor está a crescer. Ao valorizar a água como um recurso finito e ao minimizar os impactos ambientais, os sistemas circulares promovem maior resiliência e inclusão, assegurando um crescimento urbano sustentável que beneficia as comunidades mais vulneráveis.

Em 2021, Delgado et al. propuseram o enquadramento “Água na Economia Circular e Resiliência” (WICER), no âmbito da Water Global Practice do Banco Mundial, com o objetivo de promover uma mudança de paradigma no setor da água (Figura 8.6).

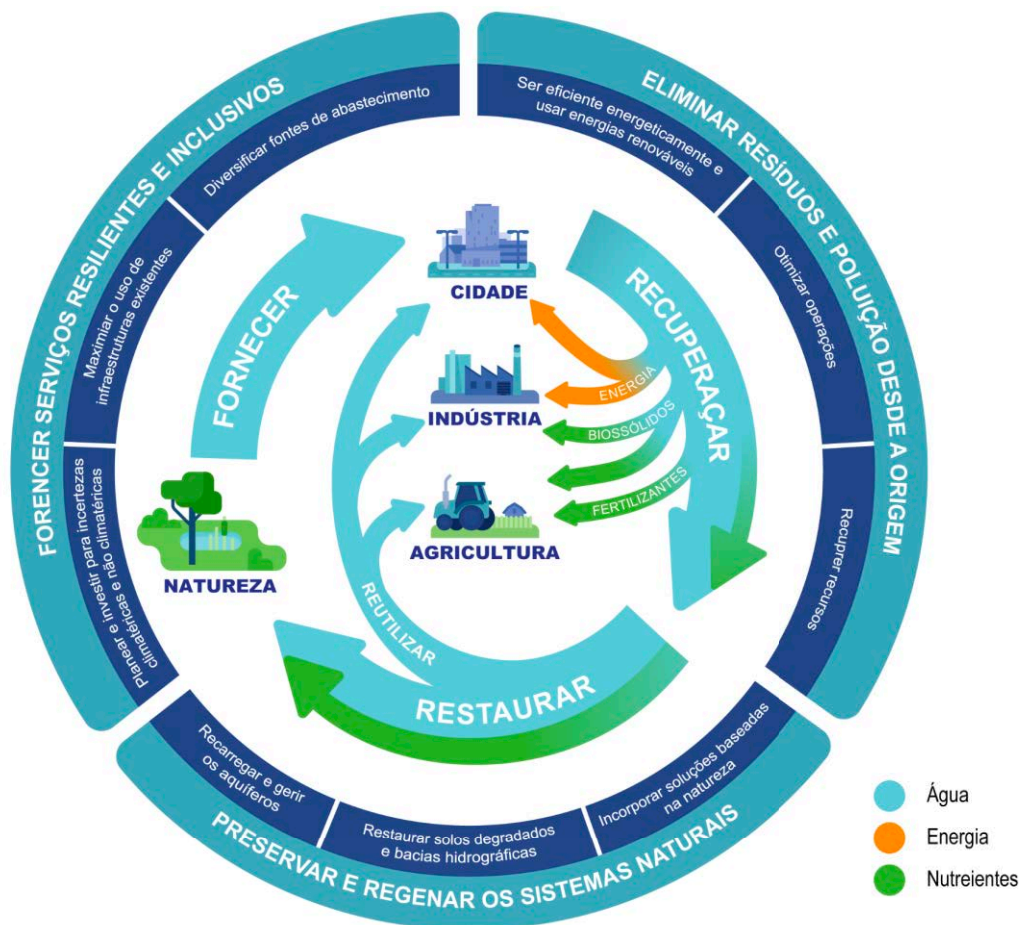


Figura 8.6 – O enquadramento WICER (adaptado de Delgado et al., 2021).

Resumidamente, a abordagem da economia circular na gestão urbana da água (incluindo os serviços de saneamento) assenta em três objetivos principais:

- ☒ Fornecer serviços resilientes e inclusivos.
- ☒ Eliminar resíduos e poluição desde a origem.
- ☒ Preservar e regenerar os sistemas naturais.

Serviços resilientes de água e saneamento devem ser capazes de antecipar e adaptar-se a perturbações, assegurando simultaneamente a inclusão, especialmente das populações vulneráveis. Ao envolver as comunidades no planeamento, as estratégias de economia circular reforçam a equidade social e garantem que todos os residentes urbanos (periurbanos e rurais) beneficiem de soluções sustentáveis.

A criação de um sistema hídrico circular e resiliente requer ações estratégicas, incluindo a diversificação das fontes de abastecimento, otimização de infraestruturas existentes e planeamento para incertezas climáticas e não climáticas. As cidades devem adotar uma abordagem à escala da bacia hidrográfica para gerir fontes múltiplas, reduzir a poluição e mitigar cheias através de soluções naturais. As infraestruturas existentes devem ser reabilitadas e otimizadas para aumentar a eficiência e evitar ampliações desnecessárias, ao passo que tecnologias modernas podem melhorar a gestão de águas pluviais e o tratamento de águas residuais. O planeamento deve abandonar o modelo rígido “prever e agir” e adotar uma

abordagem flexível e ascendente, que integre as incertezas, riscos climáticos e a equidade social no processo de decisão (Delgado et al., 2021).

Para minimizar resíduos e poluição, os serviços de água devem avançar para a eficiência de recursos, maximizando a produção e reduzindo consumos como energia e produtos químicos. Isto implica o fecho dos ciclos de recursos, a reutilização de águas residuais e a recuperação de materiais valiosos como nutrientes e energia. Estas ações, além de reduzirem o impacto ambiental, aumentam a resiliência do sistema ao diminuir a dependência de recursos limitados. Um setor circular da água e do saneamento não se limita a evitar danos, contribuindo ativamente para a regeneração dos sistemas naturais, através da proteção de aquíferos, recarga de bacias hidrográficas e integração de soluções baseadas na natureza (Figura 8.7).



Figura 8.7 – A via da água na Economia Circular (IWA, 2016).

No domínio do saneamento, o modelo de economia circular valoriza os resíduos como recursos, transformando-os em subprodutos úteis como energia, água e nutrientes. Os sistemas tradicionais de saneamento seguem uma lógica linear de recolha, tratamento e descarga. Em contraste, o CEBS fecha o ciclo ao reutilizar e reaproveitar os subprodutos, fazendo com que os fluxos de resíduos se tornem matérias-primas para novos ciclos de utilização. Esta abordagem melhora a sustentabilidade das infraestruturas de saneamento urbano e rural através de:

- ☒ Recuperação e reutilização de recursos: reaproveitamento da água para usos agrícolas, industriais e domésticos e conversão de resíduos orgânicos em biogás e fertilizantes (composto).

- ☒ Soluções descentralizadas e baseadas na natureza: promoção de sistemas de tratamento descentralizados (pequena escala, próximos da origem) e de soluções naturais para águas residuais e lamas.
- ☒ Saneamento digital e inteligente: utilização de tecnologias e sistemas digitais que otimizam os dados para melhorar a operação, a manutenção e o conhecimento sobre o uso e saúde dos utilizadores.

Este conceito é bem exemplificado por Patwa et al. (2025) no diagrama da Figura 8.8, neste caso aplicado a saneamento não ligado à rede.

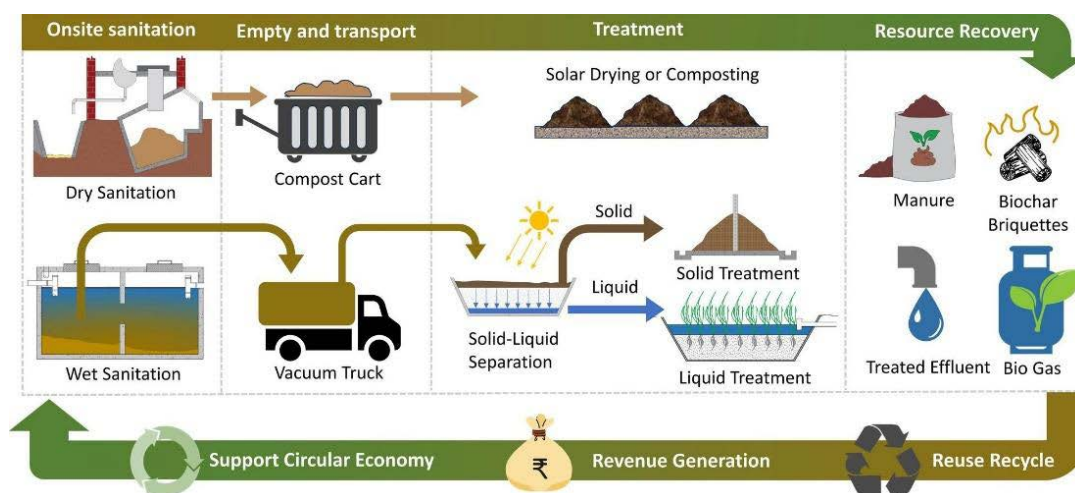


Figura 8.8 – Economia Circular em tecnologias de saneamento descentralizado (Patwa et al., 2025).

No que respeita ao percurso dos materiais, a abordagem circular promove o uso eficiente e a reciclagem dentro das estações de tratamento de águas residuais. As lamas, particularmente os biossólidos, podem ser reaproveitados como fertilizantes, desde que tratados. Uma alternativa é a produção de estruvita (mineral fosfatado), que apesar de mais dispendiosa que os fertilizantes convencionais, pode gerar poupanças operacionais. As barreiras regulatórias incluem exigências rigorosas de higiene, enquanto os desafios de mercado prendem-se com a qualidade do produto e a sua aceitação. A digestão anaeróbia pode incorporar resíduos orgânicos, como os provenientes da restauração, para aumentar a produção de biogás (IWA, 2016).

Outros subprodutos possíveis incluem proteínas para rações animais, metais e minerais (ex.: alumínio), e compostos para saúde humana como o alginato de sódio. Os gases provenientes do efluente podem ser aproveitados para recuperar amónia, enxofre, metano e dióxido de carbono para utilização em fertilizantes, aplicações industriais e produção de energia. Os desafios incluem a consistência dos produtos e a sua aceitação pelo mercado.

A via energética centra-se na redução do consumo e na valorização energética dentro dos sistemas de tratamento de água. Estratégias essenciais incluem a otimização das operações nas ETAR e nas redes de distribuição, com recurso a ferramentas de monitorização inteligente. As habitações também representam perdas significativas de energia através da descarga de águas quentes, tornando atrativa a recuperação de calor das águas residuais. As entidades gestoras podem promover a conservação através de equipamentos eficientes, permutadores de calor e

contadores inteligentes. Incentivos regulatórios como a taxaço de carbono podem acelerar a adoço, embora a volatilidade dos preços da energia represente um risco.

A conversão de bio sólidos em energia pode ser feita por pirólise, gaseificação, produção de biogás e combustão, gerando calor, eletricidade ou combustíveis gasosos. A digestão anaeróbia, por si só, pode satisfazer grande parte das necessidades energéticas de uma ETAR. Finalmente, as ETAR podem integrar fontes renováveis como energia solar, eólica ou geotérmica, contribuindo para a segurança energética e a redução da dependência de combustíveis fósseis. Embora os quadros regulatórios incentivem a adoço de energia verde, os custos relativos entre fontes renováveis e convencionais continuam a ser um desafio de mercado (IWA, 2016).

RESILIÊNCIA E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Como referido, uma abordagem orientada para a resiliência deve ser integrada na estratégia circular, de forma a preparar as cidades para choques e pressões incertas (de origem climática e não climática, como alterações na procura, uso do solo, fenómenos meteorológicos extremos, dinâmicas demográficas ou pandemias), evitando os impactos indesejados decorrentes de interrupções ou falhas nos serviços. A realização de avaliações de risco e o planeamento da resiliência face a contingências asseguram que, quando ocorrem falhas, estas possam ser geridas de forma a limitar os efeitos adversos. Serviços públicos do setor da água, redes e sistemas resilientes são capazes de antecipar, absorver, adaptar-se e recuperar de eventos disruptivos, garantindo a continuidade da prestação de serviços essenciais à população.

O conceito de resiliência pode ser entendido como a capacidade de um dado sistema - e todos os seus competentes, ao longo de diferentes escalas temporais e espaciais - para manter ou recuperar rapidamente as funções desejadas perante uma perturbaço, adaptar-se à mudança e transformar, de forma célere, os sistemas que limitam a sua capacidade adaptativa atual ou futura (Meerwo et al., 2016). Neste âmbito, a inclusão da resiliência na gestão dos sistemas de drenagem deverá incluir aspeto estratégicos, como a capacidade institucional, relações com outros serviços urbanos, o conhecimento do sistema e das suas infraestruturas, e aspetos de desempenho, nomeadamente, no que respeita ao cumprimento de critérios regulamentares de desempenho e à capacidade de evitar consequências noutros serviços urbanos e na população (Barreiro et al., 2024).

Neste contexto, os sistemas de saneamento devem não só desenvolver a sua capacidade de **resistência e recuperação**, tipicamente conseguida através do correto dimensionamento convencional das suas infraestruturas e da implementação de sistemas de redundância, mas também de **adaptação**, apostando na gestão a médio e longo prazo com recurso a monitorização para aquisição de conhecimento, no fortalecimento das relações institucionais e na afirmaço enquanto serviço urbano crítico, e de **transformação**, através alterações significativas ao *status quo* com a adoço de estratégias inovadoras e disruptivas que permitam alterar o paradigma convencional do sistema.

9. ESTRATÉGIAS E SOLUÇÕES PARA BENEFICAÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO

9.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A proposta de estratégias e soluções para a beneficiação do sistema de saneamento da Maia decorre do processo de caracterização e diagnóstico, apresentado nos capítulos anteriores. Este processo evidenciou um conjunto de problemas associados a uma crescente exigência normativa, nomeadamente com a entrada em vigor da nova Diretiva (UE) 2024/3019, e à necessidade de promover a adaptação às alterações climáticas, a resiliência do sistema e o reforço da integração de princípios de economia circular.

A proposta de intervenções assenta, assim, numa abordagem holística e integrada, procurando garantir a sustentabilidade a longo prazo do sistema, a proteção dos meios recetores e a qualidade do serviço prestado ao utilizador. Para tal, as soluções preconizadas visam dar resposta aos principais desafios identificados: envelhecimento dos ativos, insuficiência da capacidade hidráulica em determinados troços da rede, ocorrência de afluências indevidas, risco de poluição do meio recetor, entre outros.

9.2 REABILITAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

9.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A muito reduzida taxa de reposição dos últimos anos coloca em causa o adequado desempenho hidráulico, estrutural e ambiental da rede de drenagem de águas residuais do concelho da Maia, associado, também, a problemas estruturais que ocorrem em coletores e câmaras de visita com idades superiores a 30 ou 40 anos.

O planeamento de intervenções de renovação dos ativos é fundamental, começando pelos mais críticos, quer no que respeita à idade, quer ao desempenho hidráulico, ambiental e estrutural, por forma ao património não se desvalorizar ao longo do tempo, ou seja, pelo menos manter o seu valor patrimonial. Adicionalmente, após verificação das situações de redução de secção para jusante, importa incluir esses trechos como coletores prioritários a intervir.

Neste contexto, de acordo com o sistema de avaliação da qualidade do serviço da ERSAR, um bom desempenho no que respeita à reabilitação de coletores exige uma taxa de reposição entre 1,5 e 4,0% ao ano. Neste sentido, e tendo em conta a integração do sistema de drenagem pluvial nos SMAS da Maia, propõe-se uma estratégia de reabilitação dos ativos prioritários entre 1,5 e 2%/ano, incluindo coletores, estações elevatórias e condutas de águas residuais e coletores de águas pluviais.

A substituição ou a reabilitação da rede de drenagem deverá ser antecipada por uma limpeza e inspeção cuidada às infraestruturas, processos que podem ter sinergias com o trabalho de redução de afluências indevidas em curso.

9.2.2 TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE COLETORES

Em termos globais, as técnicas de intervenção em coletores podem ser classificadas consoante a necessidade de abrir vala (*open-cut*) ou não (*trenchless*). Para além da tradicional instalação com abertura de vala, alternativas com a escavação por vácuo permitem reduzir a dimensão da vala necessária. As técnicas com abertura de vala são, por natureza, mais indicadas para a construção de novos sistemas. Considerando o âmbito alargado da definição de reabilitação, estas técnicas também podem ser aplicáveis no reforço ou substituição de sistemas existentes. Contudo, excetuando no caso de reforço pela construção de novas infraestruturas complementares, implicam a demolição total ou parcial da infraestrutura existente. Por seu lado, as técnicas sem necessidade de abertura de vala permitem a construção de novos sistemas e a reabilitação de existentes, com ou sem demolição dos coletores existentes. Na Figura 9.1 resumem-se as principais categorias de técnicas de reabilitação sem abertura de vala identificadas pela International Society for Trenchless Technology (ISTT).

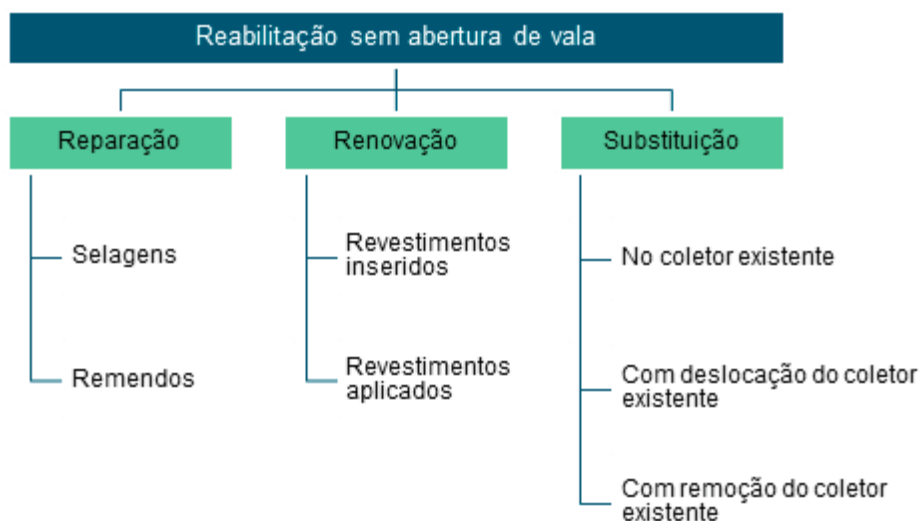


Figura 9.1 – Categorias de técnicas de reabilitação de coletores sem abertura de vala (ISTT).

As técnicas de reparação abrangem as soluções para intervenções pontuais, destinadas a intervir em defeitos localizados. As selagens destinam-se a reparar problemas não-estruturais, como sejam infiltrações ou exfiltrações em juntas ou fissuras que não comprometam a estabilidade dos coletores. Fundamentalmente envolvem diferentes métodos de injeções. Os remendos, por seu lado, têm um cariz estrutural, envolvendo usualmente a colocação de elementos de reforço pontuais pelo interior da tubagem.

As técnicas de renovação envolvem a intervenção em todo o comprimento dos coletores existentes, sendo que o desempenho da infraestrutura no final depende da interação entre os componentes existentes e novos. Os revestimentos inseridos podem ser aderentes ou não. Os primeiros compreendem a introdução de tubagem, contínua ou por segmentos, no interior dos coletores existentes. A tubagem pode ser deformada antes da inserção para facilitar o processo. Os revestimentos inseridos aderentes são das técnicas mais utilizadas na prática, em particular os revestimentos curados no local (*cured in place lining* – CIPP). As técnicas envolvem a introdução de uma manta de reforço impregnada em resina polimérica que é insuflada com ar ou

água quente para conformar ao coletor existente durante a cura da resina. Os revestimentos aplicados envolvem, na generalidade dos casos, a projeção manual ou automatizada de argamassas cimentícias ou poliméricas sobre a superfície interior dos coletores existentes. Estes revestimentos também podem ser na forma de painéis pré-fabricados que são aplicados em segmentos pelo interior de forma a criar uma nova superfície.

As técnicas de substituição no coletor existente coincidem com as técnicas de reabilitação por revestimentos inseridos não aderentes. A diferença está apenas que neste caso as tubagens inseridas são dimensionadas para suportar as cargas na sua totalidade, admitindo-se que a infraestrutura existente não contribui para a estabilidade estrutural da infraestrutura após a reabilitação. As técnicas que envolvem a deslocação e remoção do coletor existente implicam sempre a sua destruição. A diferença prende-se apenas se os resíduos do coletor existente são removidos do subsolo ou não. Em termos lógicos, são muito semelhantes às técnicas de construção de novos coletores sem abertura de vala e em alguns casos são equivalentes mesmo. A grande diferença é que o coletor existente neste caso constitui o guia que define onde o novo coletor será instalado, algo que na instalação e novos coletores terá de ser conseguido com outras metodologias.

Em alguns casos, a possibilidade de reabilitar as infraestruturas sem abertura de vala pode ser mais vantajosa visto que: i) permite potenciar as infraestruturas de saneamento existentes, que as inspeções indiciam estarem em boas condições do ponto de vista estrutural; ii) minimiza os trabalhos à superfície, reduzindo os impactos para as populações e para outras infraestruturas e serviços existentes à superfície e no subsolo; e iii) minimiza a necessidade de realizar trabalhos na zona sob administração da autoridade portuária.

As técnicas de renovação resumem-se, nomeadamente, às seguintes opções, comparadas no Quadro 9.1:

- ☒ Revestimento inserido: introdução de tubagem no interior dos coletores existentes.
- ☒ Revestimento aderente: aplicação de revestimento CIPP no interior do coletor existente.
- ☒ Revestimento aplicado: aplicação de revestimento polimérico na superfície interior do coletor existente.

Quadro 9.1 – Comparação das alternativas de renovação de coletores.

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
Revestimento inserido	Menos trabalhos dentro dos coletores existentes Velocidade de execução elevada Independente da condição da infraestrutura existente	Diminuição da capacidade hidráulica Poços de ataque de maiores dimensões
Revestimento aderente	Mantém praticamente a capacidade hidráulica Perturbação à superfície mínima Velocidade de execução elevada	Necessidade de empreiteiros especializados Menor flexibilidade face a eventuais desvios geométricos
Revestimento aplicado	Mantém a capacidade hidráulica Perturbação à superfície mínima Adaptável a eventuais desvios geométricos da infraestrutura existente	Condições de trabalho difíceis Sensível à condição da infraestrutura existente Velocidade de execução baixa

9.3 CONTROLO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

9.3.1 PRESTAÇÃO DE SERVIÇO PARA A REDUÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS (2025-2028)

Em fevereiro de 2024, os SMAS da Maia lançaram um procedimento de concurso para a **Prestação de serviço para a redução de afluências indevidas ao sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Maia**, pelo prazo de 3 anos (2025-2028), com preço base de 2.050.000 €. Este trabalho, já adjudicado e em execução, tem como objetivo o estudo e implementação de medidas conducentes à redução do volume de afluências indevidas no sistema de drenagem de águas residuais do município da Maia através de um conjunto de ações que contribuam para o aumento do conhecimento sobre o funcionamento e condição das infraestruturas, permitindo identificar e eliminar as respetivas origens indevidas e estabelecer áreas prioritárias de intervenção, bem como instalar mecanismos de monitorização necessários para uma gestão sustentada e operação mais eficiente do sistema, mesmo após a conclusão do contrato. O Quadro 9.2 apresenta o mapa de trabalhos e quantidades desta prestação de serviços.

Quadro 9.2 – Mapa de trabalhos e quantidades da prestação de serviço para a redução de afluências indevidas ao sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Maia.

Designação dos trabalhos	Un.	Quant.
1. MONITORIZAÇÃO E ACOMPANHAMENTO		
1.1. Acompanhamento de execução, monitorização e relatório periódico	mês	36
2. PLANO DE ATUAÇÃO PARA A REDUÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS (PARAI)		
2.1. Elaboração do Plano de Atuação para a Redução de Afluências Indevidas	vg	1
3. MEIOS DE MONITORIZAÇÃO		
3.1. Implementação e disponibilização de software de monitorização em regime de SaaS (Software as a Service)	mês	30
3.2. Fornecimento, instalação, colocação em funcionamento e ligação ao software de monitorização dos sistemas de drenagem:		
3.2.1. Caudalímetro radar instalado em câmara de visita	un	3
3.2.2. Medidor de nível instalado em câmara de visita	un	6
3.2.3. Udómetro	un	3
3.2.4. Monitorização de Estações Elevatórias de Águas Residuais	un	79
4. TRABALHOS DE INSPEÇÃO		
4.1. Trabalhos de inspeção para avaliação de condição, deteção de patologias e ligações indevidas nas infraestruturas de drenagem de águas residuais:		
4.1.1. Inspeção de caixas de ligação de ramal e de câmaras de visita	un	39 000
4.1.2. Limpeza e inspeção vídeo de coletores	km	550
4.1.3 Testes de fumos	km	550

É de salientar que um trabalho desta extensão apresenta extrema importância por permitir, através de trabalhos de monitorização e inspeção, dispor de dados e, pela sua análise, compreender melhor o desempenho hidráulico do sistema e o estado das condições estruturais das suas infraestruturas, fatores fundamentais para a priorização de infraestruturas a reabilitar.

Embora os SMAS da Maia estejam empenhados neste extenso trabalho de redução de afluências indevidas, a total erradicação de origens indevidas é muito difícil, principalmente quando considerando sistemas com emissários de elevadas extensões, como é o caso específico do sub-sistema de Parada. Neste âmbito o controlo e regulação de caudais, com recurso a câmaras de controlo de caudal, permite melhorar o desempenho das principais infraestruturas de drenagem e dos sistemas de tratamento, por controlo da quantidade e qualidade dos caudais afluentes (sub-capítulo 9.3.3). Adicionalmente, a adoção de soluções de controlo na origem de águas pluviais permite, de forma inovadora e urbanisticamente integrada, reduzir as afluências diretas de caudais pluviais à rede de saneamento (sub-capítulo 9.3.4).

9.3.2 PLANO DE MINIMIZAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

O controlo de afluências indevidas é um processo exaustivo e complexo, desde logo, pela variedade das suas origens. Tipicamente, realiza-se um Plano de Minimização de Afluências Indevidas que permite caracterizar, diagnosticar e definir medidas beneficiadoras que permitam a redução destas afluências (Figura 9.2).

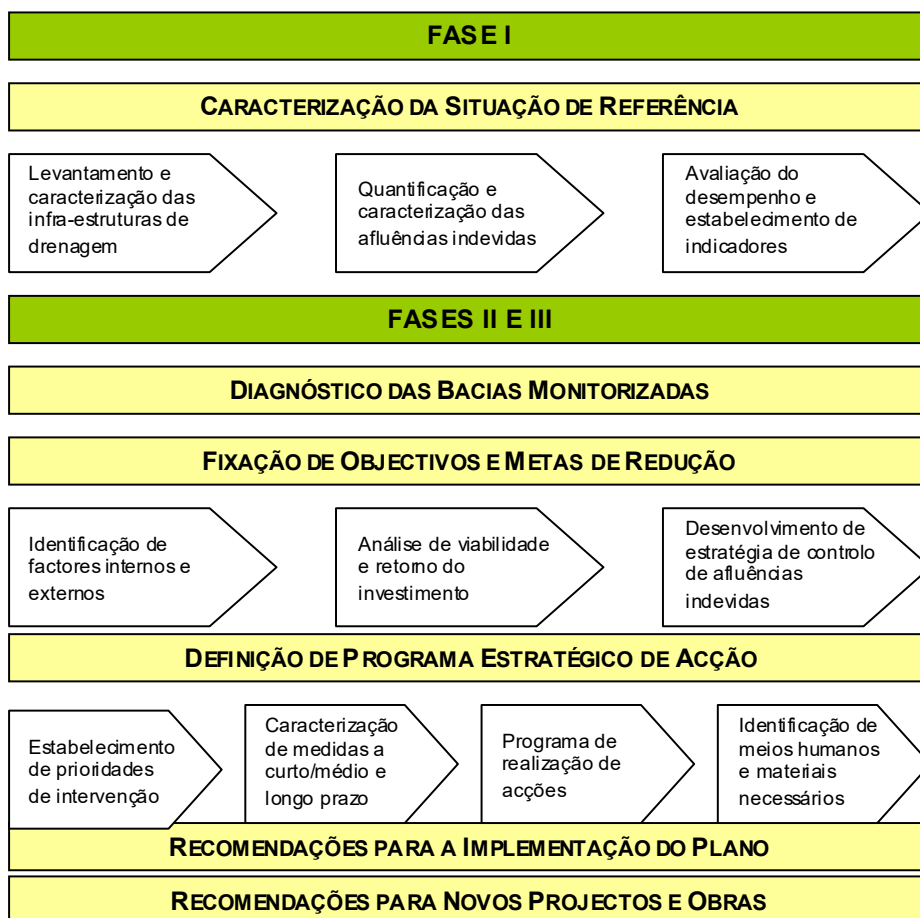


Figura 9.2 - Fases para a implementação de um Plano de Minimização de Afluências Indevidas.

A caracterização da situação de referência constitui a fase inicial de implementação de um Plano de Minimização de Afluências Indevidas. Nesta fase procede-se à análise e avaliação de desempenho dos sistemas de drenagem, que envolve as seguintes etapas: levantamento e

caracterização das infraestruturas de drenagem; quantificação e caracterização das aflúências indevidas; avaliação de desempenho e estabelecimento de indicadores.

O diagnóstico das bacias monitorizadas constitui o arranque dos trabalhos das Fases II e III. Este diagnóstico deverá ter por base a avaliação de desempenho definida na Fase I (características físicas do sistema e modo de operação/exploração e indicadores de desempenho) e deverá incluir, sempre que possível, a identificação das potenciais causas de aflúências indevidas.

A etapa de diagnóstico deverá incluir, ainda, uma análise comparativa do desempenho das diferentes bacias e o estabelecimento preliminar de prioridades de intervenção. Sempre que possível, deverão ser identificadas as principais medidas a desenvolver a curto e/ou médio prazo para redução dos problemas de aflúência indevida. A identificação de áreas prioritárias de intervenção e o estabelecimento de medidas a desenvolver são tarefas fundamentais para o planeamento estratégico do controlo de aflúências indevidas.

Na fase de fixação de objetivos e metas de redução e definição do programa estratégico de ação deverão caracterizar-se de forma completa as etapas de fixação de objetivos e definição de um programa estratégico de ação. A fixação de objetivos é limitada pela identificação de fatores internos nomeadamente meios humanos, meios materiais e financeiros. Este tipo de condicionalismo tem de ser definido pelas entidades gestoras. Nesta fase dever-se-á fazer a caracterização destas etapas incluindo a descrição de objetivos de cada uma e definição de orientações práticas e desenvolver metodologias de abordagem para a elaboração e implementação de um Plano de Minimização de Aflúências Indevidas.

A fase II e III encerra com as recomendações para a implementação do plano e para novos projetos e obras, que são bastante específicas para cada sistema de drenagem. A título de exemplo, poderá mencionar-se o desenvolvimento de um caso de estudo que permita de forma prática testar as metodologias de ação, afinar procedimentos e treinar as equipas que irão para o terreno, sensibilizando-as de que as melhores práticas e um trabalho de equipa são o motor dos bons resultados.

A erradicação de descargas “cruzadas” de coletores domésticos para linhas de água e de coletores pluviais para coletores domésticos separativos pressupõe trabalho exaustivo de campo, e é essencial que as observações desse trabalho resultem na atualização do cadastro.

Relativamente às aflúências indevidas por infiltração, o seu controlo exige, em regra, a reabilitação hidráulica e estrutural dos sistemas de drenagem, incluindo coletores e câmaras de visita. Previamente a esta intervenção é necessário quantificar o fenómeno o que pode ser conseguido recorrendo a métodos convencionais (físicos ou químicos, que têm como base a análise da diluição da poluição) ou a métodos baseados na análise da composição dos isótopos de oxigénio presentes nos efluentes drenados, que podem ser considerados como traçadores conservativos. Nos métodos convencionais, é comum admitir-se que infiltração corresponde, aproximadamente, aos caudais noturnos, devendo as campanhas abranger um mínimo de 8 a 10 dias consecutivos de tempo seco para reduzir as incertezas associadas a esta determinação

(De Bénédittis, 2004). O método dos isótopos permite quantificar a fração de água de infiltração presente num sistema de drenagem de forma mais rápida e com vantagens económicas, recorrendo apenas a pequenas amostras da água residual, da água da rede de distribuição e da água freática.

9.3.3 DESVIO, CONTROLO E REGULAÇÃO DE CAUDAL

9.3.3.1 Considerações gerais

Os descarregadores são usualmente utilizados em sistemas de drenagem unitários ou pseudo-separativos. A sua função é desviar os caudais pluviais, posteriormente conduzidos por sistemas de drenagem “separativos”.

Usualmente, o controlo da entrada de caudal em sistemas intercetores provenientes de redes unitárias é feito através de paredes descarregadoras. A crista da parede descarregadora é colocada à cota correspondente à altura do escoamento, em regime uniforme, correspondendo ao caudal que se pretende desviar (entre 1 e 2 vezes o caudal de ponta de tempo seco, ou entre 3 a 6 vezes o caudal médio diário). Em tempo seco, e para valores abaixo daquele limite, a totalidade do caudal é desviada. Quando os caudais são superiores àquele limite, é desviada uma parcela, que pela própria lei de vazão do descarregador aumenta com o incremento do caudal afluente, ou seja, deste modo não é possível controlar eficazmente o caudal desviado, podendo exceder-se a capacidade do intercetor.

Se à parede descarregadora for associado um “tubo curto” (coletor de diâmetro reduzido), possibilita-se um maior controlo do caudal desviado. No entanto, a aplicação desta solução não é muitas vezes adequada pois acarreta problemas de operação, nomeadamente entupimentos.

As válvulas de regulação de caudal garantem que, independentemente da carga hidráulica a montante, os caudais desviados não excedam um valor pré-determinado, que pode variar aproximadamente entre 10 e 1000 l/s, constituindo uma das soluções mais adequadas para atingir esse objetivo. Existem essencialmente dois tipos de reguladores de caudal para redes de saneamento: válvulas do tipo “vórtice” e do tipo “flutuador”. A seleção do tipo de regulador depende das características da rede, nomeadamente do caudal e das alturas de escoamento, tanto em tempo seco como em tempo de chuva, no coletor unitário a intercepar.

9.3.3.2 Modo de funcionamento de reguladores de caudal

REGULADORES DE CAUDAL DO TIPO “VÓRTICE”

As válvulas do tipo “vórtice” regulam o caudal em função da carga de água e o seu modo de funcionamento é simples: em tempo seco, o caudal afluente deve passar com perdas de carga localizadas pouco significativas. Em tempo de chuva, o caudal afluente é superior ao caudal de projeto da válvula de regulação, o que leva a uma acumulação de água no coletor a montante - a altura da massa líquida aumenta verificando-se uma acumulação de ar na parte superior do equipamento reduzindo a secção disponível. Com níveis elevados, a carga exercida faz com que o escoamento entre em rotação, o efeito de vórtice processa-se com conversão da energia

potencial da água em energia cinética (movimento de rotação) com significativa perda de carga localizada, regulando-se desta forma a descarga. No fim da chuvada, e com a diminuição da altura de água, destrói-se o vórtice, tendo lugar um novo aumento do caudal para a mesma carga a montante. Deste modo, aumenta a velocidade de escoamento e favorece-se a autolimpeza, não só da soleira da câmara, como dos coletores a jusante.

Na Figura 9.3 apresenta-se, o exemplo de uma válvula de regulação de caudal do tipo “vórtice” e respetiva curva característica (caudal versus altura de água). A carga a montante depende do caudal afluyente. Como é possível observar, uma vez formado o vórtice, a variação do caudal desviado com a carga hidráulica a montante é pouco acentuada. Assim, para elevados valores de altura da água, o caudal descarregado é semelhante ao correspondente a alturas muito inferiores. De notar o fenómeno de “histerese”, sendo que para o mesmo caudal correspondem duas alturas de escoamento possíveis.

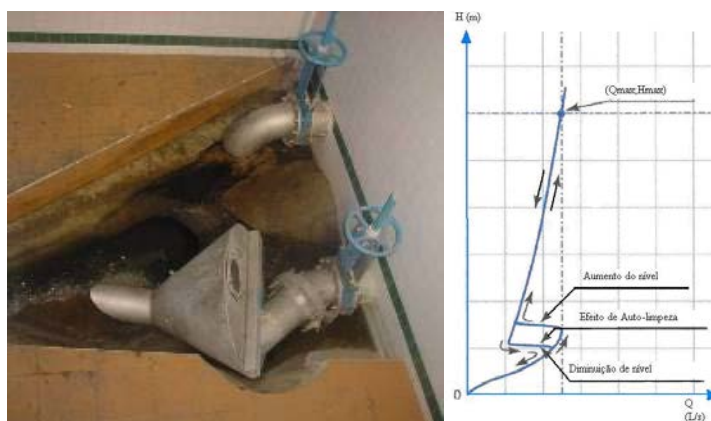


Figura 9.3 - Exemplo de válvula do tipo “vórtice” com “by-pass” e de curva (adaptação de Mosbaek - Hidrostatk)

Estas válvulas operam entre 10 e 800 l/s para cargas de água que podem ser superiores a 4 m. Associado à válvula de regulação de caudal, deve prever-se um desvio (em terminologia anglo-saxónica, “by-pass”) com válvula de guilhotina de forma a facilitar a manutenção e inspeção do equipamento e manter o sistema de drenagem a operar.

Para o dimensionamento da válvula de vórtice é necessário conhecer o caudal máximo em tempo seco, bem como as dimensões, declives, cotas e direções de entrada e saída dos coletores, e o tamanho e forma da câmara. É igualmente importante saber se é possível o retorno de caudal pelo coletor que se desenvolve a jusante do regulador de caudal.

Importa referir que as válvulas do tipo “vórtice” não possuem peças móveis nem a respetiva operação carece de energia elétrica.

REGULADORES DE CAUDAL DO TIPO “FLUTUADOR”

Em sistemas unitários sujeitos a elevada variabilidade do nível de água e particularmente quando os coletores se encontram sob forte influência da maré, não devem ser instaladas válvulas do tipo “vórtice”, pois estariam sistematicamente a entrar em funcionamento, levando a um desgaste acelerado do equipamento. Nestas situações, deve optar-se por instalar uma válvula do tipo

“flutuador”. Estas válvulas, também usadas para limitar o caudal, embora mais dispendiosas que as do tipo “vórtice”, apresentam a vantagem de funcionar praticamente a caudal constante. Na Figura 9.4 mostra-se um exemplo deste equipamento, instalado em câmara seca, e de uma curva característica.

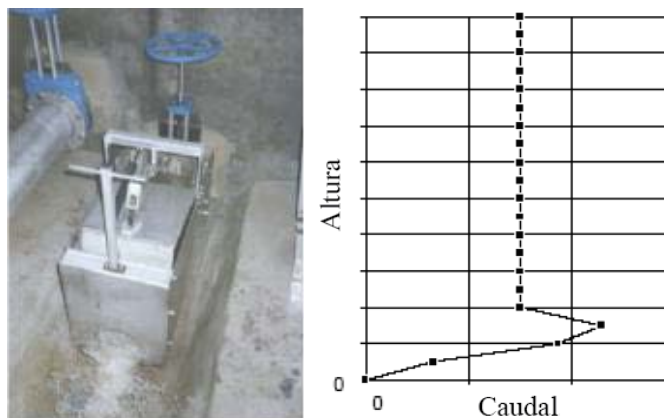


Figura 9.4 - Exemplo de válvula de regulação de caudal do tipo flutuante e de curva característica (adaptado de Biogest - Hidrostant)

Observando a curva característica da válvula, verifica-se que, com o aumento da altura de água, tem lugar um período em que é permitida a passagem de caudais superiores ao desejado. Este fenómeno pode ser eliminado, mas apresenta a vantagem de promover o arrastamento de sedimentos.

As válvulas do tipo “flutuador” conseguem regular caudais unitários de 6 a 450 l/s, para alturas de água que variem entre 0,5 m e 4 m. Em tempo seco, as “comportas” de entrada e saída encontram-se completamente abertas. Em tempo de chuva, o nível de água aumenta fazendo com que o flutuador mova a “comporta” que controla a entrada mantendo-se, assim, o caudal de saída praticamente constante. Outra vantagem que apresentam é o facto de ser possível ajustar o caudal de saída *in situ*, alterando a posição da “comporta” de saída. A operação destas válvulas também não carece de energia elétrica.

9.3.3.3 Critérios para seleção do dispositivo de controlo de caudal

As válvulas do tipo “vórtice” não são tão adequadas para o desvio de caudais em coletores com elevada variabilidade de nível de escoamento. Nesses casos estariam sistematicamente a entrar em funcionamento, sendo mais difícil garantir que o equipamento desvie caudal dentro da gama pretendida. As válvulas do tipo “flutuador”, embora mais dispendiosas e com necessidade de câmaras de maiores dimensões que as válvulas do tipo “vórtice”, exigem menores alturas disponíveis entre a cota de soleira da parte inferior da válvula e a soleira do coletor de saída.

Assim, os descarregadores existentes (e os que vierem a ser construídos) deverão ser beneficiados através da instalação de equipamento de acordo com os seguintes critérios ou princípios base:

- ☒ Se a câmara de regulação de caudal estiver sujeita a elevada variação do nível (a montante de válvulas de maré ou em coletores com baixa inclinação e elevados caudais em tempo de

chuva), ou caso a cota do desvio não permita a implantação de uma válvula do tipo “vórtice”, o controlo do caudal desviado deve ser efetuado através de uma válvula do tipo “flutuador”.

☒ Caso contrário, o controlo do caudal deve ser concretizado por válvulas do tipo “vórtice”.

Este critério de seleção dos dispositivos de controlo de caudal a instalar deverá ter ainda em conta as condições específicas de cada local e o objetivo de uniformização e harmonização de soluções (o que facilitará a manutenção e operação do sistema global).

9.3.4 SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para além de medidas estruturais e de atuação direta na rede de coletores, nomeadamente a interrupção de ligações indevidas entre a rede de drenagem de águas residuais e a rede de drenagem de águas pluviais ou a reabilitação de infraestruturas cujas condições estruturais permitem a infiltração de água do aquífero, a aplicação de soluções de controlo na origem apresenta benefícios significativos neste âmbito. Embora este tipo de intervenções respeite, sobretudo, ao sistema de drenagem pluvial urbano, fora do contexto do presente Plano Diretor, os seus efeitos têm repercussões no desempenho da rede de drenagem de águas residuais por reduzir aflúências pluviais diretas, e daí a presente referência.

Este tipo de soluções engloba técnicas estruturais e não estruturais com o objetivo de promover a infiltração *in situ*, a montante da rede de coletores e de forma descentralizada, ou a retenção para efeitos de regularização de caudal, permitindo uma maior aproximação ao ciclo hidrológico natural e a redução do escoamento superficial.

Em áreas urbanas consolidadas, a integração deste tipo de técnicas no sistema de drenagem existente contribui para a sua beneficiação, pois constitui uma alternativa à ampliação da capacidade de transporte e tratamento instalada. Por outro lado, o espaço urbano será, assim, submetido a um processo de requalificação, em termos estéticos e ambientais, contribuindo para o controlo da poluição dado que as técnicas envolvidas apresentam geralmente alguma capacidade de tratamento devido aos processos físicos, químicos e biológicos associados.

As técnicas de controlo na origem apresentam, relativamente às soluções tradicionais de rede de coletores enterrados, importantes vantagens técnicas, ambientais e sociais, mas exigem, em contrapartida, uma nova abordagem em termos de conceção, uma nova atitude em termos de diálogo e articulação com outros agentes da intervenção urbana, e um conhecimento dos respetivos domínios de aplicação.

Entre as vantagens deste tipo de solução incluem-se mais-valias do ponto de vista ambiental e relativamente ao controlo da poluição. Refere-se, por exemplo, que os pavimentos com estrutura reservatório são suscetíveis de reduzir de 70 a 90% a carga poluente (Balades et al.1992), e que, nas soluções baseadas em processos de infiltração, os fenómenos em jogo, de natureza físico-química e biológica, têm também um efeito depurador, essencialmente na zona não saturada do solo. Inúmeros estudos experimentais realizados internacionalmente apontam para reduções de cerca de 60 a 70% em termos de carga orgânica, 30 a 40% em termos de azoto e de 30 a 40% no que se refere a metais pesados (Jacobsen e Mikkelsen, 1996; Sansalone, 1998).

Adicionalmente, estas soluções contribuem para a valorização dos espaços em que se inserem, permitindo compatibilizar objetivos técnicos com funções de regulação climática (controlo da ilha de calor), de lazer, de desporto e de recreio livre, com excelente integração paisagística, estética e ambiental.

Os principais condicionalismos associados à utilização de soluções de controlo na origem prendem-se essencialmente com a qualidade das águas pluviais e com as características do solo onde serão implementadas, em termos geotécnicos e de ocupação urbana.

A nível geotécnico, o meio deve apresentar um coeficiente de infiltração aceitável e ser estruturalmente estável à entrada da massa líquida, não se recomendando a adoção deste tipo de solução em solos de reduzida capacidade de infiltração, em solos com tendência para desenvolver problemas geotécnicos em virtude da infiltração, em solos calcários (os minerais constituintes deste solo são solúveis, o que pode provocar a criação de vazios e o colapso do solo) e em solos que reajam quimicamente com a água, provocando alterações nas respetivas características de estabilidade e assentamento (solos que contenham minerais como a pirite, por exemplo). Desaconselha-se igualmente a implementação de estruturas de infiltração a distâncias inferiores a 6 m de edificações (Bettess, 1996).

Refere-se ainda que as soluções de controlo na origem requerem manutenção periódica adequada, de modo a que não se verifiquem problemas de colmatção (devem instalar-se, a montante, estruturas que retenham sedimentos, devendo estas serem limpas periodicamente).

A implementação de soluções de controlo na origem requer uma política municipal ativa, indutora de uma nova atitude e da abertura de promotores à respetiva concretização, e a intervenção integrada de técnicos de engenharia, arquitetura, paisagismo, entre outros. Na fase inicial do planeamento urbanístico, sobretudo nas zonas ainda não totalmente ocupadas, é possível atribuir aos promotores das intervenções a responsabilidade de aplicar este tipo de soluções que reduzem as afluências de volumes de água à rede física de coletores.

Entre essas soluções incluem-se as trincheiras de infiltração, valas revestidas com coberto vegetal, poços absorventes, bacias de retenção, pavimentos reservatórios, entre outras (Figura 9.5), as quais se descrevem, sucintamente, de seguida.

POÇOS ABSORVENTES

Os poços absorventes são infraestruturas que permitem a infiltração direta das águas pluviais no solo e que podem dispor, ou não, no seu interior, de material de enchimento (geralmente pedra ou gravilha). Apresentam a vantagem de poderem ser aplicados em locais onde a camada superficial do solo é pouco permeável (zonas urbanizadas, terrenos superficialmente impermeáveis), mas que dispõem de boa capacidade de infiltração na camada mais profunda do solo.

TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

As trincheiras de infiltração consistem em valas estreitas escavada no solo, com profundidades geralmente não superiores a um metro e enchimento adequado. O enchimento pode ser constituído por brita, blocos, estruturas alveolares em plástico (ou ainda por materiais para reutilização, como pneus), de forma a garantir uma adequada percentagem de vazios destinada ao armazenamento temporário da água pluvial. A alimentação de uma trincheira de infiltração pode ser feita diretamente através das escorrências superficiais ou através de rede de coletores. A água retida pode infiltrar-se no solo pela base e/ou pelas paredes da estrutura, ou pode ser encaminhada para um sistema de drenagem, apresentando a trincheira, neste caso, apenas a função de detenção.

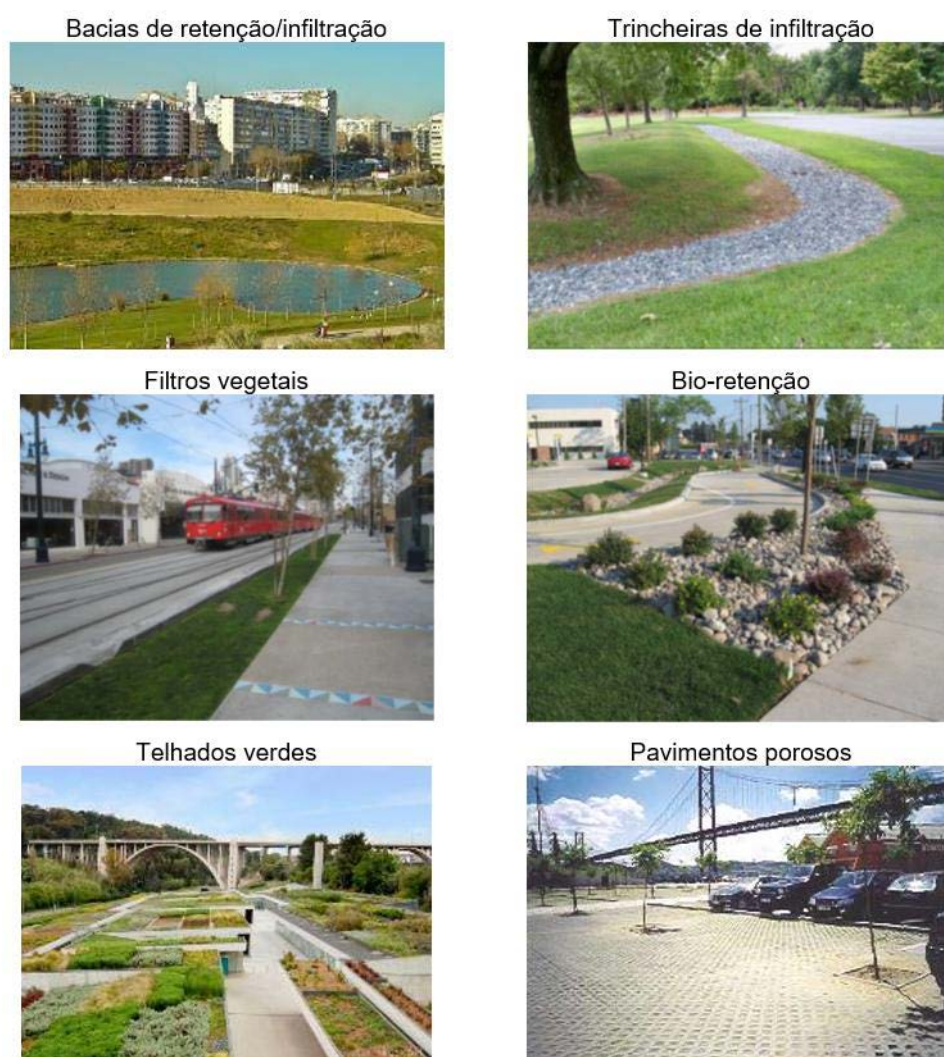


Figura 9.5 Principais técnicas de controlo na origem.

FILTROS VEGETAIS

Os filtros vegetais são constituídos por taludes suaves, revestidos por relva ou vegetação densa, através dos quais o caudal pluvial se escoar antes de afluir ao meio recetor ou ao sistema de drenagem existente. São frequentemente conciliados com outras soluções, tais como trincheiras de infiltração.

BIO-RETENÇÃO

As soluções de bio-retenção consistem em depressões pouco profundas do terreno em que, cumulativamente, se integram zonas ajardinadas, filtros vegetais e zonas de retenção das escorrências pluviais. São constituídas por um filtro vegetal, uma zona de detenção, uma camada orgânica, solo de plantio, plantas lenhosas e herbáceas e, ainda, uma camada de areia. A sua utilização não é recomendada para áreas em que o solo apresente uma percentagem de argila superior a 5%, o terreno possua uma inclinação superior a 20%.

TELHADOS VERDES

Este tipo de solução é constituído por diferentes camadas sobrepostas sobre a laje de cobertura, devidamente impermeabilizada. Geralmente, estes telhados são classificados, de acordo com a espessura do substrato e do tipo de vegetação, em intensivos (com uma espessura do solo ou substrato entre 20 e 200 cm), semi-intensivos ou extensivos (com 15 cm de espessura).

PAVIMENTOS POROSOS

Os pavimentos porosos distinguem-se dos pavimentos tradicionais por permitirem a infiltração através da camada de desgaste para a camada de base, sendo a água pluvial posteriormente infiltrada no solo ou conduzida para uma rede de drenagem. A rápida remoção da água da superfície do pavimento, devido à infiltração na camada inferior, contribui para a melhoria da segurança rodoviária, pelo que estes pavimentos possuem elevado potencial para serem aplicados em estradas e parques de estacionamento.

BACIAS DE RETENÇÃO/INFILTRAÇÃO

As bacias de retenção/infiltração são depressões do terreno, revestidas com vegetação, que se destinam a regularizar, através do armazenamento, os caudais afluentes, garantindo o escoamento a jusante de caudais compatíveis com a capacidade do sistema, reduzindo assim os riscos da formação de cheias. Paralelamente, estas bacias podem viabilizar a infiltração dos volumes retidos, através do fundo e dos taludes (o que favorece a recarga de aquíferos), ou constituir reservas de água para rega e para combate a incêndios. Caso os aquíferos sejam vulneráveis, deve recorrer-se a bacias de retenção devidamente revestidas por um material impermeável.

9.4 ESTRATÉGIAS DE CONTROLO DE SULFURETOS E DE LIBERTAÇÃO DE ODORES

9.4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para a mitigação do problema da corrosão e de libertação de odores em sistemas de águas residuais, diferentes abordagens têm sido testadas ao longo das últimas décadas (ver exemplo no Quadro 9.3). A maioria dos métodos foca-se na redução ou eliminação dos efeitos da emissão do gás sulfídrico, através de diferentes processos químicos ou biológicos, consoante a etapa do ciclo do enxofre em que se aplicam (Zhang et al., 2008; Hvitved-Jacobsen et al., 2013).

Quadro 9.3 – Síntese de medidas usuais de mitigação de corrosão induzida por sulfuretos em sistemas de drenagem.

Etapa	Métodos	Objetivos gerais	Medidas
Fase líquida	Métodos bioquímicos	Inibição geral da atividade microbiológica Prevenção de condições para redução de sulfato (inibição de anaerobiose). Oxidação biológica de H_2S Oxidação química de H_2S Precipitação química de H_2S	- Elevação de pH: adição de substâncias alcalinas ($NaOH$, $Ca(OH)_2$). - Utilização de biocidas. - Adição de recetores de eletrões alternativos: injeção de ar, oxigénio puro, nitrato ou nitrito. - Adição de agentes oxidantes: O_2 , H_2O_2 , Cl_2 , $NaClO$, $KMnO_4$, CaO_2 , MgO_2 . - Adição de sais de ferro (cloreto e sulfato): $Fe(II)$, $Fe(III)$.
	Métodos mecânicos	Remoção de biofilme e sedimentos	- Descargas de caudal elevado (flushing). - Limpeza de coletores com esfera metálica.
Fase gasosa	Métodos bioquímicos	Tratamento dos gases formados	- Absorção de gás em líquido (<i>Scrubbing</i>). - Combustão de gases. - Tratamento biológico de gases. - Adsorção em carvão ativado.
	Ventilação forçada	Diluição de $H_2S_{(g)}$ para o exterior (e diminuição da H.R. na atmosfera do coletor)	- Instalação de colunas de ventilação.
Materiais construtivos	Reforço da resistência do betão ou materiais cimentícios	Diminuição da permeabilidade e aumento da capacidade tampão (resistência ao ácido) das superfícies de betão Aumento da resistência ao ataque por sulfatos	- Proteção da camada superficial do betão (epoxi, poliuretano, diferentes variações de polímeros). - Utilização de misturas cimentícias com inibidores de corrosão ($NaNO_2$, $CaNO_2$, ZnO , MEA, DEA, TEA). - Alteração da mistura cimentícia: diminuição do teor de aluminato tricálcico (C3A).
	Reforço das armações do betão ou de estruturas metálicas	Proteção reforçada das armações do betão e estruturas metálicas	- Galvanização ou projeção térmica com Zn ou Zn-Al. - Utilização de revestimentos orgânicos (tintas) ou inorgânicos (anodização ou cromatização). - Proteção catódica.

Os métodos de controlo de H_2S aplicados à fase líquida dividem-se fundamentalmente em métodos bioquímicos ou mecânicos. Os primeiros incluem o aumento de pH para inibição da atividade microbiológica, a prevenção das condições de anaerobiose, a oxidação ou a precipitação de sulfuretos. Os métodos mecânicos referem-se sobretudo à remoção do biofilme e sedimentos no interior dos sistemas.

As estratégias com vista à remoção do H_2S já formado da fase gasosa referem-se ao tratamento dos gases formados (através por exemplo da absorção em líquido, da combustão ou adsorção em carvão ativado, por exemplo), ou à diminuição da humidade relativa nos sistemas e diluição de H_2S para o exterior, através de ventilação (que pode ser natural ou forçada).

Existem ainda abordagens para o reforço da resistência dos materiais aos efeitos corrosivos, através da diminuição da sua permeabilidade e aumento da capacidade tampão (resistência ao

ácido), ou pela adoção de revestimentos robustos (poliméricos ou outros) insensíveis ao fenómeno de corrosão.

9.4.2 ABORDAGEM PROPOSTA

No caso do sistema da Maia, a solução deverá seguir uma abordagem holística, focando-se nas vertentes de controlo na origem, controlo a “meio de linha” e medidas aplicadas à ETAR.

Dever-se-á promover maior controlo e fiscalização das descargas, principalmente de origem industrial, de forma a garantir o cumprimento do Regulamento do Serviço de Saneamento de Águas Residuais Urbanas da Maia, sobretudo com o aumento previsto de ligações industriais á rede de saneamento.

Os locais mais problemáticos em termos de emissão de odores na rede de drenagem, serão certamente a jusante das condutas elevatórias, sobretudo nas câmaras de transição e trechos imediatamente a jusante. Desta forma, e tendo em conta um certo grau de incerteza associada à modelação efetuada (capítulo 5.2.5), considera-se pertinente a implementação de uma estratégia progressiva, com soluções de fácil aplicação, que possam ser desenvolvidas (ou aprofundadas) futuramente, caso os problemas persistam ou tendam a agravar-se.

Neste contexto, os filtros de odores (filtros de carvão ativado – CA) são soluções robustas, fáceis de instalar e manter, que podem ser montadas de várias formas, nomeadamente:

- Filtro de CA dentro de um poste de ventilação.

- Filtro de CA sob a tampa de um poço de visita.

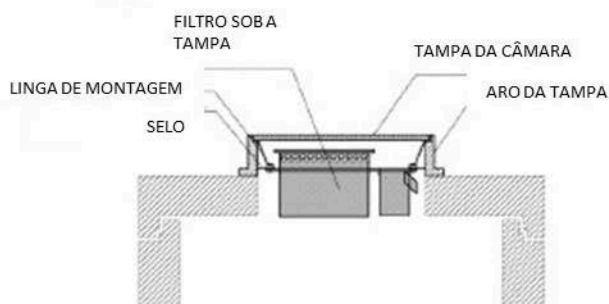
- Filtro de CA num poço de visita adjacente.

A primeira configuração é frequentemente utilizada em válvulas de ventilação de ar e chaminés de ventilação, onde estão presentes compostos odoríferos como H_2S e mercaptanos. Existem diversas aplicações comerciais disponíveis, geralmente na gama DN 75 – 315 mm, embora diâmetros superiores também sejam possíveis.

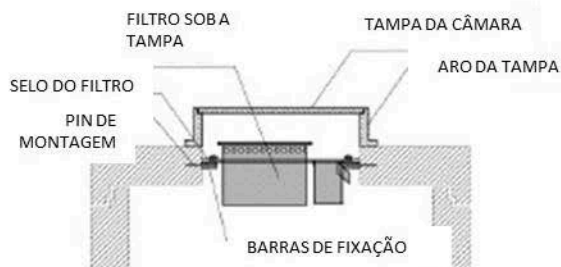
A segunda opção pode ser instalada em praticamente qualquer poço de visita em coletores gravíticos e interceptores, para minimizar as emissões de odores para a atmosfera. Em ambos os casos, o corpo é geralmente fabricado em PEAD ou outros materiais resistentes à corrosão, e o meio filtrante é constituído por carvão ativado com uma área superficial muito elevada. A substituição do meio filtrante é necessária geralmente após 2-3 anos de operação, embora a frequência exata dependa da concentração de H_2S .

A Figura 9.6 ilustra exemplos de poços de visita e chaminés de ventilação equipados com filtros de carvão ativado.

Filtro sob a tampa da câmara de visita

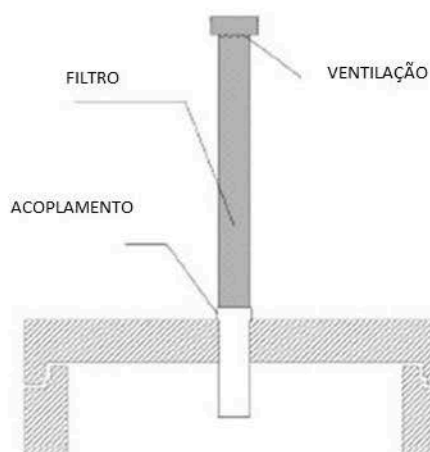


Filtro sob a tampa da câmara de visita



Filtro para tubagens de ventilação em Estações Elevatórias

Fixação no interior do acoplamento da tubagem



Filtro interior para tubagens de ventilação em Estações Elevatórias

Montagem no interior da tubagem de ventilação

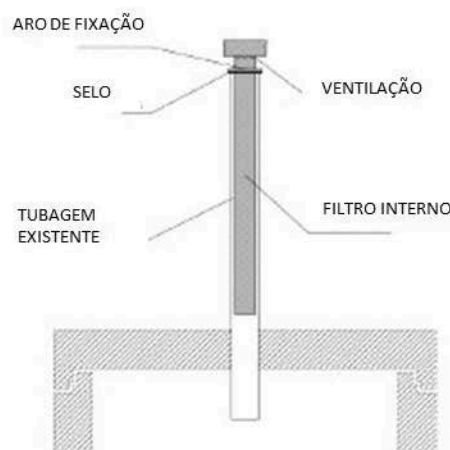


Figura 9.6 – Exemplo de colocação de filtros de odores em tampas ou tubagens de ventilação (fonte: Nixor.pl).

Nas câmaras de transição, e sobretudo em locais onde sejam conhecidas reclamações de odores associadas ao sistema, recomenda-se a instalação dos filtros de ventilação acima referidos para controlar as emissões odoríferas quando o ar é expulso do sistema. Esta situação poderá ser reavaliada com um estudo adicional, assim que estejam disponíveis mais dados operacionais do sistema.

Em situações onde se prevê uma maior duração e intensidade das emissões de compostos odoríferos, poderá ocorrer obstrução do meio filtrante e necessidade de substituições frequentes. Nesses casos, poderá ser vantajoso considerar a instalação de um filtro de carvão ativado de maior dimensão (ou lavador de tambor) num poço de visita adjacente, equipado com extrator de ar e válvula de retenção, para forçar a extração e o tratamento do ar.

Estes sistemas são normalmente instalados em estações elevatórias, poços húmidos, locais específicos de emissão de odores em ETAR e poços de transição (onde condutas elevatórias descarregam para coletores gravíticos). Esta configuração requer disponibilidade de energia

elétrica e obras civis, mas permite tratar uma ampla gama de caudais de ar e concentrações gasosas de diversos poluentes (incluindo H_2S).

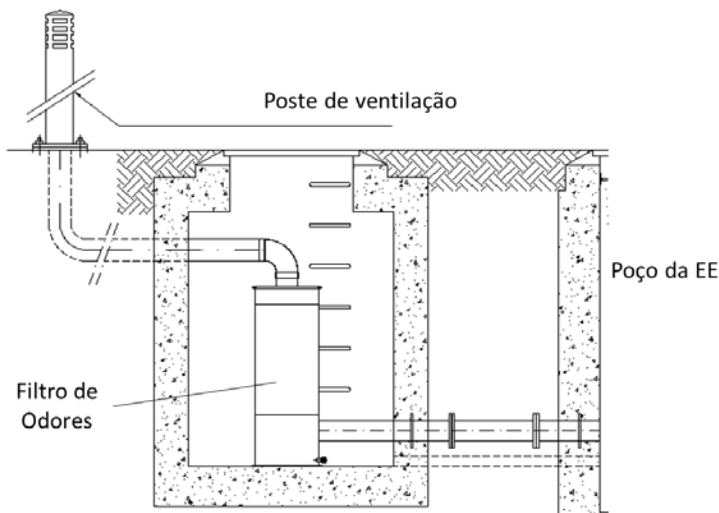


Figura 9.7 – Filtro de odores instalado em câmara de visita adjacente.

Nesta fase, e tendo em conta os dados disponíveis, não se considera necessário para já, soluções como a bio retenção dosagem de reagentes químicos que induzam a precipitação e/ou oxidação dos sulfuretos dissolvidos, para que quando a massa líquida chegue à ETAR, os seus efeitos já se encontrem minimizados. No entanto, com a obtenção de dados mais fiáveis, esta solução poderá ser equacionada, se for verificada a persistência de problemas em local específico.

No que se refere ao controlo dos odores nas ETAR, a informação obtida e reclamações que têm vindo a ser recebidas, faz com que possam ser necessárias medidas adicionais de fim de linha, para o controlo dos sulfuretos e emissão de odores. Neste sentido, propõe-se a averiguação de medidas de minimização de odores nas ETAR.

Na ETAR de Ponte de Moreira, estas medidas já se encontram equacionadas no Projeto de Execução para reabilitação da ETAR, e passam sucintamente pela desativação da atual digestão a frio com a conversão de um dos digestores em biofiltro para desodorização do ar das áreas de tratamento de lamas, obra de entrada e decantadores primários. Desta forma, a ETAR de Ponte de Moreira passará a ter um sistema de desodorização da linha de lamas, do tratamento preliminar e tratamento primário (que serão cobertos num edifício fechado) com encaminhamento do ar para biofiltro, que alcançará um nº médio de renovações de ar por hora de cerca de 12. O equipamento será composto por biofiltro que incluirá torre de humidificação, ventilador, biofiltro e condutas e acessórios. Foram assumidos em projeto os seguintes caudais:

Edifício de desidratação = 3 864 m³/h.

Edifício de espessamento = 3 623 m³/h.

No que se refere à ETAR de Cambados e à ETAR de Parada, dever-se-á equacionar a possibilidade de cobertura dos locais de maior emissão de odores (tipicamente obra de entrada,

tratamento primário e tratamento de lamas), com encaminhamento do ar extraído para tratamento, caso se justifique.

O objetivo principal da etapa de desodorização é evitar a difusão dos odores para o exterior, bem como a proteção da exposição de trabalhadores a agentes químicos, o que se consegue através das seguintes ações:

- Confinamento das fontes de poluição por instalação de coberturas o mais próximo possível do plano líquido;

- Aspiração do ar contaminado por forma a criar uma depressão nos órgãos confinados - impedindo assim a saída dos poluentes – e condução desse ar a um sistema de tratamento.

As taxas de renovação de ar dependem de um conjunto de fatores, como o tipo, a concentração e localização da fonte de odor (poluente), o volume do espaço a desodorizar, a densidade ocupacional, a legislação local e os objetivos de remoção pretendidos.

Usualmente, para a determinação dos caudais de ar a extrair de cada um dos órgãos/locais podem ser estimadas cargas específicas dos principais poluentes, e na determinação de valores de concentração aceitável no local para cada um deles.

A legislação nacional relevante refere-se a

- Portaria nº 762/202 de 1 de Julho - que aprova o “Regulamento de segurança, higiene e saúde no trabalho na exploração dos sistemas públicos de distribuição de água e de drenagem de águas residuais”;

- Norma Portuguesa NP 1796– “Segurança e saúde no trabalho – Valores limite de exposição profissional a agentes químicos.

Existem ainda outros normativos internacionais, como por exemplo *The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) Standard 62.1 - *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality* ou a norma *EN 13779:2007 - Ventilation for non-residential buildings*.

O tratamento do ar contaminado com compostos odoríferos pode ser efetuado através de sistemas de tratamento por via biológica, como os biofiltros, ou por tecnologias físico-químicas, como os *scrubbers* (lavadores de gases).

Os biofiltros utilizam meios filtrantes biológicos (ex. compostos orgânicos ou sintéticos) colonizados por comunidades microbianas capazes de oxidar os compostos sulfurados e outros compostos orgânicos odoríferos, convertendo-os em compostos não voláteis e inodoros, como sulfatos. São soluções sustentáveis, com baixos custos de operação e manutenção, sendo adequadas para caudais de ar constantes e de baixa carga.

Por outro lado, os *scrubbers* funcionam por contacto entre o ar contaminado e uma solução líquida (reagentes químicos), promovendo a dissolução e neutralização dos poluentes gasosos. Estes sistemas oferecem elevada eficiência de remoção e maior controlo operacional, sendo

indicados para locais com elevada variabilidade de cargas ou onde se exige elevada fiabilidade no controlo de odores. A escolha entre estas tecnologias deverá considerar fatores como a concentração e caudal do ar a tratar, os requisitos ambientais e económicos, bem como as condições específicas do local de instalação.

9.4.3 ESTRATÉGIAS FUTURAS POTENCIAIS PARA CONTROLO DE SULFURETOS

Das várias opções existentes atualmente para controlo de sulfuretos em sistemas de drenagem, uma das mais utilizadas refere-se à injeção de oxigénio (O_2) em condutas elevatórias. Esta pode ser realizada através da injeção de oxigénio puro ou de ar comprimido diretamente na conduta elevatória. A injeção de oxigénio (ar ou O_2 puro) previne as condições anaeróbias necessárias à redução de sulfato por microrganismos. Tipicamente, concentrações de oxigénio dissolvido (OD) superiores a 0,5 mg/L nas secções mais a jusante do sistema são consideradas suficientes para inibir a formação de sulfuretos. O oxigénio tem também como objetivo oxidar os sulfuretos que possam ter sido formados a montante dos pontos de injeção.

Importa referir que a injeção de oxigénio puro pode ser mais eficaz, uma vez que é cerca de cinco vezes mais concentrado do que o ar (atingindo facilmente níveis de 5-7 mg/L), embora seja mais complexa de operar.

Os volumes de ar necessários dependem de diversos fatores, nomeadamente das taxas de consumo de oxigénio no interior das águas residuais, do tempo de retenção hidráulica, da temperatura, da pressão na secção de injeção, do perfil longitudinal da conduta e dos níveis de controlo e segurança exigidos. As regras práticas de dimensionamento indicam (EPA 1985; ASCE, 1989):

Injeção de volumes de ar entre 0,75 e 2,25 m³ por m³ de águas residuais, ou 0,7 – 1,3 m³/h de ar por cm de diâmetro da conduta;

A injeção de ar comprimido deve ser efetuada sob condições favoráveis de pressão e turbulência, ou seja, quando a pressão hidráulica é superior a 0,15 MPa e a velocidade média do escoamento ultrapassa 0,6 m/s;

Idealmente, o ar (ou O_2) deve ser injetado apenas em condutas elevatórias com perfis maioritariamente ascendentes, de forma a evitar a sua saída através das válvulas de alívio de ar localizadas em pontos altos.

Outras estratégias operacionais podem também incluir a utilização de oxidantes químicos e/ou precipitantes, caso o problema persista, ou se a conduta elevatória não for adequada para injeção de ar/ O_2 (isto é, se não for predominantemente ascendente).

No que diz respeito à adição de nitratos, Saracevic *et al.* (2006) aplicaram concentrações de 40 mg N- NO_3^- /L numa conduta de 5 km, reduzindo o teor inicial de sulfureto de 10-20 mg/L para menos de 2 mg/L. Noutros casos, foi reportada a utilização de concentrações mais baixas (5 mg N- NO_3^- /L) como sendo suficientes para inibir a geração de sulfuretos num coletor gravítico com 61 km de extensão (Rodríguez-Gómez *et al.*, 2005).

Outras substâncias oxidantes, como o peróxido de hidrogénio (H_2O_2), apresentam rácios recomendados de 1,3-4,0 mg H_2O_2 por 1 mg S/L, embora com a desvantagem de um tempo de vida útil mais curto (USEPA, 1991). O permanganato de potássio (KMnO_4) é outro agente oxidante forte, que converte o sulfureto em sulfato, sendo normalmente aplicado sob a forma de solução aquosa a 6% (com a desvantagem de ser mais caro do que o H_2O_2) (USEPA, 1991). Como regra, a reação completa-se totalmente em 30 a 45 minutos.

A adição de sais de ferro (Fe (II) e Fe (III)) para precipitação de sulfuretos formados é um método amplamente utilizado. Este processo envolve concentrações e taxas de remoção variáveis, e na prática, exige frequentemente uma dosagem superior à estequiometria da reação para um controlo eficaz. Contudo, a proporção ferro/sulfureto situa-se entre 1,2 e 2,5:1, para uma remoção de 88-100% (Zhang *et al.*, 2008). É importante notar que o FeS não precipita adequadamente com valores de pH inferiores a 8. Por isso, poderá ser necessário adicionar simultaneamente uma base para elevar o pH. Para águas residuais com pH em torno de 7, a proporção de Fe (II ou III) a adicionar pode ser de aproximadamente 4,4:1 (Hvitved-Jacobsen *et al.*, 2013).

9.5 BENEFICIAÇÃO DAS ETAR

9.5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atualmente, as ETAR de Ponte de Moreira e ETAR de Parada apresentam constrangimentos que limitam a sua capacidade de operar a um nível de desempenho adequado para cumprir os VLE impostos pelas respetivas licenças de descarga. Em conjugação com o aumento das exigências de tratamento decorrentes da nova DARU (nomeadamente no controlo N e P), das perspetivas de evolução demográfica do concelho, e da necessidade de aumento de resiliência e reforço dos princípios de economia circular, a beneficiação destas ETAR, a curto-prazo, é fundamental.

Atendendo a este facto, considera-se extremamente benéfico do ponto de vista ambiental, energético e económico, potenciar a reutilização do efluente tratado para usos compatíveis nas próprias ETAR, nomeadamente na lavagem de equipamentos (circuitos hidráulicos e órgãos), arruamentos e rega de espaços verdes, ou até nas indústrias envolventes, numa aposta forte na economia circular. No sub-capítulo 9.5.4 apresentam-se algumas considerações sobre a reutilização de efluentes tratados.

9.5.2 ETAR DE PONTE DE MOREIRA

No que respeita à ETAR de Ponte de Moreira, e como mencionado anteriormente (sub-capítulo 6.3), em agosto de 2024, foi desenvolvido o “Estudo de diagnóstico e projeto de execução de remodelação da ETAR de Ponte de Moreira” (COBA, 2024a), com vista à beneficiação e aumento da capacidade de tratamento desta ETAR. A remodelação foi dimensionada para 38.000 habitantes equivalentes, garantindo capacidade adicional face à população atual.

Este projeto foi candidatado e aprovado no âmbito do Aviso NORTE2030, visando financiamento através do PRR, em alinhamento com o PENSAARP 2030, com vista ao processo de concurso público internacional para a empreitada de construção. As soluções propostas cumprem os requisitos técnicos, ambientais e operacionais, destacando-se pela redução de consumo energético e pela desinfecção parcial do efluente para reutilização. De entre as principais intervenções propostas, destacam-se uma nova linha de tratamento (Linha 2) com remoção de azoto sem carbono externo, utilizando a matéria orgânica do efluente; melhorias no tratamento de lamas através de espessamento mecânico das lamas mistas com recurso a centrífugas; a desodorização através da conversão de um dos digestores em biofiltro; e a produção de energia renovável com a instalação de uma Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) com painéis solares.

9.5.3 ETAR DE PARADA

No que concerne à ETAR de Parada, e em virtude da sua criticidade também identificada no PENSAARP2030, foi desenvolvido o estudo “Remodelação/beneficiação/requalificação da ETAR de Parada - Estudo prévio/Solução indicativa” (COBA, 2024b), com o objetivo de ser conduzido a um processo de concurso público internacional para uma empreitada de conceção-construção. Este estudo, previu a beneficiação da ETAR de Parada, sendo de realçar a remodelação do tratamento biológico; a previsão de sistema de efluente compatível com água para reutilização (ApR); a beneficiação da construção civil e equipamento da EE inicial; e a instalação de medidor de caudal e de válvula de maré.

O parecer técnico realizado pela HIDRA, no âmbito da presente prestação de serviços, identificou os seguintes aspetos críticos do processo da ETAR de Parada:

A população de projeto assumida para o sistema global da bacia de Parada, cerca de 110 000 e.p., que reflete uma abordagem de estabilidade da população com crescimento nulo, minimalista e pouco conservativa.

A população de projeto assumida para dimensionar a ETAR, de 98 000 e.p, obriga ao desvio de caudal para jusante, não se configurando alternativas viáveis para a sua entrega na ETAR de Ponte de Moreira ou para o sistema do concelho vizinho de Matosinhos.

O prever que parte das lamas estabilizadas sejam encaminhadas para aterro, em vez de serem estabilizadas, compostadas e valorizadas na sua totalidade, como acontece atualmente.

O controlo dos pluviais caídos no próprio recinto da ETAR, através de um sistema elevatório de grande capacidade (superior a 700 l/s), não otimizado.

O facto de se tratar de um processo biológico de tratamento inovador, com ainda limitada aplicação.

A preparação de um concurso de conceção-construção para a respetiva empreitada, impedindo o respetivo financiamento no âmbito do Aviso NORTE2030, que exigia um grau de maturidade correspondente a projeto de execução.

Face aos aspetos apresentados e à impossibilidade de obtenção de financiamento no âmbito do Aviso NORTE2030, entende-se que o processo de reabilitação da ETAR de Parada deva ser reorientado no sentido de:

1. Abrir um concurso público internacional para elaboração de Projeto de Execução e respetiva Avaliação de Impacte Ambiental (população de projeto superior a 100 000 e.p.). Face à necessidade de aumento da capacidade de tratamento e à indisponibilidade de expansão da área do recinto, entende-se ser pertinente prever uma eventual deslocação da fase sólida e aproveitamento do espaço então disponível para abrir a possibilidade de soluções de tratamento convencionais ou não convencionais que requeiram maior espaço para serem implementadas.
2. Submeter o projeto de execução a nova oportunidade de financiamento, que se crê que existirá a curto prazo dada a criticidade da ETAR de Parada identificada no PENSAARP2030.

Dada a potencial deslocação da fase sólida da ETAR de Parada, propõe-se que o terreno a seleciona atente aos seguintes critérios: (i) área igual ou superior a 2 ha; (ii) altura de elevação inferior a 50 m; (iii) distância de percurso (conduta) inferior a 4 km; e que seja realizada uma análise multicritério que tenha em conta, nomeadamente, os seguintes fatores sociais, ambientais e económicos:

Facilidade e custo de aquisição do terreno.

Integração urbanística, área e população envolvente.

Custo total atualizado (custo de investimento e encargos de exploração).

A beneficiação das ETAR de Parada deverá ser encarada, também, como uma oportunidade para resolução das frequentes inundações que ocorrem no seu recinto, nomeadamente no edifício de exploração. Poderá considerar-se, através da reorganização do recinto, das suas infraestruturas e edifícios, a possibilidade de criar zonas preferenciais de inundação que não afetem a operação e desempenho da ETAR, o que poderá permitir evitar soluções com encargos de investimento mais onerosas, como a construção de diques.

9.5.4 REUTILIZAÇÃO DE EFLUENTE TRATADO

9.5.4.1 Aspetos introdutórios

A utilização de água reciclada para usos diferentes dos de consumo humano é vista como uma estratégia promissora para fazer face ao risco de indisponibilidade de água em quantidade e com a qualidade adequada. O aproveitamento deste recurso traz benefícios importantes nas vertentes económica, ambiental e social, reservando o aproveitamento da água tratada (maior custo) para usos exclusivamente de consumo humano. Do ponto de vista económico, refere-se ainda o reaproveitamento de nutrientes presentes no efluente tratado, para fins de melhoramento de produções agrícolas.

A utilização de água reciclada para usos não relacionados com o consumo humano, como a rega, a indústria, a recarga de aquíferos ou usos recreativos, que representam uma parte

significativa dos consumos de água, e cujos requisitos de qualidade são inferiores, contribui para aumentar a resiliência e sustentabilidade dos serviços.

Embora o aproveitamento de água reciclada ainda não constitua uma prática generalizada, trata-se de uma temática de grande relevância e sensibilidade, por se enquadrar em objetivos internacionais direcionados aos serviços de abastecimento público, drenagem e tratamento de água, fixando padrões mínimos de proteção ambiental. Ao nível da União Europeia, estas preocupações foram incluídas em planos de trabalhos e documentos estratégicos, por exemplo, no âmbito do Horizonte 2020, reforçando o aproveitamento de águas recicladas através de um plano de ação enquadrado nas metas da economia circular. O plano de ação adotado pela União Europeia tem-se materializado através da publicação de legislação específica, incentivando os usos de água reciclada e definindo os requisitos mínimos de qualidade em função dos diferentes usos.

9.5.4.2 Contexto legislativo e requisitos de qualidade

No contexto internacional, a reutilização da água é considerada um vetor estratégico para a conservação dos recursos hídricos pela Organização das Nações Unidas e União Europeia, refletindo-se esta estratégia em orientações dos Estados-Membros.

No que diz respeito às normas comunitárias, especificamente dirigidas aos seus Estados-Membro, o princípio da reutilização de água está explicitado no art.º 12 da Diretiva 91/271/CEE relativa ao tratamento de águas residuais urbanas, onde é referido que *“As águas residuais tratadas devem ser reutilizadas sempre que adequado. As vias de eliminação devem minimizar os efeitos nocivos sobre o ambiente.”*

A Diretiva 2000/60/CE22 – Diretiva Quadro da Água (DQA) – fundamental na política da água na UE, estipula diversos objetivos, em termos de quantidade e qualidade das águas, e para a promoção de uma utilização sustentável. É referido, no Anexo VI, como medida suplementar que os Estados-Membros deverão adotar, a *“reutilização, nomeadamente promoção de tecnologias eficazes em termos de utilização de água pela indústria e de técnicas de irrigação que permitam poupanças de água”*.

A legislação prevê diferentes parâmetros de qualidade, dependendo das diferentes aplicações da água reciclada. Nos usos em que houver o risco de a reutilização de águas residuais resultar na alteração das características de águas subterrâneas ou superficiais, como é o caso de rega (paisagística ou agrícola), recarga de aquíferos ou outros usos recreativos, os efluentes deverão ter um nível de tratamento terciário, compatível com os elevados padrões de qualidade exigidos. A este respeito destaca-se o Decreto-Lei 119/2019 que estabelece o regime jurídico de produção de água para reutilização, obtida a partir do tratamento de águas residuais, bem como da sua utilização. No referido decreto especificam as normas de qualidade de água para diferentes fins, nomeadamente para rega, para indústrias e para usos urbanos. Nos Quadro 9.4 a Quadro 9.7 apresentam-se os valores estabelecidos para os fins anteriormente enunciados.

Quadro 9.4 - Normas de qualidade de água para reutilização para rega.

Classe de qualidade ⁽¹⁾	CBO ₅ (mg/L O ₂)	SST (mg/L)	Turvação (NTU)	E. coli (ufc/100 mL)	Ovos de parasitas intestinais (Nº/L) ⁽²⁾	Azoto amoniacal (mg NH ₄ ⁺ /L) ⁽³⁾	Azoto total (mg N/L) ⁽³⁾	Fósforo total ⁽³⁾
A	≤10	≤10	≤5	≤10				
B	≤25	≤35		≤100				
C	≤25	≤35		≤1000	≤1	10	15	5
D	≤25	≤35		≤10000	≤1			
E ⁽⁴⁾	≤40	≤60		≤10000				

(1) Descrição no Quadro 2.

(2) Aplicável na rega de culturas agrícolas destinadas ao consumo animal.

(3) Parâmetro facultativo. Poderá ser aplicável em alguns projetos de rega para minimização dos riscos de formação de biofilme e obstrução dos sistemas de rega.

(4) Só aplicável a sistemas descentralizados ou descentralizados em simbiose.

Quadro 9.5 - Descrição das classes de rega – usos e nível de tratamento adequado em função das várias classes de qualidade da água.

Classe	Possíveis Usos	Nível de tratamento
A	Rega sem restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas): rega de culturas consumidas em cru em que a parte consumível está em direto contacto com a água; rega de jardins públicos sem restrição de acesso; rega de jardins privados.	Mais avançado que secundário (desinfecção).
B	Rega com restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas): rega de culturas consumidas em cru, que crescem acima do solo, e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água; rega de culturas agrícolas destinadas a processamento e de culturas agrícolas não destinadas ao consumo humano, incluindo culturas destinadas ao consumo animal (produção de leite ou carne), exceto suínos; rega de jardins com restrição de acesso, incluindo áreas de lazer e desportivas (e.g. campos de golfe).	Mais avançado que secundário (desinfecção).
C	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): rega de culturas consumidas em cru, que crescem acima do solo, e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água; rega de culturas agrícolas destinadas a processamento e de culturas agrícolas não destinadas ao consumo humano, incluindo culturas destinadas ao consumo animal (produção de leite ou carne), exceto suínos.	Mais avançado que secundário (desinfecção).
D	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): produção de sementes, incluindo sementes para uso industrial ou produção de energia.	Mais avançado que secundário (desinfecção).
E	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): produção de sementes; rega de áreas de uso naturalmente restrito (e.g., sebes, áreas de contenção (prados em socacos)).	Mais avançado que secundário (desinfecção).

Quadro 9.6 - Normas de qualidade de água para usos urbanos e usos paisagísticos (fora do contexto urbano).

Parâmetros	Suporte de ecossistemas	Usos recreativos, de enquadramento paisagístico	Lavagem de ruas ⁽⁵⁾	Água de combate a incêndios ⁽¹⁾	Águas de arrefecimento	Autoclismos ⁽¹⁾	Lavagem de veículos ^{(4),(5)}
pH	A determinar	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5 (2)	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
CBO ₅ (mg/L O ₂)	caso -a-caso em	≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	
Turvação (NTU)	função do	≤5		≤5		≤5	≤5
Azoto amoniacal (mg NH ₄ /L)	estado ecológico e respetivos parâmetros de suporte.	≤5			≤5 ≤1 (na presença de cobre)	≤10	
P _{total} (mg/L)		≤2 ⁽³⁾					
E. coli (ufc/100 mL)		≤10		≤10	≤200	≤10	≤10

(1) As vias de exposição por ingestão (não intencionada) deverão ser consideradas de máxima importância nestes usos, pelo que a qualidade deverá ser similar à da classe A para rega.

(2) Pode ocorrer crescimento microbiano a valores superiores ou inferiores a esta gama de pH.

(3) Quando utilizado em locais sujeitos à ocorrência de eutrofização (e.g., lagos urbanos, fontes).

(4) Em função das especificidades de aplicação das ApR poderão ser controlados alguns metais e compostos iónicos, tais como ferro, manganês, cloretos, sulfatos, alcalinidade e sílica, para minimização da ocorrência de calcificação ou corrosão dos sistemas de armazenagem e distribuição de água.

(5) Em sistemas de lavagem manual a alta pressão, as vias de exposição por ingestão (não intencionada) deverão ser consideradas de máxima importância nestes usos, pelo que a qualidade deverá ser similar à da classe A para rega.

Quadro 9.7 - Normas de qualidade de água para reutilização em uso industrial (proteção para contacto humano).

Classe de qualidade	Turvação (NTU)	E. coli (ufc/100 mL)
Em circuitos com risco direto de ingestão (incluindo ingestão acidental, e.g., gotículas) e contacto dérmico	≤5	≤10
Em circuitos com risco direto de contacto dérmico		≤1000

A utilização de águas recicladas pode ter diferentes aplicações, sendo que os aspetos mais significativos a avaliar na sua implementação são:

A qualidade da água reciclada, que depende do grau de tratamento.

O tipo de tecnologia associada ao tratamento nas ETAR.

O equilíbrio entre a procura e a oferta de água para reciclada, ou seja, entre o volume de água necessário para determinada utilização e o volume disponível de água reciclada.

As infraestruturas necessárias à implementação de um sistema de água reutilizada, como reservatórios para armazenamento e sistemas de transporte e distribuição.

A sustentabilidade económica e financeira do projeto de reutilização.

A mitigação dos impactes ambientais e dos riscos de saúde pública associados aos diferentes usos e diferentes qualidades da água reciclada.

Importa ressaltar que, atualmente, existe uma progressiva disponibilização de fundos de financiamento europeus dedicados a projetos que promovam uma economia circular e verde, podendo desta forma o presente projeto constituir um potencial candidato de financiamento.

9.6 OTIMIZAÇÃO E DESCENTRALIZAÇÃO DO SISTEMA

O sistema de saneamento da Maia encontra-se muito centralizado, especialmente o sub-sistema de Parada. Com uma área total contribuinte à ETAR estimada em perto de 70 km² e emissários de grande extensão (por exemplo, o emissário EM01 - Arquinho tem uma extensão de quase 10 km, bem como os emissários EM07 - Leandro e EM08 - Leça, que, em série, ultrapassam este valor), estima-se que este sub-sistema seja responsável, atualmente, por recolher, encaminhar e tratar cerca de 80% dos caudais gerados no sistema de saneamento da Maia. A este fator, acresce, ainda, o elevado número de estações elevatórias de águas residuais no sistema de saneamento da Maia (1 EE por km² ou 1 EE por 1.730 habitantes do concelho). A conjugação de um sistema centralizado, com emissários de grandes extensões e elevada densidade de estações elevatórias, dificulta a gestão e operação, tornando-a mais complexa e onerosa.

Face a um provável cenário de crescimento demográfico e de solicitações mais exigentes, deverá promover-se um estudo detalhado para otimização e descentralização integrada do sistema com enfoque na supressão de sistemas elevatórios através da implementação de soluções de tratamento de base natural. Este paradigma permitirá, por um lado, reduzir o recurso a estações elevatórias e melhorar a eficiência energética do sistema e, por outro, aliviar o recurso às infraestruturas existentes de transporte e tratamento, atuando na sua eficiência hidráulica e ambiental. Por outro lado, a descentralização permite concentrar eventuais problemas e reduzir os seus impactos no sistema para jusante.

Deverão, ainda, ser estudadas medidas de otimização e aumento da resiliência operacional das estações elevatórias de águas residuais que se mantenham em operação, verificando a capacidade instalada dos grupos eletrobomba face aos caudais afluentes e garantindo a existência de um grupo eletrobomba de emergência/redundância. Deverá prever-se, quando adequado e face à criticidade, a instalação de um grupo gerador de emergência a combustível, permitindo garantir serviço de elevação face à ocorrência de falhas de energia, e/ou o recurso a reservatório de retenção de emergência, acomodando volumes poluídos e reduzido descargas não tratadas para o meio recetor.

Este estudo deverá beneficiar da informação obtida no trabalho redução de aflúências indevidas, do modelo de simulação dinâmica presentemente desenvolvido e de dados de monitorização, permitindo uma otimização adequada face às condições reais de desempenho do sistema.

No âmbito do presente Plano Diretor, e de forma simplificada, foi realizada uma análise preliminar no que respeita às estações elevatórias de águas residuais, nomeadamente sub-bacias/áreas contributivas e população doméstica servida, seguindo a mesma metodologia adotada do capítulo 5.2.

A Figura 9.8 apresenta as áreas contributivas definidas, categorizadas de acordo com a respetiva população servida. Os valores obtidos encontram-se apresentados no Quadro 9.8, Quadro 9.9 e Quadro 9.10, para os sub-sistemas de Cambados, Ponte de Moreira e Parada, respetivamente, identificando-se, o caudal instantâneo (Q_e), o caudal médio anual (Q_{anual}), a altura manométrica (H_e), a estimativa da população doméstica servida atualmente (Pop_{dom}), a existência de potenciais contribuições industriais e a estimativa da área requerida para implantação de solução de tratamento de base natural (assumindo uma razão de 3 m²/habitante).

Por análise das populações servidas estimadas, verifica-se que, de facto, a grande maioria dos sistemas elevatórios servem pequenas sub-bacias, com uma média de cerca de 240 habitantes servidos (população doméstica) por EE e que cerca de 34% das EE apresentam caudais médios anuais inferiores a 6 l/s (de ressaltar que se dispõe de informação relativa aos caudais elevados de 76 das 85 EE existentes). Nos casos em que possam ocorrer aflúências de caudais industriais será necessário realizar uma análise mais fina no que respeita à quantidade e qualidade dos mesmos, de forma a entender a viabilidade deste tipo de soluções.

Tendo em conta que para pequenos sistemas de tratamento de base natural desconectados à rede se recomendam populações servidas inferiores a 1 000 habitantes, excluem-se, à partida, as estações elevatórias EE001 (5 460 hab), EE032 (2 930 hab) e EE026 (1 750 hab), por servirem sub-bacias com populações superiores a este valor. Adicionalmente, considerando que as soluções de base natural de tratamento de águas residuais requerem áreas disponíveis entre 2 a 3 m²/hab, em média, naturalmente que a sua implementação se recomenda em zonas periféricas e mais afastadas de zonas urbanas consolidadas considerando, também, o potencial crescimento populacional e consequente expansão urbana.

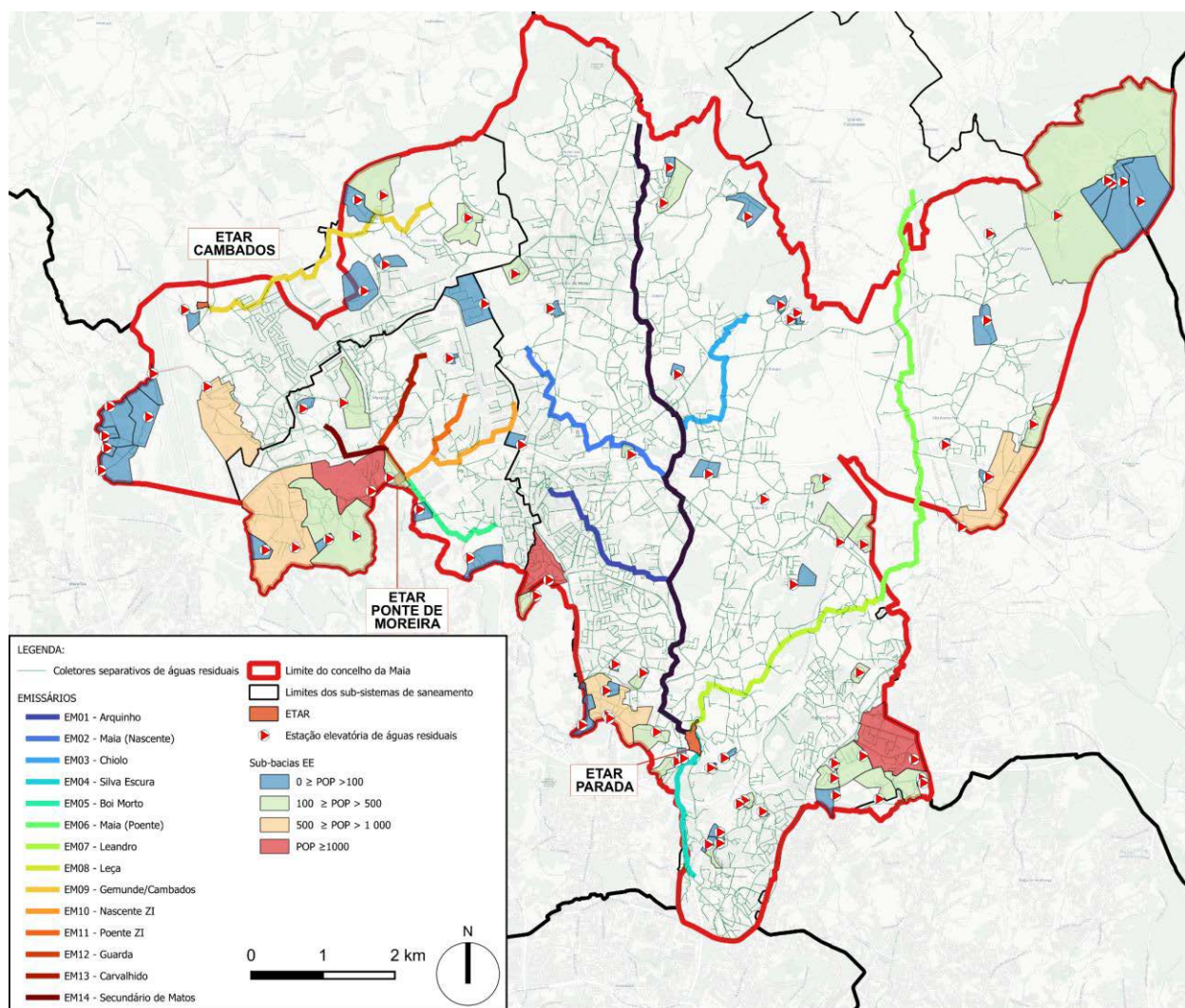


Figura 9.8 – Áreas contributivas a cada estação elevatória de águas residuais.

Quadro 9.8 – Características das EE dos sub-sistemas de Cambados.

EE	Q_e (l/s)	$\bar{Q}_{\text{anual}}$ (l/s)	H_e (m)	Cont. ind.	Pop _{dom} (ano 0)	Área req. (m ²)
EE04	13.1	11.0	6.5	x	35	105
EE09	19.1	88.4	13	-	85	255
EE11	12.2	70.6	19	x	780	2340
EE17	19.1	35.6	19	x	35	105
EE18	15.7	121.9	10	-	20	60
EE19	17.5	113.2	19	-	10	30
EE31	12.7	17.3	19	-	180	540
EE41	20.3	141.3	17	-	170	510
EE44	17.1	8.8	20	x	10	30
EE45	14.3	20.4	20	x	30	90
EE54	17.5	0.3	19	x	5	15
EE65	10.0	135.3	33.8	-	20	60
EE76	NC	NC	12.6	x	30	90

Quadro 9.9 – Características das EE dos sub-sistemas de Ponte de Moreira.

EE	Q _e (l/s)	Q _{anual} (l/s)	H _e (m)	Cont. ind.	Pop _{dom} (ano 0)	Área req. (m ²)
EE05	19.1	96.4	11	×	65	195
EE12	11.8	8.0	18.5	×	0	0
EE13	6.3	1.0	18.2	×	5	15
EE15	18.3	314.0	11	×	565	1695
EE16	32.0	277.5	27	-	425	1275
EE26	22.8	355.1	13	-	1750	5250
EE30	21.7	83.4	22	-	230	690
EE52	22.3	6.4	27	-	75	225
EE62	17.0	8.4	17	×	35	105
EE69	11.1	0.9	12.6	-	20	60
EE78	desativada					
EE80	NC	0.3	NC	-	0	0

Quadro 9.10 – Características das EE dos sub-sistemas de Ponte de Moreira.

EE	Q _e (l/s)	Q _{anual} (l/s)	H _e (m)	Cont. ind.	Pop _{dom} (ano 0)	Área req. (m ²)	EE	Q _e (l/s)	Q _{anual} (l/s)	H _e (m)	Cont. ind.	Pop _{dom} (ano 0)	Área req. (m ²)
EE01	39.3	202.7	21	-	5465	16395	EE48	15	0.8	19.0	-	45	135
EE02	19.1	15.8	11	-	155	465	EE49	15	3.0	6.0	-	30	90
EE03	16.9	59.2	11	-	220	660	EE50	19.67	9.9	27.0	-	155	465
EE07	13.1	20.7	6	-	35	105	EE51	15.66	45.8	24.0	-	370	1110
EE08	5.8	18.1	27	-	370	1110	EE53	16.73	18.0	6.0	-	145	435
EE10	15.7	23.5	6	-	100	300	EE55	20	0.6	41.0	-	385	1155
EE14	19.1	308.9	19	×	95	285	EE56	15	5.3	6.0	×	115	345
EE20	16.7	363.6	13.5	×	125	375	EE57	12.5	13.5	13.0	-	35	105
EE21	15.0	145.5	6	-	140	420	EE58	12	63.6	19.0	-	105	315
EE22	14.1	6.1	14	-	15	45	EE59	6.25	0.3	18.2	-	25	75
EE23	48.0	171.1	24.5	×	625	1875	EE60	12.5	1.9	13.0	-	30	90
EE24	14.1	6.2	13	×	740	2220	EE61	17.5	21.7	13.0	-	60	180
EE25	9.0	3.4	19	×	65	195	EE63	33.9	421.2	17.0	-	110	330
EE27	42.0	168.8	13.1	-	50	150	EE64	17.1	3.0	20.0	-	35	105
EE28	20.3	43.7	11	×	120	360	EE66	12.5	2.3	13.0	×	65	195
EE29	14.1	17.8	10	-	235	705	EE67	13.98	0.5	12.4	-	25	75
EE32	68.0	149.4	30	-	2935	8805	EE68	7.5	0.1	18.2	-	15	45
EE33	12.5	10.5	13	-	30	90	EE70	48	42.7	24.5	-	30	90
EE34	20.3	14.8	17	-	70	210	EE71	15	6.6	33.8	-	50	150
EE35	17.1	20.2	20	-	120	360	EE72	8.35	1.2	29.9	-	50	150
EE36	18.3	29.6	17	-	200	600	EE73	0	0.0	21.9	-	20	60
EE37	12.0	3.8	13	-	40	120	EE74	5	0.9	21.9	-	15	45
EE38	13.1	2.3	13	-	60	180	EE75	11.64	4.8	13.1	-	40	120
EE39	19.1	40.0	32	-	60	180	EE77	2.718	2.8	19.8	-	105	315
EE40	17.1	0.9	20	×	5	15	EE79	NC	1.5	12.6	×	25	75
EE42	1.7	0.6	20	-	30	90	EE93	Gestão privada			-	10	30
EE43	17.1	2.0	20	-	10	30	EE95	Gestão privada			-	120	360
EE46	13.1	3.3	13.5	-	140	420	EE96	Gestão privada			-	100	300
EE47	18.3	99.8	11	-	480	1440							

Com base nos pressupostos assumidos, e de forma simplificada, sugere-se que as soluções de descentralização a estudar sejam focadas nas estações elevatórias de sub-bacias de cabeceira, mais distantes dos emissários, como apresentado na Figura 9.9 e Peça Desenhada 16. Na totalidade, esta proposta preliminar abrange 48 estações elevatórias, significando uma redução de 56% face ao número total atual (85 EE).

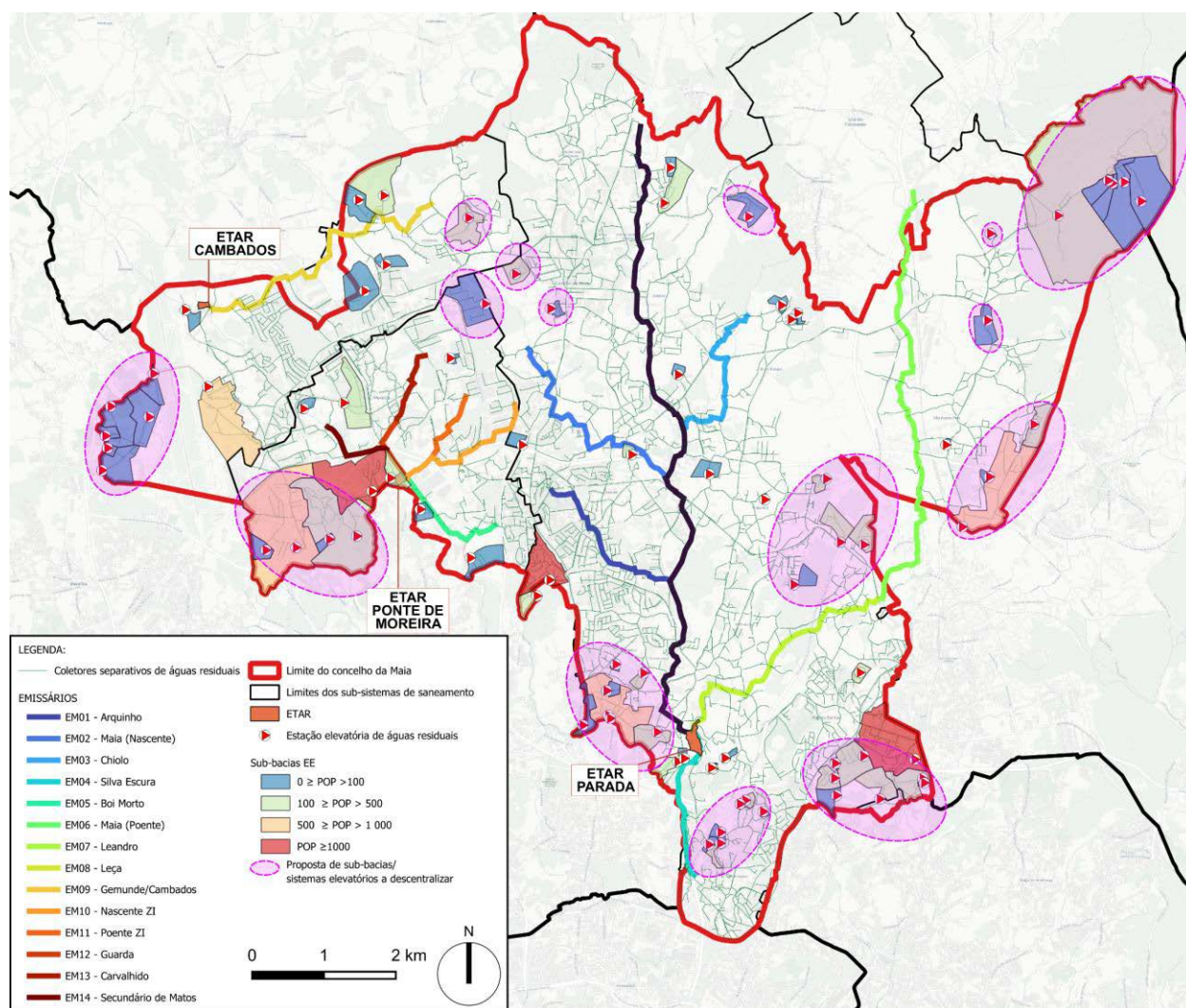


Figura 9.9 – Proposta de sistemas elevatórios a descentralizar.

Ressalva-se que, nos casos em que não se configure possível a construção de soluções de base natural, ou até numa perspetiva de otimização das mesmas, poderão ser estudadas outras soluções de desvio de caudal, nomeadamente, com recurso a coletores intercetores. Esta solução poderá ser viável nos casos em que existe uma elevada densidade de EE em paralelo ou sistemas elevatórios em série. Estes coletores, implantados em zonas de menor cota, passariam a intercetar os caudais afluentes às EE, encaminhando-os para uma única EE final. A Figura 9.10 exemplifica, esquematicamente, este tipo de abordagem.

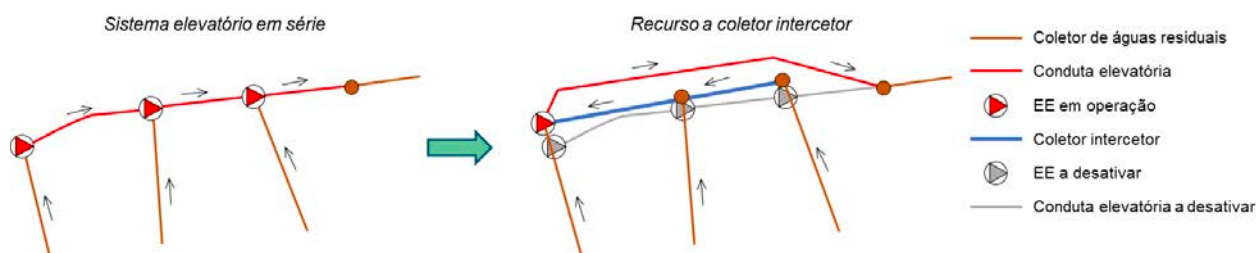


Figura 9.10 – Esquemática de uma solução com recurso a coletor interceptor para descentralização de sistemas elevatórios.

9.6.1 ZONAS HÚMIDAS CONSTRUÍDAS

As soluções naturais de tratamento de águas residuais (do inglês *Nature Based Solutions*, *NBS*) implicam a utilização planeada e deliberada de ecossistemas, para a melhoria da qualidade e quantidade de água, aumentando simultaneamente a resiliência dos sistemas aos impactos de alterações climáticas (UN Environment-DHI, 2018).

A prática de criação de zonas húmidas construídas (do inglês *Constructed Wetlands*), tais como os leitos de macrófitas, para tratamento de efluentes tem vindo a crescer, quer como substituição das tecnologias convencionais, quer como complemento à sua capacidade e medida de descentralização. Tipicamente esta etapa é utilizada no tratamento das águas residuais domésticas, mas também para a remoção de nutrientes de diversos tipos de efluentes (doméstico, pluvial ou águas cinzentas), para redução dos riscos de eutrofização dos meios recetores, na diminuição da concentração de metais pesados e na redução da contaminação microbiológica.



Figura 9.11 – Exemplo de zona húmida construída

Os sistemas de tratamento por leitos de macrófitas são eficientes, sendo frequentes valores médios da redução da carga poluente de 85% para a CQO, de 90% para a CBO₅ e de 95% para os SST. Os benefícios da utilização destas soluções são diversos, constituindo uma opção significativamente mais sustentável do ponto de vista ambiental e económico do tratamento, quando comparadas com os métodos tradicionais, que apresentam elevados custos de investimento e exploração, associados a consumos energéticos e emissões de gases de efeito de estufa (GEE) significativos.

Esta tecnologia consiste num ou mais leitos com meio filtrante constituído por terra vegetal, areia e gravilha, no qual são plantadas espécies vegetais que proporcionam vários processos tais como sedimentação, filtração, precipitação e adsorção na matriz do meio filtrante, bem como fenómenos biológicos tais como degradação microbiológica e assimilação. As plantas têm ainda a função adicional de proteção térmica no interior do leito, uma vez que o rendimento de depuração global está diretamente relacionado com a temperatura, registando-se o decréscimo do metabolismo dos microrganismos com a diminuição da temperatura.

De acordo com Bhanidimarri *et al.* (1991) (citado em Oliveira, 1995), podem ser definidas diferentes configurações tipo de ecossistemas (Figura 9.12):

Leito de superfície livre, onde a maior parte dos processos de degradação ocorrem na interface caule submerso-água, nos biofilmes aí desenvolvidos.

Leito de fluxo sub-superficial, em que a massa líquida é confinada ao substrato, que pode ser constituído por gravilha e/ou por terra vegetal. A depuração processa-se por biodegradação nas superfícies radiculares, onde se desenvolvem biofilmes. Podem distinguir-se entre leitos de macrófitas de fluxo sub-superficial horizontal ou de fluxo sub-superficial vertical, incluindo de tipo Francês (“French system”).

Leito de fluxo simultaneamente superficial e sub-superficial (híbrido), onde a coluna de água é mantida à superfície e infiltra-se no substrato no sentido vertical, até atingir o dreno de saída.

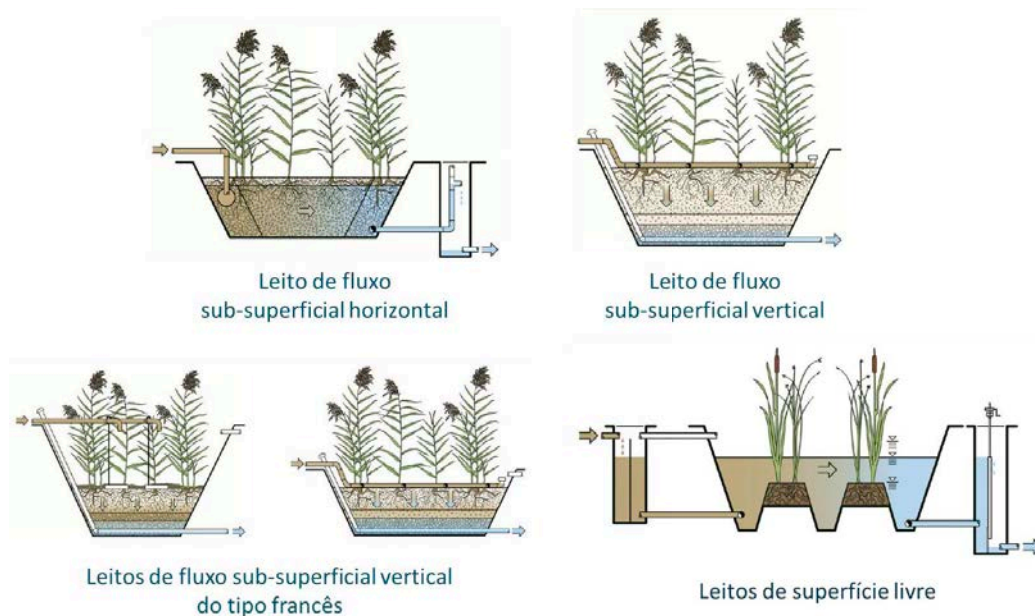


Figura 9.12 – Exemplos de soluções descentralizadas de base natural (Dotro, el at., 2017).

É usual, em Portugal, optar-se por um sistema de escoamento sub-superficial, concebido e operado de forma a garantir que a superfície do líquido esteja abaixo da superfície do leito filtrante.

Neste tipo de sistema tem especial interesse as plantas emergentes, nomeadamente os géneros *Scirpus*, *Phragmites*, *Typha* e *Iris*. Em Portugal, segundo (Santiago, 1999), a fim de aumentar a

eficiência de tratamento dos leitos de macrófitas e de tirar o máximo partido das características de autodepuração das plantas, é recomendável que se utilizem plantas emergentes do género *Typha* na metade de montante dos leitos, e do género *Phragmites* na metade de jusante (vulgarmente denominado por “caniço”. As plantas do género *Typha* encontram-se espalhadas entre a Beira Litoral e o Algarve, e as plantas do género *Phragmites* são comuns em zonas húmidas, margens dos cursos de água e valas, desde o Minho ao Alentejo, atingindo até 4 m de altura.

A configuração dos leitos é variável, podendo, em regra, adaptar-se à configuração do terreno disponível. Para uma dada área, é a forma quadrada que conduz a menores riscos, do ponto de vista de encharcamento (visto que se reduz a extensão de percolação). Por outro lado, relações elevadas comprimento/largura facilitam a distribuição homogénea do afluente pelo leito; assim, a razão de 2/1 (comprimento/largura) deve ser tomada como referência. Quanto à inclinação do fundo dos leitos, esta deve variar entre 0.5 e 1.5%.

Os leitos de macrófitas apresentam uma profundidade mínima igual a 0.65 m, sendo constituídos por uma base de gravilha calcária com uma espessura que varia entre 0.15 e 0.30 m, a que se sobrepõe uma camada de areia com 0.40 m de espessura mínima e uma cobertura com terra vegetal com cerca de 0.10 m de espessura. A utilização de uma camada de terra vegetal na superfície tem como função primordial favorecer a adaptação das plantas (transplantadas) ao seu novo meio e evitar ou dificultar que em zonas da lagoa menos inundada a excessiva evaporação origine a morte das plantas por seca e, além disso, esta camada permite evitar a proliferação de insetos. O material de enchimento deverá apresentar diâmetros compreendidos entre 3 e 10 mm no caso da areia, e de 50 mm para gravilha.

A caixa de final de cada leito deve dispor de mecanismos de esvaziamento, nomeadamente uma descarga de fundo, um sifão de altura regulável (que possibilite esvaziar completamente os leitos de forma intermitente, potenciando o arejamento e oxigenação do meio de enchimento) e, por fim, uma válvula telescópica (ou um tubo rotativo, do tipo “*swivel pipe*”) através do qual se pode regular a altura de água no interior do leito, controlando o seu funcionamento hidráulico. A regulação deve ser efetuada com particular cuidado, uma vez que a redução do nível do líquido no leito traduz-se na diminuição do tempo de retenção, podendo influenciar negativamente o desempenho na remoção de matéria orgânica.

A fim de assegurar velocidades de autolimpeza nos difusores que promovem a distribuição de caudal por cada leito de macrófitas, a tubagem não deve apresentar mais que 50 a 100 orifícios de 10 mm, de modo a que a velocidade não seja inferior a 0.5 m/s (para o caudal de ponta).

A impermeabilização é um aspeto importante, sobretudo no caso de afluentes “primários”, dado impedir a contaminação do solo pelas águas residuais afluentes. Os leitos de macrófitas devem ser impermeabilizados por meio da aplicação de telas plásticas também designadas por geomembranas que devem ser de polietileno de alta densidade (PEAD) com uma espessura não inferior a 2 mm. A geomembrana é instalada sobre uma tela geotêxtil de polipropileno com uma densidade de 300 g/m², devendo o terreno subjacente ter sido devidamente compactado e

removidos quaisquer materiais que possam danificar a tela. Os diferentes troços de geomembrana devem ser soldados e realizados testes de pressão e destrutivos para garantir a estanquicidade da união. A amarração das telas deve ser efetuada no topo dos taludes, a pelo menos 1.0 m da crista, por meio de uma vala de amarração com as dimensões típicas de 0.50 x 0.50 m. Para incrementar a estabilidade dos taludes deve ser plantada vegetação rasteira no topo destes, preferencialmente da família dos rizomas de crescimento lento, por forma a minimizar os efeitos da erosão causados pela precipitação.

A seleção do período de plantação é essencial para o sucesso de todo o processo, existindo registos de mortalidade dos rizomas utilizados na ordem de 70%, quando a sua plantação é tardia, por exemplo, no verão. De acordo com Martins e Pires (1998), considerando que a espécie *Phragmites* é a mais comum no nosso território, a sua propagação pode, entre outras, realizar-se por divisão do rizoma, situação em que se aplicam os seguintes métodos de plantação:

São recolhidas antes do início do seu crescimento, no período da primavera, e armazenadas em pilhas na envolvente da ETAR.

Segue-se uma seleção dos rizomas mais saudáveis (sem manchas estranhas e sem fraturas de partes de rizoma).

Os rizomas que contenham pelo menos um internodo intacto são selecionados.

A plantação deve ser realizada preferencialmente entre abril e maio.

Na plantação dos fragmentos de rizoma, alguns devem ficar parcialmente acima do nível da água, que deve por sua vez manter um nível da toalha de água com alguns centímetros acima do solo, em especial durante o período de plantação. A utilização deste método demonstrou em casos anteriores que o sucesso da plantação é elevado, com mais de 80% dos fragmentos plantados a sobreviverem.

A densidade de plantação deve ser, aproximadamente, de quatro a cinco plantas por metro quadrado, embora possa ser superior.

9.7 SOLUÇÕES DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

9.7.1 MONITORIZAÇÃO, CONTROLO EM TEMPO REAL E AVISO

A falta da existência de um sistema de monitorização dificulta o conhecimento do funcionamento da rede de saneamento e torna praticamente impossível a aferição de caudais gerados com reduzido grau de incerteza, dada a complexidade e extensão das redes.

Por outro lado, a conceção e dimensionamento, das novas infraestruturas deve, se possível, apoiar-se em informação real de campo, designadamente no que se refere a alturas e velocidades de escoamento e caudais medidos, em secções estratégicas. A informação recolhida e o processo de transmissão de informação da rede de monitorização contribuirão para o conhecimento mais detalhado do comportamento hidráulico e ambiental do sistema, constituindo uma base sólida para a definição de prioridades de intervenção e de uma gestão avançada e racional da mesma, bem como para a otimização dos investimentos na fase de projeto de execução.

As atuais tendências de conceção e beneficiação de sistemas de drenagem pressupõem uma gestão avançada do comportamento dos sistemas para minimização dos custos de construção, manutenção e operação, e para controlo dos impactos adversos resultantes das descargas diretas nos meios recetores. Este tipo de gestão otimiza as potencialidades do sistema, recorrendo à utilização de equipamentos automáticos e semiautomáticos, nomeadamente válvulas e adufas motorizadas, controladas em tempo real (*real time control*, em terminologia anglo-saxónica). Para a sua implementação, é necessário dispor de ferramentas informatizadas que integrem informação precisa, exaustiva e atualizada num sistema.

Os sistemas de controlo em tempo real incluem cadastros informatizados (ou seja, sistemas de informação geográfica – SIG), redes de monitorização (para controlo da quantidade e qualidade da água), sistemas de teletransmissão da informação, atuadores (tais como válvulas e adufas motorizadas) e modelos de simulação. A informação que descreve o sistema e caracteriza o seu estado do sistema é utilizada, em conjunto com os dados de previsão meteorológica (em regra obtidos por imagens de radar), pelos modelos matemáticos do sistema para prever os caudais futuros e recomendar ações de operação. Estas intervenções são concretizadas por telecomando, em tempo real, através de atuadores automáticos.

Os sistemas informatizados de cadastro devem abranger, para além da cartografia pertinente, uma extensa base de dados referente à localização, características, altimetria e estado de conservação das diversas infraestruturas (como coletores, bacias, comportas, válvulas, descarregadores, estações elevatórias e sensores instalados).

No que se refere aos sistemas de monitorização, devem ser instalados em secções criteriosamente selecionadas da rede de drenagem. A informação dos sensores deve servir propósitos de projeto, exploração e manutenção, de forma a permitir gerir, a custos mínimos e de forma sustentável, o controlo de inundações e a redução de riscos de poluição. Durante a gestão de uma situação de emergência, esta informação é transmitida ao centro de controlo, informando e auxiliando a tomada de decisões de operação das diversas infraestruturas que integram o sistema. Adicionalmente, com base na informação recolhida pelo sistema de monitorização, pode proceder-se ao aviso das entidades competentes (como a proteção civil) e/ou de população, mitigando o impacto económico e social dos eventos. Na Figura 9.13 apresentam-se, a título exemplificativo, fotografias do Centro de Supervisão e imagem do sistema de informação geográfica de Barcelona.

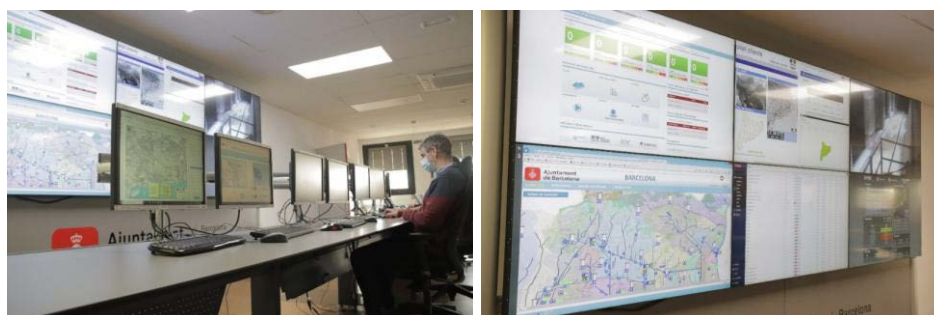


Figura 9.13 – Central de controlo do sistema de drenagem da empresa municipal Barcelona Cicle de l'Aigua (fonte: catalannews.com).

Usualmente, a monitorização das grandezas ou parâmetros relevantes em sistemas de drenagem urbanos poderá desenvolver-se nas seguintes vertentes:

Monitorização de vigilância, que visa verificar o comportamento em secções consideradas críticas do sistema, onde se manifestam, com maior risco, as condições que podem conduzir a descargas para o meio recetor (“*overflows*”) e a inundações. Os dados recolhidos devem permitir suportar intervenções de minimização dessas situações. Constituem secções críticas, nessa vertente da monitorização, os descarregadores de desvio, na fronteira da rede em “baixa” com a rede em “alta”, designadamente os que servem as bacias de drenagem de maior dimensão.

Monitorização operacional, que visa controlar o comportamento das secções que condicionam, ou podem condicionar, a operação do sistema, e auxiliar a tomada de decisão que minimizem a ocorrência de situações que contribuem para as inundações, por ações de gestão. Estas ações de gestão podem incluir, por exemplo, operação de limpeza e desobstrução.

Monitorização de avaliação e controlo de caudais, para efeitos de controlo de afluências intermunicipais ou à entidade que gere o sistema em alta.

Monitorização de investigação e apoio a projeto, que visa a recolha de informação visando a investigação ou elementos credíveis de suporte de dimensionamento hidráulico de infraestruturas (i.e., calibração e validação de modelo hidráulico) no sentido da otimização dos investimentos, de forma sustentada.

As fases de desenvolvimento dos estudos associados à implementação de uma rede de monitorização devem incluir as seguintes etapas:

1. **Seleção preliminar das estações de medição** - caracterização aproximada de locais escolhidos, caracterização sumária das estações e dos respetivos objetivos, avaliação da gama de caudais esperados em tempo seco e em tempo húmido (a que se refere este relatório de progresso).
2. **Visitas de campo para avaliação dos locais** previamente selecionados e confirmação da sua adequabilidade para a instalação dos equipamentos de monitorização propostos, incluindo a definição de trabalhos de construção civil a executar no âmbito da instalação dos equipamentos de monitorização.
3. **Preparação e lançamento de processos de concurso** e adjudicação de empreitada de construção civil e equipamentos de medição e sistemas associados (designadamente telemetria).
4. **Fornecimento e instalação dos equipamentos** e eventual contratação de assessoria e assistência técnica, incluindo gestão e exploração permanente num período de dois anos, da responsabilidade do adjudicatário. Complementarmente, é recomendado o treino e aprendizagem de técnicos dos SMAS.

A implementação de um sistema de monitorização, controlo em tempo real e aviso carece do desenvolvimento de um plano para o efeito, com um estudo para definição dos locais e variáveis a monitorizar com base nos objetivos de monitorização. Este processo poderá beneficiar da

experiência obtida no trabalho de redução de afluências indevidas, que inclui uma forte componente de monitorização.

O sistema de monitorização dotará os SMAS da Maia de informação sobre o desempenho do sistema, e que se traduzirá em conhecimento fundamental para tomadas de decisão de operação e de beneficiação do sistema, em tempo real, com impacto direto no incremento da sua resiliência e capacidade de adaptação, como já dispõem cidades como Barcelona, Paris ou Berlim, e se pretende implementar, no futuro, na cidade de Lisboa.

9.7.2 ESTUDOS, PROJETOS, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E FISCALIZAÇÃO DE OBRA

As intervenções previstas no presente Plano Diretor de Saneamento carecem, naturalmente, de estudos/planos dedicados e com detalhe adequado para a sua implementação. Neste sentido, e enquadrados nas intervenções propostas, sugerem-se o desenvolvimento dos seguintes:

- Estudo de diagnóstico e Projeto de Execução de remodelação da ETAR de Ponte de Moreira, incluindo Avaliação de Impacte Ambiental.

- Plano de monitorização e controlo de sulfureto e de libertação de odores elevatórias do sistema de saneamento do concelho da Maia.

- Plano de otimização e descentralização do sistema de saneamento do concelho da Maia.

- Plano de monitorização e aviso integrado do sistema de drenagem do concelho da Maia.

Naturalmente, outras intervenções de reabilitação e intervenções complementares deverão ser acompanhadas dos devidos projetos.

9.7.3 FORMAÇÃO, CAPACITAÇÃO E AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

É importante que a entidade os SMAS da Maia continuem a apostar na capacitação dos seus quadros para melhorar a gestão patrimonial das infraestruturas de que dispõe (gestão de ativos). A definição das estratégias de manutenção e reabilitação da rede de drenagem deve ser inserida numa estratégia global de gestão de ativos. Assim, os SMAS da Maia devem apostar, continuamente, na formação e capacitação dos seus quadros, de modo a que estes possam ter uma melhor interpretação do funcionamento integrado do sistema e ter uma maior capacidade de resposta em caso de ocorrência de situações excecionais.

9.7.4 INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

O sistema de saneamento da Maia e os desafios identificados no Plano apresentam potencial para desenvolvimento de projetos de investigação e inovação, estando alinhados com as prioridades da União Europeia em matéria de ambiente, clima, economia circular e digitalização. A existência de dados estruturados, modelos de simulação, equipas técnicas capacitadas e uma estratégia institucional clara reforçam a elegibilidade do sistema como caso-piloto para projetos de demonstração. Este contexto oferece oportunidades concretas para a integração em consórcios nacionais e internacionais no âmbito de programas como o Horizon Europe, LIFE ou INTERREG (programas europeus de apoio à investigação, inovação e desenvolvimento sustentável).

10. ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS E PLANEAMENTO DAS INTERVENÇÕES

10.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atendendo às soluções preconizadas no presente Plano, foram estimados custos de investimento de forma a fornecer uma base orientadora para o planeamento estratégico e financeiro das intervenções preconizadas no sistema de saneamento da Maia, ao longo de um horizonte de 50 anos (2026–2075).

10.2 CUSTOS DE INVESTIMENTO E PLANEAMENTO

Os investimentos associados às estratégias propostas foram estimados de acordo com a sua prioridade a curto, médio e longo prazo, perfazendo, em 2075, ao fim de 50 anos, cerca de 150 M€ de investimento acumulado a custos atuais (Quadro 10.1).

A importância destinada à elaboração de estudos, projetos, assistência técnica e fiscalização de obra foi estimada em 6% do custo total das intervenções propostas.

Quadro 10.1 – Estimativa de custos de investimentos e distribuição a curto, médio e longo prazo.

Intervenção	Curto prazo 2026 - 2030	Médio prazo 2031 - 2045	Longo prazo 2046 - 2075	Total
Reabilitação da rede de drenagem	11 197 000 €	23 681 250 €	47 362 500 €	82 240 750 €
Coletores e emissários de águas residuais	6 343 000 €	14 271 750 €	28 543 500 €	49 158 250 €
Coletores de águas pluviais	3 678 000 €	8 275 500 €	16 551 000 €	28 504 500 €
Sistemas elevatórios (EE e condutas)	1 176 000 €	1 134 000 €	2 268 000 €	4 578 000 €
Controlo de aflúencias indevidas	1 200 000 €	600 000 €	800 000 €	2 600 000 €
Monitorização e controlo de sulfuretos	150 000 €	150 000 €	150 000 €	450 000 €
Otimização e descentralização	3 975 000 €	1 815 000 €	1 850 000 €	7 640 000 €
Sistemas de tratamento de base natural	3 100 000 €	1 290 000 €	1 500 000 €	5 890 000 €
Otimização e beneficiação dos sistemas elevatórios	875 000 €	525 000 €	350 000 €	1 750 000 €
Reabilitação das ETAR	27 700 000 €	- €	19 850 000 €	47 550 000 €
Cambados	- €	- €	6 000 000 €	6 000 000 €
Ponte de Moreira	9 000 000 €	- €	4 500 000 €	13 500 000 €
Parada	18 700 000 €	- €	9 350 000 €	28 050 000 €
Soluções não físicas (aquisição de conhecimento)	3 037 500 €	2 077 500 €	5 207 000 €	10 322 000 €
Sistema de monitorização e aviso	280 000 €	345 000 €	690 000 €	1 315 000 €
Estudos, projetos, assistência técnica e fiscalização	2 670 000 €	1 595 000 €	4 242 000 €	8 507 000 €
Formação e capacitação	37 500 €	112 500 €	225 000 €	375 000 €
Investigação e inovação	50 000 €	25 000 €	50 000 €	125 000 €
Total	47 109 500 €	28 173 750 €	75 069 500 €	150 352 750 €

Importa sublinhar que os valores apresentados representam ordens de grandeza indicativas, definidas a partir do conhecimento técnico disponível e da dimensão macro do presente Plano Diretor. A maior definição da estimativa de investimentos deverá ser realizada, naturalmente, em sede de estudos prévios e projetos de execução.

11. SÍNTESE E CONCLUSÕES

O Plano Diretor de Saneamento do concelho da Maia constitui um instrumento estruturante de apoio à decisão, orientado para a gestão sustentável do sistema de águas residuais, com um horizonte temporal de 50 anos (até 2075). A elaboração do Plano teve como base a necessidade de alinhar a atuação dos SMAS da Maia com as exigências atuais e futuras de natureza regulatória, ambiental, operacional e económica, promovendo a resiliência do sistema face às alterações climáticas, à pressão demográfica, ao envelhecimento das infraestruturas e aos requisitos estabelecidos pela nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas (Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho).

O desenvolvimento do plano estruturou-se em três fases principais: 1) levantamento e sistematização dos dados base; 2) diagnóstico de desempenho do sistema de saneamento e 3) formulação das propostas de intervenção, físicas e não físicas, incluindo faseamento e respetivas estimativas de investimento.

A **Fase 1 - Recolha de informação e estabelecimento dos dados base** - incluiu a recolha, organização e análise crítica de toda a informação disponível sobre o sistema de saneamento, nomeadamente cadastro de coletores, estações elevatórias e ETAR, caracterização do principal meio recetor (rio Leça) e visitas técnicas de campo. Com base nestes dados, definiram-se cenários demográficos e realizaram-se projeções populacionais, de capitações e de caudais. Esta fase permitiu identificar desde logo algumas limitações relevantes, como lacunas de dados no cadastro, a escassez de dados de monitorização, e a fragmentação da informação técnica disponível.

A **Fase 2 - Diagnóstico de desempenho do sistema de saneamento e identificação de principais desafios** - centrou-se na avaliação do sistema em quatro dimensões principais: hidráulica, estrutural, ambiental e operacional. Foram utilizadas metodologias diferenciadas para os períodos de tempo seco e tempo húmido. Em tempo seco, recorreu-se a uma metodologia simplificada baseada em parâmetros de projeto e expressões empíricas, complementada pela aplicação do modelo AeroSept+ para avaliação do risco de septicidade nos coletores. Em tempo húmido, aplicou-se o modelo de simulação hidrodinâmica EPA-SWMM, permitindo avaliar a capacidade do sistema face a eventos de precipitação de reduzido período de retorno, considerando uma afluência direta média de 3,5% das áreas impermeáveis. Esta modelação revelou a existência de múltiplos pontos de incapacidade hidráulica na rede, com descargas para o meio recetor e sobrecarga dos coletores e sistemas elevatórios.

A análise ambiental e funcional do sistema deu nota de afluências indevidas significativas (por infiltrações do aquífero ou ligações pluviais), a ausência de separação efetiva das redes, e a ocorrência de descargas de excedentes, sobretudo em tempo húmido. Este tipo de análise deve naturalmente ser aprofundado com medições e estudos *in situ*, que os SMAS da Maia já estão a promover em parceria com a Indaqua. A avaliação do desempenho com base nos indicadores da ERSAR para o período 2018–2023 apontou para fragilidades nos domínios da gestão

patrimonial, eficiência energética, monitorização de caudais, resiliência e planeamento estratégico. Foram ainda analisados os projetos de reabilitação das ETAR de Parada e Ponte de Moreira.

Com base nos dados e no diagnóstico efetuado, identificaram-se os principais problemas estruturais e funcionais do sistema de saneamento: (i) lacunas de dados no cadastro; (ii) envelhecimento e degradação dos ativos; (iii) limitações hidráulicas em diversos coletores e sistemas elevatórios; (iv) aflúncias indevidas de caudal que comprometem a eficiência e aumentam os custos operacionais; (vi) descarga de excedentes poluídos para o meio recetor; e (v) inexistência de um sistema de monitorização. Estes problemas justificam a necessidade de um plano de intervenção coerente, escalonado e tecnicamente fundamentado.

A Fase 3 - Proposta de medidas e elaboração do Plano Diretor - consistiu na definição de estratégias e soluções de beneficiação, físicas e não físicas. No cômputo geral, as soluções propostas integram os princípios de resiliência e de adaptação a alterações climáticas, bem como de economia circular e de sustentabilidade, sendo de destacar (i) a reabilitação contínua do sistema de drenagem a taxas iguais ou superiores a 1,5%; (ii) o controlo sistemático de aflúncias indevidas; (iii) a implementação de medidas com vista ao controlo da libertação de odores; (iv) a beneficiação das estações de tratamento, nomeadamente das ETAR de Parada e de Ponte de Moreira; e (v) a otimização do número de sistemas elevatórios e descentralização do sistema com recurso a soluções de base natural. Estas intervenções serão complementadas por medidas de modernização da operação, com introdução de tecnologias de monitorização, controlo em tempo real e aviso, bem como ações de formação e capacitação dos quadros e sensibilização da comunidade.

Procedeu-se à estimativa de custos das soluções/medidas propostas, e ao seu planeamento a curto prazo (2026–2030), médio prazo (2031–2045) e longo prazo (2046–2075). O Plano Diretor prevê um investimento total acumulado de aproximadamente 150 milhões de euros, distribuídos pelas três fases. Este valor inclui custos diretos de construção e reabilitação, bem como parcelas associadas a estudos/projetos fiscalização, e capacitação. Esta estimativa serve de base para o orçamento anual dos SMAS da Maia e para candidaturas a financiamento nacional e europeu, devendo ser atualizada periodicamente em função da execução e evolução do setor no Concelho, e das oportunidades que surjam ao longo do tempo.

Em conclusão, o Plano Diretor de Saneamento do concelho da Maia constitui um instrumento técnico de referência para a gestão e modernização do sistema de saneamento. Com base no diagnóstico do sistema, propõe-se medidas a implementar de forma faseada, com vista à melhoria da qualidade do serviço, proteção ambiental, cumprimento das obrigações legais e reforço da capacidade institucional dos SMAS da Maia. A execução do Plano Diretor exigirá não apenas investimentos financeiros, mas também uma gestão estratégica ativa, com base na monitorização contínua, revisão periódica das ações e mobilização eficaz de recursos humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre, H. e Covas, D. (2010). Gestão Patrimonial de Infraestruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação. Série Guias Técnicos 16. LNEC, IST, ERSAR

Alix, A., Bellet, L., Trommsdorff, C., & Audureau, I. (2022). Reducing the greenhouse gas emissions of water and sanitation services: Overview of emissions and their potential reduction illustrated by the know-how of utilities. In Reducing the Greenhouse Gas Emissions of Water and Sanitation Services: Overview of Emissions and their Potential Reduction Illustrated by the Know-How of Utilities. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789063172>

APA (2015). Plano de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 – Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2). Parte 2 – Caracterização e Diagnóstico. Agência Portuguesa do Ambiente, junho 2015.

APA (2021). Critérios para a Classificação das Massas de Água – Ficha Técnica. DRH/DEQA 2021.

APA (2022). Plano de Gestão de Região Hidrográfica 2022/2027 – Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2). Parte 2 – Caracterização e Diagnóstico. Agência Portuguesa do Ambiente, janeiro 2022.

Bayley, C. C., Jepsen, M. B., Stokholm-Bjerregaard, M., Damgaard, C. K., Munk-Poulsen, J., & Sørensen, L.-C. (2024). Proposal for regulatory methods to reduce nitrous oxide emissions from treatment plants.

Barreiro, J., Ferreira, F., Brito, R., & Matos, J. S. (2024). Development of Resilience Framework and Respective Tool for Urban Stormwater Services. Sustainability, 16(13), 1316

CMM e AdEPorto (2020). Plano Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas da Maia. Câmara Municipal da Maia e Agência de Energia do Porto, novembro 2020.

COBA (2023). Estudo de Diagnóstico e Projeto de Execução de Beneficiação da ETAR de Cambados – Proposta.

COBA (2024a). Estudo de Diagnóstico e Projeto de Execução de Remodelação da ETAR de Ponte de Moreira – Projeto de Execução.

COBA (2024b). Remodelação / Beneficiação / Requalificação da ETAR de Parada – Estudo Prévio.

Covas, D. et al. (2020). Custos de Construção de Infraestruturas Associadas ao Ciclo Urbano da Água. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, janeiro 2020.

David L., Matos J. S., Matos R. S. (2006). Avaliação do efeito de medidas de controlo de descargas de tempestade. Anuais do 10.º ENaSB – Encontro Nacional de Saneamento Básico, Cascais, outubro, 16 p.

David, L. (1995). Métodos de Cálculo e Dimensionamento Hidráulico de Estruturas de Armazenamento e de Descarga de Sistemas de Drenagem Unitários. Lisboa: Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos, IST.

Dotro, et al. (2017). Biological Wastewater Treatment Series, Volume 7 - Treatment Wetlands. IWA Publishing, Londres, outubro 2017-

ERSAR (2022). GUIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS PRESTADOS AOS UTILIZADORES. 3.ª geração do sistema de avaliação. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, janeiro 2022.

ERSAR (2024). GUIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS PRESTADOS AOS UTILIZADORES. 4.ª geração do sistema de avaliação. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, abril 2024.

Frijns, J. (2012). Towards a common carbon footprint assessment methodology for the water sector. Water and Environment Journal, 26(1), 63–69. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2011.00264.x>

Gallo, M., Malluta, D., Del Borghi, A., & Gagliano, E. (2024). A Critical Review on Methodologies for the Energy Benchmarking of Wastewater Treatment Plants. In Sustainability (Switzerland) (Vol. 16, Issue 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su16051922>

Gustavsson, D., & Tumlin, S. (2013). Carbon footprints of Scandinavian wastewater treatment plants. Water Science and Technology, 68(4), 887–893. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.318>

Gutierrez, O., Jiang, G., Sharma, K., Yuan, Z. (2016) Aquatic Biofilms: Ecology, Water Quality and Wastewater Treatment, Chapter: Chapter 8. Biofilm Development in Sewer Networks. Edited by H. Guasch, M.D. Balaguer A. M. Romaní. Caister Academic Press.

Hao, Xiaodi., & Liu, Ranbin. (2024). Guidelines for Carbon Accounting and Emission Reduction in the Urban Water Sector. IWA Publishing.

INAG, I.P (2008). Tipologia de Rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água. I - Caracterização abiótica. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

IWA. (2022a). Pathways to Water Sector Decarbonization, Carbon Capture and Utilization (Z. J. Ren & K. Pagilla, Eds.). IWA Publishing.

Jiang, G., Keller, J., and Bond, P. L. (2014). "Determining the long-term effects of H₂S concentration, relative humidity and air temperature on concrete sewer corrosion." *Water Research* 65 (2014): 157-169.

Joseph, A. P., Keller, J., Bustamante, H., Bond, P. L. (2012). "Surface neutralization and H₂S oxidation at early stages of sewer corrosion: Influence of temperature, relative humidity and H₂S concentration." *Water Research* 46, no. 13: 4235-4245.

Lake, A. (2023). Greenhouse Gas Emissions and Water Resource Recovery Facilities. www.iwa-network.org

Lu, L., Guest, J. S., Peters, C. A., Zhu, X., Rau, G. H., & Ren, Z. J. (2018). Wastewater treatment for carbon capture and utilization. In *Nature Sustainability* (Vol. 1, Issue 12, pp. 750–758). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0187-9>

Maktabifard, M., Al-Hazmi, H. E., Szulc, P., Mousavizadegan, M., Xu, X., Zaborowska, E., Li, X., & Makinia, J. (2023). Net-zero carbon condition in wastewater treatment plants: A systematic review of mitigation strategies and challenges. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 185). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113638>

Maktabifard, M., Zaborowska, E., & Makinia, J. (2020). Energy neutrality versus carbon footprint minimization in municipal wastewater treatment plants. *Bioresource Technology*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122647>

Matos, J.S. (1992). Aerobiose e septicidade em sistemas de drenagem de águas residuais (in English: Aerobic Conditions and Septicity in Sewerage Collection Systems). Dissertação de doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1992.

Matos, R. V., Ferreira, F., Saldanha Matos, J. (2020); Influence of ventilation in H₂S exposure and emissions from a gravity sewer. *Water Science and Technology*, wst2020253. doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.253>.

Matos, R.V. (2019). Effect of Intermittent Flows and Ventilation in Hydrogen Sulfide Dynamics in Wastewater Collection Systems. PhD Dissertation. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2019

Meerow, S., Newell, J.P., Stults, M., 2016. Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning* 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>

Muhammetoglu, A., Al-Omari, A., Al-Houri, Z., Topkaya, B., Tumbul, T., & Muhammetoglu, H. (2023). Assessment of energy performance and GHG emissions for the urban water cycle toward sustainability. *Journal of Water* <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.267> and *Climate Change*, 14 (1), 223–238.

Pomeroy, R. D., Parkhurst, J. D. (1972). Self-purification in sewers. *Proceedings of the 6th International Conference of IAWPRC*, Pergamon Press, 291-308.

Sá, B. R. S. (2011). Avaliação do Consumo de Energia e de Emissão de Gases Efeito Estufa nos Serviços de Água em Portugal: o caso de estudo da Região do Algarve [Master]. Instituto Superior Técnico.

Serviços Geológicos de Portugal, Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da Folha 9-C (Porto), Carrington da Costa, J. e Teixeira, C., 1957, Lisboa.

Shindell, D., Collins, W., Fuglestvedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T., & Zhang, H. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

Tumlin, S., Gustavsson, D., & Schott, A. B. S. (2013). Climate impact from sewage treatment plants - Full Report. http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2014-02.pdf

Venkatesh, G., Chan, A., & Brattebø, H. (2014). Understanding the water-energy-carbon nexus in urban water utilities: Comparison of four city case studies and the relevant influencing factors. *Energy*, 75, 153–166. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.06.111>

Wang, Q., Li, X., Liu, W., Zhai, S., Xu, Q., Huan, C., Nie, S., Ouyang, Q., Wang, H., & Wang, A. (2023). Carbon source recovery from waste sludge reduces greenhouse gas emissions in a pilot-scale industrial wastewater treatment plant. *Environmental Science and Ecotechnology*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.esse.2022.100235>

WHO (2000). *Air Quality Guide - Second Edition*. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000.

WRI and WBCSD. (2013). *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0)*.

Wu, L., Pan, Y., Li, J., Li, H., Li, J., Li, H., Li, A., & Jin, Y. (2023). Spatial heterogeneity of factors affecting GHG emission intensity in urban water supply and wastewater treatment systems in China. *Journal of Cleaner Production*, 428. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139325>

Xi, J., Gong, H., Zhang, Y., Dai, X., & Chen, L. (2021). The evaluation of GHG emissions from Shanghai municipal wastewater treatment plants based on IPCC and operational data integrated methods (ODIM). *Science of the Total Environment*, 797. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148967>

Zhan, X., Hu, Z., & Wu, G. (2018). *Greenhouse Gas Emission and Mitigation in Municipal Wastewater Treatment Plants*. IWA Publishing. www.ebook3000.com

Zhang, Q., Nakatani, J., Wang, T., Chai, C., & Moriguchi, Y. (2017). Hidden greenhouse gas emissions for water utilities in China's cities. *Journal of Cleaner Production*, 162, 665–677. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.042>

ANEXOS

ANEXO 1 – VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA DOS EMISSÁRIOS EM TEMPO SECO, EM REGIME PERMANENTE E UNIFORME

Quadro A1.1 – Verificação hidráulica do emissário do sub-sistema de Cambados.

Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. mil hab	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
EM09 - Gemunde/Cambados													
2-C004321 – 2-C004369	28	400	PVC	0.09%	62.9	0.55	1.21	1.62	6.05	0.35	N	S	0.21
2-C004369 – 2-C004370	56	400	PVC	0.09%	62.9	0.55	1.21	1.62	6.05	0.35	N	S	0.21
2-C004370 – 2-C004371	42	400	PVC	0.09%	62.9	0.55	1.21	1.62	6.05	0.35	N	S	0.21
2-C004371 – 2-C004340	196	400	PVC	0.09%	62.9	0.55	1.21	1.62	6.05	0.35	N	S	0.21
2-C004340 – 2-C004339	56	400	PVC	0.09%	63.7	0.56	1.21	1.62	6.05	0.35	N	S	0.21
2-C004339 – 2-C004338	63	400	PVC	0.08%	60.1	0.53	1.21	1.62	6.05	0.34	N	S	0.21
2-C004338 – 2-C004337	57	400	PVC	0.08%	59.4	0.52	1.21	1.62	6.05	0.34	N	S	0.22
2-C004337 – 2-C004336	58	400	PVC	0.08%	59.4	0.52	1.21	1.62	6.05	0.34	N	S	0.22
2-C004336 – 2-C004322	332	400	PVC	1.42%	254.2	2.24	1.94	2.61	8.76	1.04	S	S	0.13
2-C004322 – 2-C004332	48	400	PVC	1.42%	254.2	2.24	2.12	2.84	9.38	1.06	S	S	0.13
2-C004332 – 2-C004330	41	400	PVC	1.42%	254.2	2.24	2.12	2.84	9.38	1.06	S	S	0.13
2-C004330 – 2-C004334	45	400	PVC	0.45%	142.8	1.26	2.29	3.07	10.00	0.72	S	S	0.18
2-C004334 – 2-C004331	54	400	PVC	1.60%	269.3	2.37	2.29	3.07	10.00	1.13	S	S	0.13
2-C004331 – 2-C004388	118	400	PVC	0.69%	177.4	1.56	2.29	3.07	10.00	0.84	S	S	0.16
2-C004388 – 2-C004389	43	400	PVC	0.69%	177.4	1.56	2.29	3.07	10.00	0.84	S	S	0.16
2-C004389 – 2-C004327	38	400	PVC	0.69%	177.4	1.56	2.37	3.19	10.30	0.85	S	S	0.16
2-C004327 – 2-C004329	133	400	PVC	0.69%	177.4	1.56	2.46	3.30	10.60	0.86	S	S	0.17
2-C004329 – 2-C004390	40	400	PVC	0.20%	96.0	0.84	2.46	3.30	10.60	0.56	SC	S	0.22
2-C004390 – 2-C004325	19	400	PVC	0.20%	96.0	0.84	2.46	3.30	10.60	0.56	SC	S	0.22
2-C004325 – 2-C004326	50	400	PVC	0.20%	96.0	0.84	2.46	3.30	10.60	0.56	SC	S	0.22
2-C004326 – 2-C004333	51	400	PVC	0.20%	94.1	0.83	2.46	3.30	10.60	0.55	SC	S	0.23
2-C004333 – 2-C004335	53	400	PVC	0.34%	124.7	1.10	2.58	3.47	11.03	0.68	S	S	0.20
2-C004335 – 2-C004328	54	400	PPC	0.11%	56.7	0.59	3.68	4.94	14.77	0.50	N	S	0.35
2-C004328 – 2-C004324	57	400	PVC	0.15%	81.6	0.72	3.68	4.94	14.77	0.54	SC	S	0.29
2-C004324 – 2-C004323	59	400	PVC	0.15%	81.6	0.72	3.68	4.94	14.77	0.54	SC	S	0.29
2-C004323 – 2-C004365	59	400	PPC	0.68%	140.1	1.46	3.68	4.94	14.77	0.95	S	S	0.22
2-C004365 – 2-C004364	43	400	PPC	0.42%	110.0	1.14	3.68	4.94	14.77	0.80	S	S	0.25
2-C004364 – 2-C004363	43	400	PPC	0.32%	97.1	1.01	3.68	4.94	14.77	0.73	S	S	0.26
2-C004363 – 2-C004362	27	400	PPC	0.15%	65.5	0.68	3.68	4.94	14.77	0.55	SC	S	0.32
2-C004362 – 2-C004361	31	400	PPC	0.03%	30.8	0.32	3.68	4.94	14.77	0.32	N	S	0.49
2-C004361 – 2-C004360	40	400	PPC	0.17%	71.0	0.74	3.68	4.94	14.77	0.58	SC	S	0.31
2-C004360 – 2-C004359	59	400	PPC	0.40%	108.3	1.13	3.68	4.94	14.77	0.79	S	S	0.25
2-C004359 – 2-C004358	33	400	PPC	1.00%	170.3	1.77	3.68	4.94	14.77	1.09	S	S	0.20
2-C004358 – 2-C004357	11	400	PPC	0.91%	162.2	1.69	3.68	4.94	14.77	1.05	S	S	0.20
2-C004357 – 2-C004356	61	400	PPC	1.07%	176.2	1.83	3.68	4.94	14.77	1.11	S	S	0.20
2-C004356 – 2-C004355	25	400	PPC	1.89%	234.3	2.44	3.68	4.94	14.77	1.36	S	S	0.17
2-C004355 – 2-C004354	34	400	PPC	1.32%	195.8	2.04	3.68	4.94	14.77	1.20	S	S	0.19
2-C004354 – 2-C004353	30	400	PPC	0.00%	5.4	0.06	3.68	4.94	14.77	0.06	N	S	0.64
2-C004353 – 2-C004352	61	400	PPC	1.25%	190.9	1.99	3.68	4.94	14.77	1.18	S	S	0.19
2-C004352 – 2-C004351	61	400	PPC	0.02%	21.9	0.23	3.68	4.94	14.77	0.24	N	S	0.60
2-C004351 – 2-C004350	58	400	PPC	0.19%	74.1	0.77	3.68	4.94	14.77	0.60	S	S	0.30
2-C004350 – 2-C004349	54	400	PPC	1.11%	179.5	1.87	3.68	4.94	14.77	1.13	S	S	0.19
2-C004349 – 2-C004344	257	400	PPC	0.33%	97.9	1.02	3.68	4.94	14.77	0.73	S	S	0.26
2-C004344 – 2-C004343	54	400	PPC	0.78%	150.6	1.57	3.68	4.94	14.77	1.00	S	S	0.21
2-C004343 – 2-C004342	55	400	PPC	0.67%	139.2	1.45	3.68	4.94	14.77	0.94	S	S	0.22
2-C004342 – 2-C004341	51	400	PPC	0.06%	41.5	0.43	3.68	4.94	14.77	0.40	N	S	0.41
2-C004341 – 2-C004345	51	400	PPC	0.14%	63.2	0.66	3.68	4.94	14.77	0.54	SC	S	0.33
2-C004345 – 2-C004346	51	400	PPC	0.73%	145.1	1.51	3.68	4.94	14.77	0.97	S	S	0.22
2-C004346 – 2-C004347	75	400	PPC	0.05%	38.4	0.40	3.68	4.94	14.77	0.37	N	S	0.43

Quadro A1.1 – Verificação hidráulica do emissário do sub-sistema de Cambados.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. mil hab	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
EM09 - Gemunde/Cambados														
51	2-C004347 – 2-C004348	43	400	PPC	0.05%	38.4	0.40	3.97	5.32	15.72	0.38	N	S	0.45
52	2-C004348 – 2-C014477	52	400	PPC	0.05%	38.4	0.40	3.97	5.32	15.72	0.38	N	S	0.45
53	2-C014477 – 2-C014476	59	400	PPC	0.05%	38.4	0.40	3.97	5.32	15.72	0.38	N	S	0.45
54	2-C014476 – 2-C000087	64	400	PPC	0.05%	38.4	0.40	3.97	5.32	15.72	0.38	N	S	0.45
55	2-C000087 – 2-C000086	22	500	PPC	0.05%	71.8	0.47	3.97	5.32	15.72	0.37	N	S	0.32
56	2-C000086 – 2-C000085	57	500	PPC	1.30%	363.9	2.37	3.97	5.32	15.72	1.18	S	S	0.14
57	2-C000085 – 2-C000084	61	500	PPC	1.72%	417.3	2.72	3.97	5.32	15.72	1.30	S	S	0.13
58	2-C000084 – 2-C000083	61	500	PPC	0.03%	57.8	0.38	3.97	5.32	15.72	0.32	N	S	0.36
59	2-C000083 – 2-C000081	60	500	PPC	0.33%	183.6	1.20	3.97	5.32	15.72	0.73	S	S	0.20
60	2-C000081 – 2-C000082	41	500	PPC	1.30%	362.7	2.36	3.97	5.32	15.72	1.18	S	S	0.14
61	2-C000082 – 2-C000080	31	500	PPC	0.00%	10.1	0.07	3.97	5.32	15.72	0.07	N	S	0.46
62	2-C000080 – 2-C000079	27	500	PPC	0.51%	227.4	1.48	4.83	6.48	18.57	0.89	S	S	0.19
63	2-C000079 – 2-C000078	46	500	PPC	0.84%	291.8	1.90	4.83	6.48	18.57	1.06	S	S	0.17
64	2-C000078 – 2-C000077	51	500	PPC	0.20%	141.0	0.92	4.83	6.48	18.57	0.64	S	S	0.25
65	2-C000077 – 2-C000076	50	500	PPC	0.78%	280.5	1.83	4.83	6.48	18.57	1.03	S	S	0.17
66	2-C000076 – 2-C000075	51	500	PPC	0.37%	194.1	1.26	4.83	6.48	18.57	0.80	S	S	0.21
67	2-C000075 – 2-C014472	43	500	PPC	0.94%	309.3	2.01	4.83	6.48	18.57	1.11	S	S	0.17
68	2-C014472 – 2-C014473	21	500	PPC	0.94%	309.3	2.01	4.83	6.48	18.57	1.11	S	S	0.17
69	2-C014473 – 2-C014474	65	500	PPC	0.94%	309.3	2.01	4.83	6.48	18.57	1.11	S	S	0.17
70	2-C014474 – 2-C014475	50	500	PPC	0.94%	309.3	2.01	4.83	6.48	18.57	1.11	S	S	0.17
71	2-C014475 – 2-C000074	28	500	PPC	0.94%	309.3	2.01	4.83	6.48	18.57	1.11	S	S	0.17
72	2-C000074 – 2-C000072	28	500	PPC	1.02%	321.9	2.09	4.83	6.48	18.57	1.14	S	S	0.16
73	2-C000072 – 2-C014471	67	500	PPC	0.04%	67.3	0.44	4.83	6.48	18.57	0.37	N	S	0.36
74	2-C014471 – 2-C000073	15	500	PPC	0.04%	67.3	0.44	4.83	6.48	18.57	0.37	N	S	0.36
75	2-C000073 – 2-C000070	30	500	PVC	0.04%	81.6	0.46	6.30	8.45	23.30	0.40	N	S	0.37
76	2-C000070 – 2-C000071	3	500	PVC	14.99%	1495.1	8.42	6.30	8.45	23.30	3.09	S	N	0.09
77	2-C000071 – 2-C000069	25	500	PVC	2.31%	587.4	3.31	6.30	8.45	23.30	1.61	S	S	0.14
78	2-C000069 – 2-C000068	30	500	PVC	2.31%	587.4	3.31	6.30	8.45	23.30	1.61	S	S	0.14
79	2-C000068 – 2-C000067	49	500	PVC	1.77%	513.7	2.89	6.30	8.45	23.30	1.46	S	S	0.15
80	2-C000067 – 2-C000066	20	500	PVC	1.65%	496.6	2.80	6.30	8.45	23.30	1.43	S	S	0.15
81	2-C000066 – 2-C000065	50	500	PVC	2.34%	590.5	3.33	6.30	8.45	23.30	1.62	S	S	0.14
82	2-C000065 – 2-C000064	32	500	PVC	2.60%	622.9	3.51	6.30	8.45	23.30	1.68	S	S	0.13
83	2-C000064 – 2-C000063	36	500	PVC	3.50%	722.1	4.07	6.30	8.45	23.30	1.86	S	S	0.12
84	2-C000063 – 2-C000062	14	500	PVC	11.30%	1298.0	7.31	6.30	8.45	23.30	2.80	S	S	0.09
85	2-C000062 – 2-C000061	18	500	PVC	10.42%	1246.7	7.02	6.32	8.48	23.36	2.73	S	S	0.09
86	2-C000061 – 2-C000060	9	500	PVC	3.76%	748.7	4.22	6.32	8.48	23.36	1.91	S	S	0.12
87	2-C000060 – 2-C009885	39	500	FFD	0.80%	328.8	1.67	13.65	18.32	46.05	1.18	S	S	0.25

Quadro A1.2 – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. mil hab	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
EM06 - Maia (Poente)													
2-C010736 – 2-C010735	59	250	PVC	5.14%	137.8	3.11	4.67	6.27	18.04	2.15	S	S	0.24
2-C010735 – 2-C010734	42	250	PVC	3.27%	109.8	2.48	4.67	6.27	18.04	1.83	S	S	0.27
2-C010734 – 2-C010733	30	350	PVC	0.13%	54.5	0.63	4.67	6.27	18.04	0.56	SC	S	0.40
2-C010733 – 2-C010732	29	350	PVC	0.14%	55.0	0.63	4.67	6.27	18.04	0.57	SC	S	0.39
2-C010732 – 2-C010731	59	350	PVC	0.71%	125.9	1.45	4.67	6.27	18.04	1.03	S	S	0.26
2-C010731 – 2-C010730	30	350	PVC	0.13%	54.1	0.62	4.67	6.27	18.04	0.56	SC	S	0.40
2-C010730 – 2-C010729	16	350	PVC	1.96%	209.1	2.40	4.67	6.27	18.04	1.47	S	S	0.20
2-C010729 – 2-C010728	57	350	PVC	1.96%	209.1	2.40	4.67	6.27	18.04	1.47	S	S	0.20
2-C010728 – 2-C010727	27	350	PVC	1.46%	180.5	2.07	5.05	6.78	19.28	1.35	S	S	0.22
2-C010727 – 2-C010726	18	350	PVC	1.63%	190.8	2.19	5.05	6.78	19.28	1.41	S	S	0.21
2-C010726 – 2-C010725	11	350	PVC	0.64%	119.7	1.38	5.05	6.78	19.28	1.01	S	S	0.27
2-C010725 – 2-C010724	22	350	PVC	7.94%	420.6	4.83	5.05	6.78	19.28	2.45	S	S	0.15
2-C010724 – 2-C010723	20	350	PVC	7.94%	420.6	4.83	5.05	6.78	19.28	2.45	S	S	0.15
2-C010723 – 2-C010722	63	350	PVC	7.77%	416.2	4.78	5.05	6.78	19.28	2.44	S	S	0.15
2-C010722 – 2-C010721	12	350	PVC	6.96%	393.8	4.52	5.05	6.78	19.28	2.34	S	S	0.15
2-C010721 – 2-C010720	14	350	PVC	5.85%	361.1	4.15	5.05	6.78	19.28	2.21	S	S	0.16
2-C010720 – 2-C010719	16	350	PVC	1.38%	175.6	2.02	5.05	6.78	19.28	1.33	S	S	0.22
2-C010719 – 2-C010718	31	350	PVC	3.23%	268.3	3.08	5.05	6.78	19.28	1.79	S	S	0.18
2-C010718 – 2-C010717	32	350	PVC	5.67%	355.3	4.08	5.05	6.78	19.28	2.18	S	S	0.16
2-C010717 – 2-C010716	18	350	PVC	3.92%	295.5	3.40	5.05	6.78	19.28	1.92	S	S	0.17
2-C010716 – 2-C010715	51	350	PVC	3.92%	295.5	3.40	5.05	6.78	19.28	1.92	S	S	0.17
2-C010715 – 2-C010714	20	350	PVC	1.48%	181.8	2.09	5.05	6.78	19.28	1.36	S	S	0.22
2-C010714 – 2-C010713	40	350	PVC	5.99%	365.3	4.20	5.05	6.78	19.28	2.22	S	S	0.16
2-C010713 – 2-C010712	39	350	PVC	5.30%	343.5	3.95	5.05	6.78	19.28	2.13	S	S	0.16
2-C010712 – 2-C010711	37	350	PVC	4.68%	322.9	3.71	5.05	6.78	19.28	2.04	S	S	0.17
2-C010711 – 2-C010710	3	500	PVC	0.40%	244.1	1.38	5.05	6.78	19.28	0.82	S	S	0.19
2-C010710 – 2-C010709	27	500	PVC	0.75%	334.8	1.89	5.05	6.78	19.28	1.03	S	S	0.16
2-C010709 – 2-C010708	19	500	PVC	0.10%	124.3	0.70	5.05	6.78	19.28	0.51	SC	S	0.27
2-C010708 – 2-C010707	7	500	PVC	0.80%	346.1	1.95	5.05	6.78	19.28	1.05	S	S	0.16
2-C010707 – 2-C010706	48	500	PVC	1.23%	428.4	2.41	5.05	6.78	19.28	1.22	S	S	0.14
2-C010706 – 2-C010705	34	500	PVC	0.99%	383.6	2.16	5.05	6.78	19.28	1.13	S	S	0.15
2-C010705 – 2-C010704	54	500	PVC	0.43%	252.7	1.42	5.05	6.78	19.28	0.84	S	S	0.19
2-C010704 – 2-C010703	54	500	PVC	0.65%	311.5	1.75	5.05	6.78	19.28	0.97	S	S	0.17
2-C010703 – 2-C010702	51	500	PVC	0.12%	132.7	0.75	5.05	6.78	19.28	0.53	SC	S	0.26
2-C010702 – 2-C010701	56	500	PVC	0.72%	327.2	1.84	5.78	7.75	21.63	1.04	S	S	0.17
2-C010701 – 2-C010700	49	500	PVC	0.49%	271.2	1.53	5.78	7.75	21.63	0.91	S	S	0.19
2-C010700 – 2-C010699	57	500	PVC	0.35%	229.7	1.29	5.78	7.75	21.63	0.81	S	S	0.21
2-C010699 – 2-C010698	51	500	PVC	0.51%	276.8	1.56	5.78	7.75	21.63	0.93	S	S	0.19
2-C010698 – 2-C010697	102	500	PVC	0.31%	216.2	1.22	5.78	7.75	21.63	0.78	S	S	0.21
2-C010697 – 2-C010696	60	500	PVC	0.07%	99.4	0.56	5.78	7.75	21.63	0.45	N	S	0.32
2-C010696 – 2-C010695	50	500	PVC	0.26%	196.2	1.11	5.78	7.75	21.63	0.73	S	S	0.22
2-C010695 – 2-C010694	47	500	PVC	0.23%	186.8	1.05	5.78	7.75	21.63	0.70	S	S	0.23
2-C010694 – 2-C010693	37	500	PVC	0.16%	155.1	0.87	5.78	7.75	21.63	0.62	S	S	0.25
2-C010693 – 2-C010692	7	500	PVC	1.49%	472.0	2.66	5.78	7.75	21.63	1.35	S	S	0.15
2-C010692 – 2-C010691	81	500	PVC	0.10%	121.7	0.69	5.78	7.75	21.63	0.52	SC	S	0.29
2-C010691 – 2-C010690	42	500	PVC	0.12%	133.4	0.75	5.78	7.75	21.63	0.55	SC	S	0.27
2-C010690 – 2-C010689	15	500	PPC	0.34%	185.7	1.21	5.78	7.75	21.63	0.81	S	S	0.23
2-C010689 – 2-C010688	15	500	PVC	0.07%	100.1	0.56	5.78	7.75	21.63	0.45	N	S	0.32

Quadro A1.2 (cont.) - Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. mil hab	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v	V _{min} (m/s)	V _{máx}	h/D (-)
50	EM11 - Poente ZI													
51	2-C010635 – 2-C010661	510	200	PVC	2.81%	56.3	1.98	0.71	0.95	4.05	1.15	S	S	0.18
52	2-C010661 – 2-C010678	36	200	PVC	2.25%	50.3	1.77	0.71	0.95	4.05	1.06	S	S	0.19
53	2-C010678 – 2-C010675	28	200	GR	0.36%	19.0	0.61	0.71	0.95	4.05	0.48	SC	S	0.31
54	2-C010675 – 2-C010673	7	200	PVC	1.63%	42.9	1.51	0.71	0.95	4.05	0.95	S	S	0.21
55	2-C010673 – 2-C010693	13	200	PVC	2.71%	55.2	1.94	0.71	0.95	4.05	1.13	S	S	0.18
56	2-C010693 – 2-C010669	229	200	PVC	2.66%	54.7	1.93	0.71	0.95	4.05	1.13	S	S	0.18
57	2-C010669 – 2-C010676	65	200	PVC	2.71%	55.2	1.94	0.71	0.95	4.05	1.13	S	S	0.18
58	2-C010676 – 2-C010646	35	200	PVC	1.21%	36.9	1.30	0.71	0.95	4.05	0.85	S	S	0.22
59	2-C010646 – 2-C010645	31	200	PVC	6.80%	87.5	3.08	0.71	0.95	4.05	1.57	S	S	0.15
60	2-C010645 – 2-C010647	17	200	PVC	6.80%	87.5	3.08	0.71	0.95	4.05	1.57	S	S	0.15
61	2-C010647 – 2-C010694	119	200	PVC	4.27%	69.4	2.44	0.71	0.95	4.05	1.33	S	S	0.16
62	EM10 - Nascente (ZI)													
63	2-C006105 – 2-C011281	101	200	PVC	0.46%	22.7	0.80	1.02	1.36	5.30	0.65	S	S	0.33
64	2-C011281 – 2-C011200	23	200	PVC	1.56%	42.0	1.48	1.02	1.36	5.30	1.01	S	S	0.24
65	2-C011200 – 2-C011347	49	200	PVC	0.70%	28.0	0.99	1.02	1.36	5.30	0.76	S	S	0.29
66	2-C011347 – 2-C011381	38	200	PVC	1.09%	35.0	1.23	1.02	1.36	5.30	0.89	S	S	0.26
67	2-C011381 – 2-C011204	60	200	PVC	1.24%	37.4	1.32	1.02	1.36	5.30	0.93	S	S	0.25
68	2-C011204 – 2-C011383	60	200	PVC	0.71%	28.4	1.00	1.02	1.36	5.30	0.76	S	S	0.29
69	2-C011383 – 2-C011193	28	200	PVC	1.76%	44.5	1.57	1.02	1.36	5.30	1.05	S	S	0.23
70	2-C011193 – 2-C011210	61	200	PVC	0.93%	32.4	1.14	1.02	1.36	5.30	0.84	S	S	0.27
71	2-C011210 – 2-C011212	60	200	PVC	0.84%	30.8	1.08	1.02	1.36	5.30	0.81	S	S	0.28
72	2-C011212 – 2-C011292	62	200	PVC	0.82%	30.3	1.07	1.02	1.36	5.30	0.80	S	S	0.28
73	2-C011292 – 2-C011471	36	200	PVC	1.28%	37.9	1.33	1.02	1.36	5.30	0.94	S	S	0.25
74	2-C011471 – 2-C011470	20	200	PVC	1.46%	40.6	1.43	1.02	1.36	5.30	0.99	S	S	0.24
75	2-C011470 – 2-C011470A	94	200	PVC	0.58%	25.5	0.90	1.02	1.36	5.30	0.71	S	S	0.31
76	2-C011470A – 2-C011463	139	200	PVC	0.58%	25.5	0.90	1.02	1.36	5.30	0.71	S	S	0.31
77	2-C011463 – 2-C011462	24	200	PVC	0.58%	25.5	0.90	1.02	1.36	5.30	0.71	S	S	0.31
78	2-C011462 – 2-C011461	58	200	PVC	0.93%	32.4	1.14	1.02	1.36	5.30	0.84	S	S	0.27
79	2-C011461 – 2-C011420	60	200	PVC	3.80%	65.4	2.30	1.02	1.36	5.30	1.38	S	S	0.19
80	2-C011420 – 2-C011429	22	200	PVC	5.17%	76.3	2.68	1.02	1.36	5.30	1.54	S	S	0.18
81	2-C011429 – 2-C011425	6	200	PVC	7.03%	89.0	3.13	1.14	1.53	5.78	1.76	S	S	0.17
82	2-C011425 – 2-C011426	59	200	PVC	2.25%	50.4	1.77	1.14	1.53	5.78	1.18	S	S	0.23
83	2-C011426 – 2-C011417	60	200	PVC	5.77%	80.6	2.84	1.14	1.53	5.78	1.65	S	S	0.18
84	2-C011417 – 2-C011416	60	200	PVC	6.92%	88.3	3.11	1.14	1.53	5.78	1.75	S	S	0.17
85	2-C011416 – 2-C011424	16	200	PVC	6.92%	88.3	3.11	1.14	1.53	5.78	1.75	S	S	0.17
86	2-C011424 – 2-C011427	24	200	PVC	8.56%	98.2	3.46	1.14	1.53	5.78	1.89	S	S	0.16
87	2-C011427 – 2-C011415	53	200	PVC	7.57%	92.3	3.25	1.14	1.53	5.78	1.81	S	S	0.17
88	2-C011415 – 2-C011414	22	200	PVC	5.64%	79.7	2.80	1.14	1.53	5.78	1.63	S	S	0.18
89	2-C011414 – 2-C011413	9	200	PVC	5.64%	79.7	2.80	1.14	1.53	5.78	1.63	S	S	0.18
90	2-C011413 – 2-C010690	28	200	PVC	0.61%	26.2	0.92	2.17	2.91	9.58	0.85	S	S	0.42
91	2-C010690 – 2-C010654	42	200	PVC	0.52%	24.2	0.85	2.17	2.91	9.58	0.80	S	S	0.44
92	2-C010654 – 2-C010651	49	200	PVC	0.45%	22.6	0.79	2.17	2.91	9.58	0.76	S	S	0.45
93	2-C010651 – 2-C010652	55	200	PVC	1.30%	38.2	1.35	2.17	2.91	9.58	1.12	S	S	0.34
94	2-C010652 – 2-C010653	52	200	PVC	6.01%	82.3	2.90	2.17	2.91	9.58	1.94	S	S	0.23
95	2-C010653 – 2-C010641	60	200	PVC	4.46%	70.9	2.50	2.17	2.91	9.58	1.74	S	S	0.25
96	2-C010641 – 2-C010642	84	200	PVC	0.38%	20.8	0.73	2.17	2.91	9.58	0.72	S	S	0.48
97	2-C010642 – 2-C010694	63	200	PVC	3.78%	65.2	2.30	2.17	2.91	9.58	1.64	S	S	0.26
98	2-C010694 – 2-C014519	119	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	2.88	3.87	12.05	1.73	S	S	0.21
99	2-C014519 – 2-C014518	15	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22

Quadro A1.2 (cont.) - Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. mil hab	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
62	EM10 - Nascente (ZI)													
100	2-C014518 – 2-C014517	11	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
101	2-C014517 – 2-C014516	21	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
102	2-C014516 – 2-C014515	24	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
103	2-C014515 – 2-C014514	33	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
104	2-C014514 – 2-C014513	19	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
105	2-C014513 – 2-C014512	33	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
106	2-C014512 – 2-C014511	27	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
107	2-C014511 – 2-C014510	27	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
108	2-C014510 – 2-C014509	27	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
109	2-C014509 – 2-C014508	27	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
110	2-C014508 – 2-C014507	25	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
111	2-C014507 – 2-C014506	23	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
112	2-C014506 – 2-C009900	35	250	PVC	3.85%	119.3	2.69	3.01	4.04	12.50	1.74	S	S	0.22
113	2-C009900 – 2-C009892	8	250	PVC	6.18%	151.1	3.41	3.01	4.04	12.50	2.06	S	S	0.19
114	EM13 - Carvalhido													
115	2-C010412 – 2-C014234	55	315	PVC	1.33%	129.8	1.84	0.69	0.93	3.98	0.83	S	S	0.12
116	2-C014234 – 2-C010414	49	315	PVC	1.33%	129.8	1.84	0.69	0.93	3.98	0.83	S	S	0.12
117	2-C010414 – 2-C010473	38	315	PVC	0.42%	72.9	1.03	0.69	0.93	3.98	0.55	SC	S	0.16
118	2-C010473 – 2-C010474	47	315	GR	2.86%	180.4	2.33	0.69	0.93	3.98	0.95	S	S	0.10
119	2-C010474 – 2-C010475	39	315	GR	3.04%	186.0	2.40	0.69	0.93	3.98	0.97	S	S	0.10
120	2-C010475 – 2-C010476	23	315	GR	5.18%	242.7	3.13	0.69	0.93	3.98	1.17	S	S	0.09
121	2-C010476 – 2-C010478	31	315	GR	7.27%	287.4	3.71	0.69	0.93	3.98	1.31	S	S	0.08
122	2-C010478 – 2-C010477	25	315	GR	8.65%	313.6	4.05	0.69	0.93	3.98	1.40	S	S	0.08
123	2-C010477 – 2-C010499	69	315	GR	3.34%	194.9	2.51	0.69	0.93	3.98	1.00	S	S	0.10
124	2-C010499 – 2-C010498	45	315	GR	3.34%	194.9	2.51	0.69	0.93	3.98	1.00	S	S	0.10
125	2-C010498 – 2-C010500	4	315	GR	0.85%	98.4	1.27	0.69	0.93	3.98	0.62	S	S	0.14
126	2-C010500 – 2-C010501	29	315	GR	0.85%	98.4	1.27	0.69	0.93	3.98	0.62	S	S	0.14
127	2-C010501 – 2-C010502	31	315	GR	4.79%	233.2	3.01	1.74	2.33	8.02	1.40	S	S	0.13
128	2-C010502 – 2-C010503	40	315	GR	6.77%	277.4	3.58	1.74	2.33	8.02	1.58	S	S	0.12
129	2-C010503 – 2-C014225	52	315	GR	1.34%	123.4	1.59	1.74	2.33	8.02	0.90	S	S	0.17
130	2-C014225 – 2-C014226	50	315	PVC	1.34%	130.5	1.85	1.74	2.33	8.02	1.03	S	S	0.17
131	2-C014226 – 2-C014227	50	315	PVC	1.34%	130.5	1.85	1.74	2.33	8.02	1.03	S	S	0.17
132	2-C014227 – 2-C010276	35	315	PVC	1.34%	130.5	1.85	1.74	2.33	8.02	1.03	S	S	0.17
133	2-C010276 – 2-C010446	5	315	PVC	3.84%	221.0	3.13	1.96	2.63	8.82	1.53	S	S	0.14
134	2-C010446 – 2-C010497	4	315	PVC	2.94%	193.4	2.74	1.96	2.63	8.82	1.39	S	S	0.15
135	2-C010497 – 2-C009889	15	315	PVC	0.98%	111.4	1.58	1.96	2.63	8.82	0.94	S	S	0.19
136	2-C009889 – 2-C014228	46	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
137	2-C014228 – 2-C014229	42	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
138	2-C014229 – 2-C014230	46	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
139	2-C014230 – 2-C014231	55	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
140	2-C014231 – 2-C014232	55	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
141	2-C014232 – 2-C014233	40	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
142	2-C014233 – 2-C009888	54	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
143	2-C009888 – 2-C009887	14	315	PVC	2.61%	182.2	2.58	2.14	2.87	9.47	1.36	S	S	0.15

Quadro A1.2 (cont.) - Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v	V _{min} (m/s)	V _{máx}	h/D (-)
114	EM13 - Carvalhido													
115	2-C010412 – 2-C014234	55	315	PVC	1.33%	129.8	1.84	0.69	0.93	3.98	0.83	S	S	0.12
116	2-C014234 – 2-C010414	49	315	PVC	1.33%	129.8	1.84	0.69	0.93	3.98	0.83	S	S	0.12
117	2-C010414 – 2-C010473	38	315	PVC	0.42%	72.9	1.03	0.69	0.93	3.98	0.55	SC	S	0.16
118	2-C010473 – 2-C010474	47	315	GR	2.86%	180.4	2.33	0.69	0.93	3.98	0.95	S	S	0.10
119	2-C010474 – 2-C010475	39	315	GR	3.04%	186.0	2.40	0.69	0.93	3.98	0.97	S	S	0.10
120	2-C010475 – 2-C010476	23	315	GR	5.18%	242.7	3.13	0.69	0.93	3.98	1.17	S	S	0.09
121	2-C010476 – 2-C010478	31	315	GR	7.27%	287.4	3.71	0.69	0.93	3.98	1.31	S	S	0.08
122	2-C010478 – 2-C010477	25	315	GR	8.65%	313.6	4.05	0.69	0.93	3.98	1.40	S	S	0.08
123	2-C010477 – 2-C010499	69	315	GR	3.34%	194.9	2.51	0.69	0.93	3.98	1.00	S	S	0.10
124	2-C010499 – 2-C010498	45	315	GR	3.34%	194.9	2.51	0.69	0.93	3.98	1.00	S	S	0.10
125	2-C010498 – 2-C010500	4	315	GR	0.85%	98.4	1.27	0.69	0.93	3.98	0.62	S	S	0.14
126	2-C010500 – 2-C010501	29	315	GR	0.85%	98.4	1.27	0.69	0.93	3.98	0.62	S	S	0.14
127	2-C010501 – 2-C010502	31	315	GR	4.79%	233.2	3.01	1.74	2.33	8.02	1.40	S	S	0.13
128	2-C010502 – 2-C010503	40	315	GR	6.77%	277.4	3.58	1.74	2.33	8.02	1.58	S	S	0.12
129	2-C010503 – 2-C014225	52	315	GR	1.34%	123.4	1.59	1.74	2.33	8.02	0.90	S	S	0.17
130	2-C014225 – 2-C014226	50	315	PVC	1.34%	130.5	1.85	1.74	2.33	8.02	1.03	S	S	0.17
131	2-C014226 – 2-C014227	50	315	PVC	1.34%	130.5	1.85	1.74	2.33	8.02	1.03	S	S	0.17
132	2-C014227 – 2-C010276	35	315	PVC	1.34%	130.5	1.85	1.74	2.33	8.02	1.03	S	S	0.17
133	2-C010276 – 2-C010446	5	315	PVC	3.84%	221.0	3.13	1.96	2.63	8.82	1.53	S	S	0.14
134	2-C010446 – 2-C010497	4	315	PVC	2.94%	193.4	2.74	1.96	2.63	8.82	1.39	S	S	0.15
135	2-C010497 – 2-C009889	15	315	PVC	0.98%	111.4	1.58	1.96	2.63	8.82	0.94	S	S	0.19
136	2-C009889 – 2-C014228	46	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
137	2-C014228 – 2-C014229	42	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
138	2-C014229 – 2-C014230	46	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
139	2-C014230 – 2-C014231	55	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
140	2-C014231 – 2-C014232	55	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
141	2-C014232 – 2-C014233	40	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
142	2-C014233 – 2-C009888	54	315	PVC	4.35%	235.1	3.34	1.96	2.63	8.82	1.60	S	S	0.13
143	2-C009888 – 2-C009887	14	315	PVC	2.61%	182.2	2.58	2.14	2.87	9.47	1.36	S	S	0.15
144	EM14 - Secundário de Matos													
145	2-C014373 – 2-C014374	28	315	PVC	2.56%	180.4	2.56	1.32	1.77	6.47	1.21	S	S	0.13
146	2-C014374 – 2-C014375	31	315	PVC	3.11%	198.7	2.82	1.32	1.77	6.47	1.29	S	S	0.12
147	2-C014375 – 2-C014376	44	315	PVC	2.21%	167.5	2.38	1.32	1.77	6.47	1.15	S	S	0.13
148	2-C014376 – 2-C014380	90	315	PVC	9.84%	353.7	5.02	1.32	1.77	6.47	1.93	S	S	0.09
149	2-C014380 – 2-C014377	42	315	PVC	2.89%	191.8	2.72	1.32	1.77	6.47	1.26	S	S	0.13
150	2-C014377 – 2-C014237	60	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
151	2-C014237 – 2-C014378	53	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
152	2-C014378 – 2-C014379	50	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
153	2-C014379 – 2-C008398	101	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
154	2-C008398 – 2-C008267	15	315	PVC	5.22%	257.6	3.65	2.60	3.49	11.09	1.82	S	S	0.14
155	2-C008267 – 2-C008329	21	315	PVC	2.99%	195.1	2.77	2.60	3.49	11.09	1.50	S	S	0.16
156	2-C008329 – 2-C008386	60	315	PVC	2.99%	195.1	2.77	2.60	3.49	11.09	1.50	S	S	0.16
157	2-C008386 – 2-C008361	60	315	PVC	0.55%	83.6	1.19	2.60	3.49	11.09	0.82	S	S	0.25
158	2-C008361 – 2-C008275	22	315	PVC	0.55%	83.6	1.19	2.60	3.49	11.09	0.82	S	S	0.25
159	2-C008275 – 2-C008291	28	315	PVC	0.96%	110.3	1.56	2.69	3.61	11.39	1.01	S	S	0.22
160	2-C008291 – 2-C009913	179	315	PVC	0.35%	66.8	0.95	2.69	3.61	11.39	0.71	S	S	0.28
161	2-C009913 – 2-C009912	62	315	PVC	0.65%	90.7	1.29	2.69	3.61	11.39	0.88	S	S	0.24
162	2-C009912 – 2-C009911	87	315	PVC	0.78%	99.5	1.41	2.69	3.61	11.39	0.94	S	S	0.23
163	2-C009911 – 2-C009909	46	500	PVC	1.31%	441.4	2.49	2.69	3.61	11.39	1.06	S	S	0.11

Quadro A1.2 (cont.) - Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Ponte de Moreira.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
144	EM14 - Secundário de Matos													
145	2-C014373 – 2-C014374	28	315	PVC	2.56%	180.4	2.56	1.32	1.77	6.47	1.21	S	S	0.13
146	2-C014374 – 2-C014375	31	315	PVC	3.11%	198.7	2.82	1.32	1.77	6.47	1.29	S	S	0.12
147	2-C014375 – 2-C014376	44	315	PVC	2.21%	167.5	2.38	1.32	1.77	6.47	1.15	S	S	0.13
148	2-C014376 – 2-C014380	90	315	PVC	9.84%	353.7	5.02	1.32	1.77	6.47	1.93	S	S	0.09
149	2-C014380 – 2-C014377	42	315	PVC	2.89%	191.8	2.72	1.32	1.77	6.47	1.26	S	S	0.13
150	2-C014377 – 2-C014237	60	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
151	2-C014237 – 2-C014378	53	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
152	2-C014378 – 2-C014379	50	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
153	2-C014379 – 2-C008398	101	315	PVC	0.28%	59.4	0.84	1.32	1.77	6.47	0.55	SC	S	0.22
154	2-C008398 – 2-C008267	15	315	PVC	5.22%	257.6	3.65	2.60	3.49	11.09	1.82	S	S	0.14
155	2-C008267 – 2-C008329	21	315	PVC	2.99%	195.1	2.77	2.60	3.49	11.09	1.50	S	S	0.16
156	2-C008329 – 2-C008386	60	315	PVC	2.99%	195.1	2.77	2.60	3.49	11.09	1.50	S	S	0.16
157	2-C008386 – 2-C008361	60	315	PVC	0.55%	83.6	1.19	2.60	3.49	11.09	0.82	S	S	0.25
158	2-C008361 – 2-C008275	22	315	PVC	0.55%	83.6	1.19	2.60	3.49	11.09	0.82	S	S	0.25
159	2-C008275 – 2-C008291	28	315	PVC	0.96%	110.3	1.56	2.69	3.61	11.39	1.01	S	S	0.22
160	2-C008291 – 2-C009913	179	315	PVC	0.35%	66.8	0.95	2.69	3.61	11.39	0.71	S	S	0.28
161	2-C009913 – 2-C009912	62	315	PVC	0.65%	90.7	1.29	2.69	3.61	11.39	0.88	S	S	0.24
162	2-C009912 – 2-C009911	87	315	PVC	0.78%	99.5	1.41	2.69	3.61	11.39	0.94	S	S	0.23
163	2-C009911 – 2-C009909	46	500	PVC	1.31%	441.4	2.49	2.69	3.61	11.39	1.06	S	S	0.11
164	EM12 - Guarda													
165	2-C009887 – 2-C009886	41	315	PVC	3.21%	202.0	2.87	3.77	5.05	15.05	1.68	S	S	0.18
166	2-C009886 – 2-C014219	11	315	PVC	0.68%	93.2	1.32	3.98	5.35	15.78	0.98	S	S	0.28
167	2-C014219 – 2-C014220	57	315	PVC	0.68%	93.2	1.32	3.98	5.35	15.78	0.98	S	S	0.28
168	2-C014220 – 2-C014221	58	315	PVC	0.68%	93.2	1.32	3.98	5.35	15.78	0.98	S	S	0.28
169	2-C014221 – 2-C014222	59	315	PVC	0.68%	93.2	1.32	3.98	5.35	15.78	0.98	S	S	0.28
170	2-C014222 – 2-C014223	58	315	PVC	0.37%	68.3	0.97	3.98	5.35	15.78	0.79	S	S	0.33
171	2-C014223 – 2-C014224	57	500	PVC	0.68%	319.4	1.80	3.98	5.35	15.78	0.93	S	S	0.15
172	2-C014224 – 2-C009891	61	500	PVC	0.68%	319.4	1.80	3.98	5.35	15.78	0.93	S	S	0.15
173	2-C009891 – 2-C009890	27	500	PVC	1.10%	405.2	2.28	6.46	8.67	23.82	1.25	S	S	0.16
174	2-C009890 – 2-C009908	30	500	PVC	2.60%	622.8	3.51	6.46	8.67	23.82	1.69	S	S	0.13
175	2-C009908 – 2-C009909	58	500	PVC	5.86%	935.1	5.27	6.46	8.67	23.82	2.24	S	S	0.11
176	2-C009909 – 2-C009910	53	500	PVC	4.53%	822.1	4.63	9.15	12.28	32.26	2.25	S	S	0.14
177	2-C009910 – 2-C009907	7	500	PVC	4.53%	822.1	4.63	9.15	12.28	32.26	2.25	S	S	0.14
178	2-C009907 – 2-C009906	101	500	PVC	2.83%	649.4	3.66	9.15	12.28	32.26	1.90	S	S	0.15
179	2-C009906 – 2-C009905	55	500	PVC	2.47%	607.4	3.42	9.15	12.28	32.26	1.82	S	S	0.16
180	2-C009905 – 2-C009904	110	500	PVC	1.06%	397.3	2.24	9.15	12.28	32.26	1.35	S	S	0.19
181	2-C009904 – 2-C009903	55	500	PVC	1.06%	397.3	2.24	9.15	12.28	32.26	1.35	S	S	0.19
182	2-C009903 – 2-C009902	54	500	PVC	1.06%	397.3	2.24	9.15	12.28	32.26	1.35	S	S	0.19
183	2-C009902 – 2-C009892	52	500	PVC	0.73%	330.9	1.86	9.15	12.28	32.26	1.18	S	S	0.21
184	Ligação à ETAR													
185	2-C009892 – 2-C012327	31	500	PVC	4.33%	804.0	4.53	21.94	29.46	70.85	2.79	S	S	0.20

Quadro A1.3 – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
1	EM01 - Arquinho													
2	2-C001581 – 2-C001584	60	200	PVC	3.51%	62.9	2.21	2.00	2.69	8.97	1.57	S	S	0.26
3	2-C001584 – 2-C001574	51	200	PVC	7.82%	93.8	3.30	2.00	2.69	8.97	2.08	S	S	0.21
4	2-C001574 – 2-C001583	32	200	PVC	3.76%	65.0	2.29	2.00	2.69	8.97	1.61	S	S	0.25
5	2-C001583 – 2-C001570	97	200	PVC	0.53%	24.4	0.86	2.00	2.69	8.97	0.79	S	S	0.42
6	2-C001570 – 2-C001599	28	200	PVC	0.90%	31.8	1.12	2.00	2.69	8.97	0.96	S	S	0.36
7	2-C001599 – 2-C001585	20	200	PVC	0.65%	27.0	0.95	2.00	2.69	8.97	0.85	S	S	0.40
8	2-C001585 – 2-C001582	56	200	PVC	0.65%	27.0	0.95	2.00	2.69	8.97	0.85	S	S	0.40
9	2-C001582 – 2-C001605	56	200	PVC	0.38%	20.6	0.73	2.00	2.69	8.97	0.70	S	S	0.46
10	2-C001605 – 2-C000981	25	200	PVC	1.59%	42.3	1.49	2.00	2.69	8.97	1.18	S	S	0.31
11	2-C000981 – 2-C000980	49	200	PVC	0.43%	21.9	0.77	2.00	2.69	8.97	0.73	S	S	0.45
12	2-C000980 – 2-C000979	52	200	PVC	2.83%	56.5	1.99	2.00	2.69	8.97	1.45	S	S	0.27
13	2-C000979 – 2-C000978	50	200	PVC	3.03%	58.4	2.06	2.00	2.69	8.97	1.49	S	S	0.26
14	2-C000978 – 2-C001055	24	200	PVC	0.53%	24.5	0.86	2.00	2.69	8.97	0.80	S	S	0.42
15	2-C001055 – 2-C001056	33	200	PVC	0.00%	1.1	0.04	2.00	2.69	8.97	0.04	N	S	0.47
16	2-C001056 – 2-C001057	28	200	PVC	0.18%	14.1	0.50	2.00	2.69	8.97	0.53	N	S	0.58
17	2-C001057 – 2-C001058	19	200	PVC	2.74%	55.6	1.96	2.00	2.69	8.97	1.44	S	S	0.27
18	2-C001058 – 2-C001059	30	200	PVC	6.88%	88.0	3.10	2.00	2.69	8.97	1.99	S	S	0.22
19	2-C001059 – 2-C001054	32	200	PVC	12.95%	120.8	4.25	2.00	2.69	8.97	2.49	S	S	0.18
20	2-C001054 – 2-C001060	16	200	PVC	10.57%	109.1	3.84	2.00	2.69	8.97	2.32	S	S	0.19
21	2-C001060 – 2-C001061	14	200	PVC	6.66%	86.6	3.05	2.00	2.69	8.97	1.97	S	S	0.22
22	2-C001061 – 2-C001062	7	200	PVC	8.99%	100.7	3.54	2.00	2.69	8.97	2.19	S	S	0.20
23	2-C001062 – 2-C001063	18	200	PVC	2.67%	54.8	1.93	2.00	2.69	8.97	1.42	S	S	0.27
24	2-C001063 – 2-C001064	13	200	PVC	0.63%	26.6	0.94	2.00	2.69	8.97	0.85	S	S	0.40
25	2-C001064 – 2-C001065	13	200	PVC	1.76%	44.6	1.57	2.00	2.69	8.97	1.23	S	S	0.30
26	2-C001065 – 2-C001066	30	200	PVC	3.64%	64.0	2.25	2.00	2.69	8.97	1.59	S	S	0.25
27	2-C001066 – 2-C014479	24	200	PVC	1.36%	39.1	1.38	2.00	2.69	8.97	1.12	S	S	0.33
28	2-C014479 – 2-C014291	37	200	PVC	1.36%	39.1	1.38	2.00	2.69	8.97	1.12	S	S	0.33
29	2-C014291 – 2-C014480	44	200	PVC	1.36%	39.1	1.38	2.00	2.69	8.97	1.12	S	S	0.33
30	2-C014480 – 2-C014290	76	200	PVC	1.36%	39.1	1.38	2.00	2.69	8.97	1.12	S	S	0.33
31	2-C014290 – 2-C014289	50	200	PVC	1.36%	39.1	1.38	2.00	2.69	8.97	1.12	S	S	0.33
32	2-C014289 – 2-C014293	39	200	PVC	1.36%	39.1	1.38	2.00	2.69	8.97	1.12	S	S	0.33
33	2-C014293 – 2-C001592	26	200	PVC	1.36%	39.1	1.38	2.00	2.69	8.97	1.12	S	S	0.33
34	2-C001592 – 2-C014288	58	200	PVC	1.34%	38.8	1.37	2.00	2.69	8.97	1.11	S	S	0.33
35	2-C014288 – 2-C001557	22	200	PVC	1.34%	38.8	1.37	2.00	2.69	8.97	1.11	S	S	0.33
36	2-C001557 – 2-C014287	60	200	PVC	0.82%	30.3	1.07	2.00	2.69	8.97	0.93	S	S	0.37
37	2-C014287 – 2-C014286	40	200	PVC	0.82%	30.3	1.07	2.00	2.69	8.97	0.93	S	S	0.37
38	2-C014286 – 2-C014285	40	200	PVC	0.82%	30.3	1.07	2.00	2.69	8.97	0.93	S	S	0.37
39	2-C014285 – 2-C014284	49	200	PVC	0.82%	30.3	1.07	2.00	2.69	8.97	0.93	S	S	0.37
40	2-C014284 – 2-C014294	45	200	PVC	0.82%	30.3	1.07	2.00	2.69	8.97	0.93	S	S	0.37
41	2-C014294 – 2-C001593	51	200	PVC	0.82%	30.3	1.07	2.00	2.69	8.97	0.93	S	S	0.37
42	2-C001593 – 2-C001596	57	200	PVC	0.72%	28.4	1.00	2.00	2.69	8.97	0.89	S	S	0.39
43	2-C001596 – 2-C014295	35	200	PVC	0.50%	23.8	0.84	2.00	2.69	8.97	0.78	S	S	0.43
44	2-C014295 – 2-C014296	57	200	PVC	0.50%	23.8	0.84	2.00	2.69	8.97	0.78	S	S	0.43
45	2-C014296 – 2-C014297	57	200	PVC	0.50%	23.8	0.84	2.00	2.69	8.97	0.78	S	S	0.43
46	2-C014297 – 2-C001578	10	200	PVC	0.50%	23.8	0.84	2.00	2.69	8.97	0.78	S	S	0.43
47	2-C001578 – 2-C001453	9	200	PVC	2.06%	48.2	1.70	2.00	2.69	8.97	1.30	S	S	0.29
48	2-C001453 – 2-C001610	20	200	PVC	0.88%	31.5	1.11	2.00	2.69	8.97	0.96	S	S	0.37
49	2-C001610 – 2-C001445	29	200	PVC	0.49%	23.4	0.82	2.00	2.69	8.97	0.77	S	S	0.43
50	2-C001445 – 2-C001608	31	200	PVC	1.77%	44.7	1.57	2.00	2.69	8.97	1.23	S	S	0.30

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
1	EM01 - Arquinho													
51	2-C001608 – 2-C014298	59	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	2.00	2.69	8.97	0.79	S	S	0.42
52	2-C014298 – 2-C014299	46	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	2.00	2.69	8.97	0.79	S	S	0.42
53	2-C014299 – 2-C014300	36	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	2.00	2.69	8.97	0.79	S	S	0.42
54	2-C014300 – 2-C014304	46	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	2.00	2.69	8.97	0.79	S	S	0.42
55	2-C014304 – 2-C014301	42	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	2.00	2.69	8.97	0.79	S	S	0.42
56	2-C014301 – 2-C014302	46	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	2.00	2.69	8.97	0.79	S	S	0.42
57	2-C014302 – 2-C014303	53	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	7.50	10.06	27.10	0.80	S	S	0.75
58	2-C014303 – 2-C001441	350	200	PVC	0.52%	24.3	0.86	7.50	10.06	27.10	0.80	S	S	0.75
59	2-C001441 – 2-C001591	60	200	PVC	0.03%	5.6	0.20	12.11	16.26	41.39	0.20	N	S	0.55
60	2-C001591 – 2-C003021	359	500	PVC	0.52%	279.7	1.58	12.11	16.26	41.39	1.13	S	S	0.26
61	2-C003021 – 2-C001579	15	500	PVC	0.97%	380.5	2.14	12.11	16.26	41.39	1.40	S	S	0.22
62	2-C001579 – 2-C001430	14	500	PVC	0.97%	380.5	2.14	12.70	17.05	43.19	1.42	S	S	0.23
63	2-C001430 – 2-C001429	27	500	PVC	1.91%	533.2	3.00	12.70	17.05	43.19	1.81	S	S	0.19
64	2-C001429 – 2-C001428	28	500	PVC	1.91%	533.2	3.00	12.70	17.05	43.19	1.81	S	S	0.19
65	2-C001428 – 2-C001617	242	500	PVC	2.44%	602.9	3.40	14.15	18.99	47.57	2.03	S	S	0.19
66	2-C001617 – 2-C001604	29	500	PVC	0.07%	101.4	0.57	14.15	18.99	47.57	0.56	N	S	0.48
67	2-C001604 – 2-C001395	44	500	PVC	0.28%	202.6	1.14	14.15	18.99	47.57	0.93	S	S	0.33
68	2-C001395 – 2-C001373	88	500	PVC	0.31%	213.6	1.20	14.37	19.30	48.25	0.97	S	S	0.32
69	2-C001373 – 2-C001372	84	500	PVC	0.86%	357.4	2.01	14.37	19.30	48.25	1.40	S	S	0.25
70	2-C001372 – 2-C004320	468	500	PVC	0.57%	290.7	1.64	14.76	19.82	49.42	1.22	S	S	0.28
71	2-C004320 – 2-C006174	343	500	PVC	0.77%	339.3	1.91	15.87	21.30	52.75	1.39	S	S	0.27
72	2-C006174 – 2-C006175	11	500	PVC	0.19%	167.5	0.94	16.91	22.71	55.89	0.85	S	S	0.40
73	2-C006175 – 2-C006176	25	500	PVC	0.40%	245.1	1.38	16.91	22.71	55.89	1.12	S	S	0.32
74	2-C006176 – 2-C006165	12	500	PVC	0.91%	368.2	2.07	16.91	22.71	55.89	1.50	S	S	0.26
75	2-C006165 – 2-C006177	25	500	PVC	0.04%	77.2	0.43	16.91	22.71	55.89	0.47	N	S	0.63
76	2-C006177 – 2-C006415	12	500	PVC	1.45%	464.5	2.62	16.91	22.71	55.89	1.77	S	S	0.23
77	2-C006415 – 2-C006182	32	500	PVC	0.56%	288.3	1.62	16.91	22.71	55.89	1.26	S	S	0.30
78	2-C006182 – 2-C006167	25	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	17.26	23.17	56.91	0.07	N	S	0.60
79	2-C006167 – 2-C006168	9	500	PVC	1.63%	493.3	2.78	17.26	23.17	56.91	1.85	S	S	0.23
80	2-C006168 – 2-C006171	30	500	PVC	0.17%	158.1	0.89	17.26	23.17	56.91	0.82	S	S	0.41
81	2-C006171 – 2-C006164	24	500	PVC	0.25%	194.0	1.09	17.26	23.17	56.91	0.95	S	S	0.37
82	2-C006164 – 2-C006181	25	500	PVC	0.84%	353.5	1.99	17.26	23.17	56.91	1.46	S	S	0.27
83	2-C006181 – 2-C006173	37	500	PVC	1.87%	527.8	2.97	17.26	23.17	56.91	1.94	S	S	0.22
84	2-C006173 – 2-C006198	49	500	PVC	0.45%	259.4	1.46	17.26	23.17	56.91	1.17	S	S	0.32
85	2-C006198 – Ligacao_EM04	76	200	PVC	0.29%	18.1	0.64	17.26	23.17	56.91	0.62	S	S	0.72
86	Ligacao_EM04 – 2-C006195	202	500	PVC	0.68%	319.1	1.80	19.48	26.15	63.54	1.40	S	S	0.30
87	2-C006195 – 2-C006179	61	500	PVC	0.68%	319.6	1.80	19.48	26.15	63.54	1.40	S	S	0.30
88	2-C006179 – 2-C006193	85	500	PVC	0.01%	42.0	0.24	20.30	27.26	66.00	0.24	N	S	0.46
89	2-C006193 – 2-C006194	18	500	PVC	0.87%	360.3	2.03	20.30	27.26	66.00	1.55	S	S	0.29
90	2-C006194 – 2-C006192	372	500	PVC	0.24%	191.0	1.08	20.30	27.26	66.00	0.98	S	S	0.41
91	2-C006192 – 2-C006191	18	500	PPC	0.22%	148.4	0.97	20.30	27.26	66.00	0.94	S	S	0.47
92	2-C006191 – 2-C006190	54	500	PPC	0.55%	237.0	1.54	26.84	36.03	85.26	1.42	S	S	0.41
93	2-C006190 – 2-C006184	16	500	PPC	0.25%	158.4	1.03	26.84	36.03	85.26	1.05	S	S	0.52
94	2-C006184 – 2-C006170	35	500	PPC	0.34%	185.8	1.21	26.84	36.03	85.26	1.18	S	S	0.48
95	2-C006170 – 2-C006188	38	500	PPC	1.57%	399.5	2.60	27.32	36.67	86.66	2.08	S	S	0.32
96	2-C006188 – 2-C006189	20	600	PVC	0.36%	375.0	1.47	27.32	36.67	86.66	1.19	S	S	0.33
97	2-C006189 – 2-C011498	20	600	PVC	0.64%	504.0	1.97	27.32	36.67	86.66	1.47	S	S	0.28
98	2-C011498 – 2-C011499	55	600	PVC	0.24%	306.7	1.20	27.32	36.67	86.66	1.03	S	S	0.36
99	2-C011499 – 2-C011500	12	600	PVC	0.00%	19.9	0.08	27.32	36.67	86.66	0.08	N	S	0.41
100	2-C011500 – 2-C011501	62	600	PVC	0.06%	160.3	0.63	27.32	36.67	86.66	0.64	S	S	0.52

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
1	EM01 - Arquinho													
101	2-C011501 – 2-C011502	82	600	PVC	0.32%	355.3	1.39	28.98	38.91	91.53	1.16	S	S	0.35
102	2-C011502 – 2-C011503	103	600	PVC	0.47%	433.1	1.69	28.98	38.91	91.53	1.34	S	S	0.31
103	2-C011503 – 2-C011504	73	600	PVC	0.20%	281.6	1.10	28.98	38.91	91.53	0.98	S	S	0.39
104	2-C011504 – 2-C011509	313	600	PVC	0.20%	281.6	1.10	29.44	39.52	92.86	0.99	S	S	0.40
105	2-C011509 – 2-C011508	96	600	PVC	0.20%	281.6	1.10	33.32	44.73	104.17	1.02	S	S	0.42
106	2-C011508 – 2-C011507	46	600	PVC	0.20%	281.6	1.10	33.32	44.73	104.17	1.02	S	S	0.42
107	2-C011507 – EM01-ficticia	93	600	PVC	0.20%	281.6	1.10	33.47	44.94	104.62	1.02	S	S	0.42
108	EM01-ficticia – Ligacao_EM02	557	500	PVC	0.20%	172.8	0.97	34.09	45.77	106.41	1.02	S	S	0.57
109	Ligacao_EM02 – 2-C008448	26	500	PVC	0.20%	172.8	0.97	56.10	75.31	169.70	1.11	S	S	0.80
110	2-C008448 – 2-C014003	43	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
111	2-C014003 – 2-C014004	57	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
112	2-C014004 – 2-C014005	60	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
113	2-C014005 – 2-C014006	60	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
114	2-C014006 – 2-C014007	57	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
115	2-C014007 – 2-C014008	53	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
116	2-C014008 – 2-C014009	53	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
117	2-C014009 – 2-C014010	58	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
118	2-C014010 – 2-C014011	59	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
119	2-C014011 – 2-C014012	42	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
120	2-C014012 – 2-C014013	41	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
121	2-C014013 – 2-C014014	59	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
122	2-C014014 – 2-C014015	57	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
123	2-C014015 – 2-C014016	58	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
124	2-C014016 – 2-C014017	57	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
125	2-C014017 – 2-C014018	28	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
126	2-C014018 – 2-C014019	30	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
127	2-C014019 – 2-C008999	35	500	PVC	0.20%	172.3	0.97	56.58	75.97	171.09	1.11	S	S	0.81
128	2-C008999 – 2-C008438	65	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	57.25	76.87	173.01	0.07	N	S	0.29
129	2-C008438 – 2-C014020	61	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	59.49	79.87	179.38	0.07	N	S	0.61
130	2-C014020 – 2-C014021	50	500	PVC	1.34%	446.4	2.51	59.49	79.87	179.38	2.38	S	S	0.44
131	2-C014021 – 2-C014030	57	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
132	2-C014030 – 2-C014022	39	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
133	2-C014022 – 2-C014023	63	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
134	2-C014023 – 2-C014024	34	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
135	2-C014024 – 2-C014025	48	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
136	2-C014025 – 2-C014026	38	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
137	2-C014026 – 2-C014027	20	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
138	2-C014027 – 2-C014028	59	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
139	2-C014028 – 2-C014029	37	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
140	2-C014029 – 2-C013953	57	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	59.49	79.87	179.38	1.29	S	S	0.73
141	2-C013953 – 2-C013954	46	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	61.05	81.97	183.83	1.29	S	S	0.75
142	2-C013954 – 2-C013955	24	500	PVC	0.27%	202.0	1.14	61.05	81.97	183.83	1.29	S	S	0.75
143	2-C013955 – 2-C007635	48	500	PVC	0.06%	96.3	0.54	61.05	81.97	183.83	0.57	N	S	0.24
144	2-C007635 – 2-C007636	15	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	61.05	81.97	183.83	0.07	N	S	0.91
145	2-C007636 – 2-C007634	31	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	64.29	86.32	193.06	0.07	N	S	0.31
146	2-C007634 – 2-C007633	38	500	PVC	0.68%	318.9	1.80	64.29	86.32	193.06	1.88	S	S	0.56
147	2-C007633 – 2-C007632	35	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	64.29	86.32	193.06	0.07	N	S	0.31
148	2-C007632 – 2-C007631	44	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	64.29	86.32	193.06	0.07	N	S	0.31
149	2-C007631 – 2-C007630	16	500	PVC	1.11%	406.2	2.29	64.29	86.32	193.06	2.26	S	S	0.49
150	2-C007630 – 2-C007629	42	500	PVC	1.11%	406.2	2.29	64.29	86.32	193.06	2.26	S	S	0.49

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{max} (m/s)	h/D (-)
1	EM01 - Arquinho													
151	2-C007629 – 2-C007628	56	500	PVC	0.31%	213.3	1.20	64.29	86.32	193.06	1.36	S	S	0.75
152	2-C007628 – 2-C007627	31	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	64.29	86.32	193.06	0.07	N	S	0.31
153	2-C007627 – 2-C007626	37	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	64.29	86.32	193.06	0.07	N	S	0.31
154	2-C007626 – 2-C007625	29	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	64.91	87.14	194.80	0.07	N	S	0.21
155	2-C007625 – 2-C007624	27	500	PVC	0.41%	247.7	1.40	64.91	87.14	194.80	1.55	S	S	0.67
156	2-C007624 – 2-C007677	314	500	PVC	0.00%	12.2	0.07	64.91	87.14	194.80	0.07	N	S	0.21
157	2-C007677 – 2-C007678	32	500	PVC	1.05%	396.2	2.23	64.91	87.14	194.80	2.22	S	S	0.50
158	2-C007678 – 2-C007679	36	500	PVC	1.05%	396.2	2.23	64.91	87.14	194.80	2.22	S	S	0.50
159	2-C007679 – 2-C007680	13	500	PVC	1.05%	396.2	2.23	64.91	87.14	194.80	2.22	S	S	0.50
160	2-C007680 – 2-C007681	21	500	PVC	1.05%	396.2	2.23	64.91	87.14	194.80	2.22	S	S	0.50
161	2-C007681 – 2-C013890	82	500	FFD	0.21%	167.1	0.85	66.74	89.60	200.02	0.80	S	S	0.69
162	2-C013890 – 2-C013891	19	500	FFD	0.21%	167.1	0.85	66.74	89.60	200.02	0.80	S	S	0.69
163	2-C013891 – 2-C014410	6	500	FFD	2.86%	623.1	3.17	66.74	89.60	200.02	2.83	S	S	0.39
164	2-C014410 – 2-C013865	63	600	FFD	0.00%	18.9	0.07	66.74	89.60	200.02	0.07	N	S	0.54
165	2-C013865 – 2-C013866	8	600	FFD	0.00%	18.9	0.07	87.04	116.86	257.49	0.07	N	S	0.44
166	EM02 - Maia (Nascente)													
167	2-C006689 – 2-C006821	52	200	PVC	1.15%	35.9	1.26	3.79	5.09	15.15	1.21	S	S	0.45
168	2-C006821 – 2-C006778	57	200	PVC	0.39%	20.9	0.74	3.79	5.09	15.15	0.80	S	S	0.63
169	2-C006778 – 2-C006606	114	200	PVC	0.65%	27.1	0.95	3.79	5.09	15.15	0.98	S	S	0.53
170	2-C006606 – 2-C006725	57	200	PVC	1.17%	36.3	1.28	3.79	5.09	15.15	1.22	S	S	0.45
171	2-C006725 – 2-C006639	43	200	PVC	0.87%	31.2	1.10	3.79	5.09	15.15	1.09	S	S	0.49
172	2-C006639 – 2-C006817	36	200	PVC	1.76%	44.5	1.56	3.79	5.09	15.15	1.42	S	S	0.40
173	2-C006817 – 2-C006657	50	200	PVC	1.58%	42.1	1.48	3.79	5.09	15.15	1.36	S	S	0.41
174	2-C006657 – 2-C006701	31	200	PVC	3.68%	64.4	2.27	3.79	5.09	15.15	1.85	S	S	0.33
175	2-C006701 – 2-C007253	8	200	PVC	8.20%	96.1	3.38	3.79	5.09	15.15	2.47	S	S	0.27
176	2-C007253 – 2-C007264	19	200	PVC	4.44%	70.7	2.49	3.79	5.09	15.15	1.98	S	S	0.31
177	2-C007264 – 2-C006847	57	200	PVC	2.92%	57.4	2.02	3.79	5.09	15.15	1.70	S	S	0.35
178	2-C006847 – 2-C006529	40	200	PVC	5.35%	77.6	2.73	3.79	5.09	15.15	2.12	S	S	0.30
179	2-C006529 – 2-C006857	41	200	PVC	2.05%	48.0	1.69	5.17	6.94	19.67	1.61	S	S	0.45
180	2-C006857 – 2-C006759	14	200	PVC	1.41%	39.8	1.40	5.17	6.94	19.67	1.40	S	S	0.50
181	2-C006759 – 2-C006792	26	200	PVC	1.56%	42.0	1.48	5.17	6.94	19.67	1.45	S	S	0.48
182	2-C006792 – 2-C006787	48	200	PVC	1.17%	36.4	1.28	5.17	6.94	19.67	1.30	S	S	0.52
183	2-C006787 – 2-C006787A	51	200	PVC	2.55%	53.6	1.89	5.17	6.94	19.67	1.74	S	S	0.42
184	2-C006787A – 2-C007260	100	200	PVC	2.55%	53.6	1.89	5.17	6.94	19.67	1.74	S	S	0.42
185	2-C007260 – 2-C006696	53	200	PVC	0.95%	32.8	1.15	5.17	6.94	19.67	1.21	S	S	0.56
186	2-C006696 – 2-C006899	38	315	PVC	2.07%	162.2	2.30	5.17	6.94	19.67	1.56	S	S	0.24
187	2-C006899 – 2-C006898	6	315	PVC	2.81%	189.1	2.68	5.17	6.94	19.67	1.74	S	S	0.22
188	2-C006898 – 2-C007195	5	400	PVC	8.89%	635.5	5.59	5.17	6.94	19.67	2.53	S	S	0.12
189	2-C007195 – 2-C006995	38	400	PVC	0.74%	182.8	1.61	7.58	10.18	27.36	1.16	S	S	0.26
190	2-C006995 – 2-C007277	16	400	PVC	4.94%	473.8	4.17	7.58	10.18	27.36	2.27	S	S	0.16
191	2-C007277 – 2-C007276	27	400	PVC	0.67%	174.0	1.53	7.58	10.18	27.36	1.12	S	S	0.27
192	2-C007276 – 2-C007200	27	400	PVC	0.67%	174.0	1.53	7.58	10.18	27.36	1.12	S	S	0.27
193	2-C007200 – 2-C007203	39	400	PVC	1.55%	265.1	2.33	7.58	10.18	27.36	1.51	S	S	0.22
194	2-C007203 – 2-C007279	42	400	PVC	0.40%	135.3	1.19	7.58	10.18	27.36	0.93	S	S	0.31
195	2-C007279 – 2-C007205	36	400	PVC	4.05%	428.7	3.77	7.58	10.18	27.36	2.11	S	S	0.17
196	2-C007205 – 2-C007206	52	400	PVC	0.90%	202.6	1.78	10.06	13.51	35.10	1.34	S	S	0.28
197	2-C007206 – 2-C007207	55	400	PVC	0.90%	202.4	1.78	10.06	13.51	35.10	1.34	S	S	0.28
198	2-C007207 – 2-C006200	49	400	PVC	0.22%	100.6	0.88	10.06	13.51	35.10	0.81	S	S	0.41
199	2-C006200 – 2-C013994	26	400	PVC	0.73%	181.6	1.60	10.06	13.51	35.10	1.24	S	S	0.30
200	2-C013994 – 2-C013993	93	500	PVC	1.12%	408.3	2.30	10.06	13.51	35.10	1.41	S	S	0.20

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
166	EM02 - Maia (Nascente)													
201	2-C013993 – 2-C008454	54	500	PVC	1.12%	408.3	2.30	10.06	13.51	35.10	1.41	S	S	0.20
202	2-C008454 – 2-C008453	7	500	PVC	3.80%	752.4	4.24	18.72	25.13	61.27	2.55	S	S	0.19
203	2-C008453 – 2-C008451	44	500	PVC	1.11%	407.3	2.29	18.72	25.13	61.27	1.65	S	S	0.26
204	2-C008451 – 2-C008452	37	500	PVC	1.16%	415.6	2.34	18.72	25.13	61.27	1.68	S	S	0.26
205	2-C008452 – 2-C008455	32	500	PVC	0.85%	355.1	2.00	18.72	25.13	61.27	1.50	S	S	0.28
206	2-C008455 – 2-C013995	36	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	18.72	25.13	61.27	1.71	S	S	0.26
207	2-C013995 – 2-C013996	36	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	18.72	25.13	61.27	1.71	S	S	0.26
208	2-C013996 – 2-C013997	57	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	18.72	25.13	61.27	1.71	S	S	0.26
209	2-C013997 – 2-C013998	55	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	18.72	25.13	61.27	1.71	S	S	0.26
210	2-C013998 – 2-C008447	21	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	18.72	25.13	61.27	1.71	S	S	0.26
211	2-C008447 – 2-C008446	46	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	18.72	25.13	61.27	1.71	S	S	0.26
212	2-C008446 – 2-C008445	21	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	18.72	25.13	61.27	1.71	S	S	0.26
213	2-C008445 – 2-C008444	9	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	20.65	27.72	67.02	1.76	S	S	0.27
214	2-C008444 – 2-C008439	31	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	20.65	27.72	67.02	1.76	S	S	0.27
215	2-C008439 – 2-C008440	18	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	21.65	29.07	69.99	1.78	S	S	0.27
216	2-C008440 – 2-C008441	55	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	21.65	29.07	69.99	1.78	S	S	0.27
217	2-C008441 – 2-C008442	54	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	21.65	29.07	69.99	1.78	S	S	0.27
218	2-C008442 – 2-C014002	59	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	21.65	29.07	69.99	1.78	S	S	0.27
219	2-C014002 – 2-C008443	36	500	PVC	1.23%	427.7	2.41	21.65	29.07	69.99	1.78	S	S	0.27
220	2-C008443 – 2-C014001	38	500	PVC	0.96%	378.2	2.13	21.65	29.07	69.99	1.63	S	S	0.29
221	2-C014001 – 2-C014000	60	500	PVC	0.96%	378.2	2.13	21.65	29.07	69.99	1.63	S	S	0.29
222	2-C014000 – 2-C013999	63	500	PVC	0.96%	378.2	2.13	21.65	29.07	69.99	1.63	S	S	0.29
223	2-C013999 – 2-C008449	74	500	PVC	0.96%	378.2	2.13	21.65	29.07	69.99	1.63	S	S	0.29
224	2-C008449 – 2-C008450	45	500	PVC	0.63%	306.2	1.73	22.01	29.55	71.04	1.40	S	S	0.33
225	2-C008450 – Ligacao_EM02	37	500	PVC	0.90%	366.0	2.06	22.01	29.55	71.04	1.60	S	S	0.30
226	EM03 - Chiolo													
227	2-C014485 – 2-C004264	443	315	PVC	1.10%	118.3	1.68	0.50	0.67	3.15	0.72	S	S	0.11
228	2-C004264 – 2-C004265	2	315	PVC	7.30%	304.7	4.32	0.50	0.67	3.15	1.40	S	S	0.07
229	2-C004265 – 2-C004266	77	315	PVC	0.00%	3.6	0.05	0.50	0.67	3.15	0.06	N	S	0.73
230	2-C004266 – 2-C004006	27	315	PVC	0.34%	65.4	0.93	0.50	0.67	3.15	0.48	SC	S	0.15
231	2-C004006 – 2-C004267	29	315	PVC	1.71%	147.3	2.09	0.50	0.67	3.15	0.84	S	S	0.10
232	2-C004267 – 2-C004268	47	315	PVC	0.02%	16.4	0.23	0.50	0.67	3.15	0.18	N	S	0.30
233	2-C004268 – 2-C004269	22	315	PVC	0.63%	89.1	1.26	0.50	0.67	3.15	0.59	SC	S	0.13
234	2-C004269 – 2-C014484	235	315	PVC	1.25%	126.0	1.79	0.50	0.67	3.15	0.76	S	S	0.11
235	2-C014484 – 2-C004220	111	315	PVC	0.40%	70.9	1.01	0.60	0.80	3.58	0.53	SC	S	0.15
236	2-C004220 – 2-C004221	16	315	PVC	0.49%	79.2	1.12	0.60	0.80	3.58	0.57	SC	S	0.14
237	2-C004221 – 2-C004195	19	315	PVC	1.32%	129.4	1.83	0.60	0.80	3.58	0.80	S	S	0.11
238	2-C004195 – 2-C004198	44	315	PVC	0.88%	105.8	1.50	0.60	0.80	3.58	0.70	S	S	0.13
239	2-C004198 – 2-C004201	93	315	PVC	0.85%	103.9	1.47	0.60	0.80	3.58	0.69	S	S	0.13
240	2-C004201 – 2-C004204	57	315	PVC	0.85%	103.9	1.47	0.60	0.80	3.58	0.69	S	S	0.13
241	2-C004204 – 2-C004206	7	315	PVC	0.41%	72.4	1.03	0.60	0.80	3.58	0.53	SC	S	0.15
242	2-C004206 – 2-C004208	43	315	PVC	0.00%	3.6	0.05	0.60	0.80	3.58	0.06	N	S	0.82
243	2-C004208 – 2-C004211	31	315	PVC	0.35%	66.7	0.95	0.60	0.80	3.58	0.50	SC	S	0.16
244	2-C004211 – 2-C004212	43	315	PVC	1.04%	115.1	1.63	1.49	2.00	7.11	0.91	S	S	0.17
245	2-C004212 – 2-C004213	40	315	PVC	0.00%	3.6	0.05	1.49	2.00	7.11	0.05	N	S	0.18
246	2-C004213 – 2-C014241	53	400	PVC	0.53%	154.6	1.36	1.49	2.00	7.11	0.69	S	S	0.15
247	2-C014241 – 2-C014242	53	400	PVC	0.53%	154.6	1.36	1.49	2.00	7.11	0.69	S	S	0.15
248	2-C014242 – 2-C014243	28	400	PVC	0.53%	154.6	1.36	1.49	2.00	7.11	0.69	S	S	0.15
249	2-C014243 – 2-C014244	40	400	PVC	0.53%	154.6	1.36	1.49	2.00	7.11	0.69	S	S	0.15
250	2-C014244 – 2-C004126	44	400	PVC	0.53%	154.6	1.36	1.49	2.00	7.11	0.69	S	S	0.15

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
226	EM03 - Chiolo													
251	2-C004126 – 2-C004125	31	400	PVC	0.13%	76.7	0.67	1.49	2.00	7.11	0.42	SC	S	0.21
252	2-C004125 – 2-C004123	30	400	PVC	0.77%	187.3	1.65	1.49	2.00	7.11	0.79	S	S	0.13
253	2-C004123 – 2-C004122	56	400	PVC	0.77%	187.3	1.65	2.33	3.13	10.16	0.88	S	S	0.16
254	2-C004122 – 2-C004319	51	400	PVC	0.70%	178.5	1.57	2.33	3.13	10.16	0.85	S	S	0.16
255	2-C004319 – 2-C004095	30	400	PVC	0.70%	178.5	1.57	2.33	3.13	10.16	0.85	S	S	0.16
256	2-C004095 – 2-C004094	44	400	PVC	1.15%	228.3	2.01	2.33	3.13	10.16	1.01	S	S	0.14
257	2-C004094 – 2-C004093	42	400	PVC	0.37%	129.9	1.14	2.33	3.13	10.16	0.68	S	S	0.19
258	2-C004093 – 2-C004108	55	400	PVC	0.37%	129.9	1.14	2.33	3.13	10.16	0.68	S	S	0.19
259	2-C004108 – 2-C004118	41	400	PVC	0.00%	6.7	0.06	2.33	3.13	10.16	0.06	N	S	0.50
260	2-C004118 – 2-C004119	36	400	PVC	0.26%	109.7	0.96	2.33	3.13	10.16	0.60	S	S	0.21
261	2-C004119 – 2-C004120	11	400	PVC	0.26%	109.7	0.96	2.33	3.13	10.16	0.60	S	S	0.21
262	2-C004120 – 2-C004121	55	400	PVC	0.26%	109.7	0.96	2.33	3.13	10.16	0.60	S	S	0.21
263	2-C004121 – 2-C006260	51	400	PVC	0.97%	210.2	1.85	2.33	3.13	10.16	0.95	S	S	0.15
264	2-C006260 – 2-C006271	4	400	PVC	0.97%	210.2	1.85	2.33	3.13	10.16	0.95	S	S	0.15
265	2-C006271 – 2-C006380	38	400	PVC	0.87%	199.0	1.75	2.33	3.13	10.16	0.92	S	S	0.15
266	2-C006380 – 2-C006344	84	400	PVC	4.14%	433.8	3.82	2.33	3.13	10.16	1.59	S	S	0.11
267	2-C006344 – 2-C006418	54	400	PVC	3.39%	392.3	3.45	2.33	3.13	10.16	1.48	S	S	0.11
268	2-C006418 – 2-C006185	20	400	PVC	1.39%	251.5	2.21	2.33	3.13	10.16	1.08	S	S	0.14
269	2-C006185 – 2-C006186	16	400	PVC	2.25%	319.4	2.81	2.57	3.45	10.99	1.31	S	S	0.13
270	2-C006186 – 2-C006183	7	400	PVC	0.72%	181.4	1.60	2.57	3.45	10.99	0.88	S	S	0.17
271	2-C006183 – 2-C006169	34	400	PVC	0.82%	192.9	1.70	2.57	3.45	10.99	0.92	S	S	0.16
272	2-C006169 – 2-C006172	46	400	PVC	0.02%	31.3	0.28	2.57	3.45	10.99	0.25	N	S	0.41
273	2-C006172 – 2-C006180	60	400	PVC	1.08%	221.0	1.94	2.57	3.45	10.99	1.01	S	S	0.15
274	2-C006180 – 2-C006178	13	400	PVC	0.83%	194.7	1.71	2.57	3.45	10.99	0.93	S	S	0.16
275	2-C006178 – 2-C011505	98	400	PVC	0.83%	194.7	1.71	2.97	3.98	12.35	0.96	S	S	0.17
276	2-C011505 – 2-C011506	12	400	PVC	2.33%	325.5	2.86	6.34	8.51	23.44	1.66	S	S	0.18
277	2-C011506 – 2-C014201	46	400	PVC	0.91%	203.3	1.79	6.34	8.51	23.44	1.19	S	S	0.23
278	2-C014201 – 2-C014202	57	400	PVC	0.91%	203.3	1.79	6.34	8.51	23.44	1.19	S	S	0.23
279	2-C014202 – 2-C014203	42	400	PVC	0.91%	203.3	1.79	6.34	8.51	23.44	1.19	S	S	0.23
280	2-C014203 – 2-C014204	20	400	PVC	0.91%	203.3	1.79	6.34	8.51	23.44	1.19	S	S	0.23
281	2-C014204 – 2-C006166	43	400	PVC	0.91%	203.3	1.79	6.34	8.51	23.44	1.19	S	S	0.23
282	2-C006166 – 2-C014205	30	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
283	2-C014205 – 2-C014206	45	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
284	2-C014206 – 2-C014207	54	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
285	2-C014207 – 2-C014208	59	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
286	2-C014208 – 2-C014209	58	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
287	2-C014209 – 2-C014210	31	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
288	2-C014210 – 2-C014211	56	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
289	2-C014211 – 2-C014212	43	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.45	8.66	23.79	1.27	S	S	0.22
290	2-C014212 – 2-C014213	55	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.53	8.77	24.05	1.27	S	S	0.22
291	2-C014213 – 2-C014214	54	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.53	8.77	24.05	1.27	S	S	0.22
292	2-C014214 – 2-C014215	59	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.53	8.77	24.05	1.27	S	S	0.22
293	2-C014215 – 2-C014216	59	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.53	8.77	24.05	1.27	S	S	0.22
294	2-C014216 – 2-C014217	45	400	PVC	1.08%	221.1	1.95	6.53	8.77	24.05	1.27	S	S	0.22
295	2-C014217 – 2-C014218	54	400	PVC	0.89%	201.3	1.77	6.53	8.77	24.05	1.19	S	S	0.23
296	2-C014218 – 2-C006191	69	500	PPC	1.08%	330.5	2.15	6.53	8.77	24.05	1.25	S	S	0.18

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
297	EM04 - Silva Escura													
298	2-C003410 – 2-C014096	19	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
299	2-C014096 – 2-C014097	60	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
300	2-C014097 – 2-C014098	49	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
301	2-C014098 – 2-C014099	29	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
302	2-C014099 – 2-C014100	22	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
303	2-C014100 – 2-C014101	36	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
304	2-C014101 – 2-C014095	31	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
305	2-C014095 – 2-C003492	18	200	PVC	11.42%	113.4	3.99	0.63	0.84	3.70	1.83	S	S	0.12
306	2-C003492 – 2-C003493	50	200	PVC	0.10%	10.6	0.37	0.63	0.84	3.70	0.34	N	S	0.41
307	2-C003493 – 2-C003494	54	200	PVC	0.11%	11.1	0.39	0.63	0.84	3.70	0.35	N	S	0.40
308	2-C003494 – 2-C003497	33	200	PVC	1.37%	39.2	1.38	0.63	0.84	3.70	0.87	S	S	0.21
309	2-C003497 – 2-C003498	28	200	PVC	0.69%	27.9	0.98	0.63	0.84	3.70	0.68	S	S	0.25
310	2-C003498 – 2-C003501	44	200	PVC	0.69%	27.9	0.98	0.63	0.84	3.70	0.68	S	S	0.25
311	2-C003501 – 2-C003502	11	200	PVC	4.46%	70.9	2.50	0.63	0.84	3.70	1.32	S	S	0.16
312	2-C003502 – 2-C003746	42	200	PVC	0.63%	26.6	0.94	0.63	0.84	3.70	0.66	S	S	0.25
313	2-C003746 – 2-C003747	42	200	PVC	0.63%	26.6	0.94	0.63	0.84	3.70	0.66	S	S	0.25
314	2-C003747 – 2-C003503	23	200	PVC	0.63%	26.6	0.94	0.63	0.84	3.70	0.66	S	S	0.25
315	2-C003503 – 2-C003511	10	200	PVC	0.20%	14.9	0.52	0.63	0.84	3.70	0.43	N	S	0.34
316	2-C003511 – 2-C003510	27	200	PVC	0.00%	1.1	0.04	0.63	0.84	3.70	0.04	N	S	0.51
317	2-C003510 – 2-C003509	36	200	PVC	0.62%	26.3	0.93	0.63	0.84	3.70	0.65	S	S	0.25
318	2-C003509 – 2-C003515	7	200	PVC	1.82%	45.3	1.59	0.81	1.09	4.48	1.02	S	S	0.21
319	2-C003515 – 2-C003516	29	200	PVC	0.98%	33.2	1.17	0.81	1.09	4.48	0.82	S	S	0.25
320	2-C003516 – 2-C003517	41	200	PVC	0.02%	5.3	0.19	0.81	1.09	4.48	0.21	N	S	0.71
321	2-C003517 – 2-C003518	16	200	PVC	2.17%	49.5	1.74	0.81	1.09	4.48	1.08	S	S	0.20
322	2-C003518 – 2-C003519	22	200	PVC	0.09%	10.2	0.36	0.81	1.09	4.48	0.35	N	S	0.46
323	2-C003519 – 2-C003520	58	200	PVC	1.16%	36.1	1.27	0.81	1.09	4.48	0.87	S	S	0.24
324	2-C003520 – 2-C003521	8	200	PVC	27.37%	175.6	6.18	0.81	1.09	4.48	2.63	S	S	0.11
325	2-C003521 – 2-C003522	34	200	PVC	1.64%	43.0	1.51	0.81	1.09	4.48	0.98	S	S	0.22
326	2-C003522 – 2-C003523	51	200	PVC	1.64%	43.0	1.51	0.81	1.09	4.48	0.98	S	S	0.22
327	2-C003523 – 2-C003524	36	200	PVC	2.28%	50.7	1.78	0.81	1.09	4.48	1.10	S	S	0.20
328	2-C003524 – 2-C003525	45	200	PVC	2.51%	53.2	1.87	0.81	1.09	4.48	1.14	S	S	0.20
329	2-C003525 – 2-C003526	31	200	PVC	2.51%	53.2	1.87	0.81	1.09	4.48	1.14	S	S	0.20
330	2-C003526 – 2-C003527	58	200	PVC	0.99%	33.5	1.18	0.81	1.09	4.48	0.82	S	S	0.25
331	2-C003527 – 2-C003306	9	200	PVC	0.99%	33.5	1.18	0.81	1.09	4.48	0.82	S	S	0.25
332	2-C003306 – 2-C003305	14	200	PVC	6.66%	86.6	3.05	1.76	2.37	8.11	1.91	S	S	0.21
333	2-C003305 – 2-C003304	10	200	PVC	5.18%	76.4	2.69	1.76	2.37	8.11	1.75	S	S	0.22
334	2-C003304 – 2-C003303	59	200	PVC	1.25%	37.5	1.32	1.76	2.37	8.11	1.05	S	S	0.32
335	2-C003303 – 2-C003302	40	200	PVC	1.29%	38.2	1.34	1.76	2.37	8.11	1.07	S	S	0.31
336	2-C003302 – 2-C003301	30	200	PVC	1.69%	43.6	1.53	1.76	2.37	8.11	1.17	S	S	0.29
337	2-C003301 – 2-C003300	42	200	PVC	1.02%	33.9	1.19	1.76	2.37	8.11	0.98	S	S	0.33
338	2-C003300 – 2-C003299	50	200	PVC	1.02%	33.9	1.19	1.76	2.37	8.11	0.98	S	S	0.33
339	2-C003299 – 2-C003298	18	200	PVC	0.54%	24.7	0.87	1.76	2.37	8.11	0.78	S	S	0.39
340	2-C003298 – 2-C003297	59	200	PVC	0.54%	24.7	0.87	1.76	2.37	8.11	0.78	S	S	0.39
341	2-C003297 – 2-C003296	36	200	PVC	0.51%	24.0	0.84	1.76	2.37	8.11	0.76	S	S	0.40
342	2-C003296 – 2-C003295	28	200	PVC	0.51%	24.0	0.84	1.76	2.37	8.11	0.76	S	S	0.40
343	2-C003295 – 2-C003294	32	200	PVC	0.51%	24.0	0.84	1.76	2.37	8.11	0.76	S	S	0.40
344	2-C003294 – 2-C003293	22	200	PVC	0.32%	18.9	0.67	1.76	2.37	8.11	0.64	S	S	0.46
345	2-C003293 – 2-C014093	14	200	PVC	0.32%	18.9	0.67	1.76	2.37	8.11	0.64	S	S	0.46
346	2-C014093 – 2-C014094	30	200	PVC	0.32%	18.9	0.67	1.76	2.37	8.11	0.64	S	S	0.46
347	2-C014094 – 2-C003292	47	200	PVC	0.32%	18.9	0.67	1.76	2.37	8.11	0.64	S	S	0.46

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{max} (m/s)	h/D (-)
297	EM04 - Silva Escura													
348	2-C003292 – 2-C003291	24	200	PVC	0.00%	1.1	0.04	1.76	2.37	8.11	0.04	N	S	0.41
349	2-C003291 – 2-C003290	11	200	PVC	0.00%	1.1	0.04	1.76	2.37	8.11	0.04	N	S	0.41
350	2-C003290 – 2-C003289	15	200	PVC	2.06%	48.2	1.70	1.76	2.37	8.11	1.26	S	S	0.28
351	2-C003289 – 2-C003288	23	200	PVC	0.43%	22.0	0.77	1.76	2.37	8.11	0.71	S	S	0.42
352	2-C003288 – 2-C014102	26	200	PVC	0.43%	22.0	0.77	1.76	2.37	8.11	0.71	S	S	0.42
353	2-C014102 – 2-C014103	23	200	PVC	0.43%	22.0	0.77	1.76	2.37	8.11	0.71	S	S	0.42
354	2-C014103 – 2-C003287	26	200	PVC	0.43%	22.0	0.77	1.76	2.37	8.11	0.71	S	S	0.42
355	2-C003287 – 2-C003286	27	200	PVC	0.43%	22.0	0.77	1.76	2.37	8.11	0.71	S	S	0.42
356	2-C003286 – 2-C003575	34	200	PVC	0.77%	29.5	1.04	1.76	2.37	8.11	0.89	S	S	0.36
357	2-C003575 – 2-C003574	35	200	PVC	1.05%	34.3	1.21	1.76	2.37	8.11	0.99	S	S	0.33
358	2-C003574 – 2-C003576	59	200	PVC	2.37%	51.7	1.82	1.76	2.37	8.11	1.33	S	S	0.27
359	2-C003576 – 2-C003577	50	200	PVC	1.49%	40.9	1.44	1.76	2.37	8.11	1.12	S	S	0.30
360	2-C003577 – 2-C003733	58	200	PVC	1.12%	35.5	1.25	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.32
361	2-C003733 – 2-C003734	47	200	PVC	1.12%	35.5	1.25	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.32
362	2-C003734 – 2-C003735	42	200	PVC	1.12%	35.5	1.25	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.32
363	2-C003735 – 2-C003736	42	200	PVC	1.12%	35.5	1.25	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.32
364	2-C003736 – 2-C003737	5	200	PVC	1.12%	35.5	1.25	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.32
365	2-C003737 – 2-C003738	30	200	PVC	1.12%	35.5	1.25	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.32
366	2-C003738 – 2-C003739	5	200	PVC	1.12%	35.5	1.25	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.32
367	2-C003739 – 2-C003740	55	200	PVC	1.52%	41.3	1.45	1.76	2.37	8.11	1.13	S	S	0.30
368	2-C003740 – 2-C003741	10	200	PVC	1.10%	35.2	1.24	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.33
369	2-C003741 – 2-C003742	37	200	PVC	1.10%	35.2	1.24	1.76	2.37	8.11	1.01	S	S	0.33
370	2-C003742 – 2-C003743	38	200	PVC	1.10%	35.2	1.24	2.22	2.98	9.77	1.06	S	S	0.36
371	2-C003743 – 2-C003744	35	200	PVC	1.10%	35.2	1.24	2.22	2.98	9.77	1.06	S	S	0.36
372	2-C003744 – 2-C003745	11	200	PVC	1.10%	35.2	1.24	2.22	2.98	9.77	1.06	S	S	0.36
373	2-C003745 – 2-C006196	15	200	PVC	1.10%	35.2	1.24	2.22	2.98	9.77	1.06	S	S	0.36
374	2-C006196 – 2-C006197	22	200	PVC	0.27%	17.4	0.61	2.22	2.98	9.77	0.63	S	S	0.54
375	2-C006197 – 2-C006199	214	200	PVC	0.36%	20.0	0.70	2.22	2.98	9.77	0.70	S	S	0.49
376	2-C006199 – Ligacao_EM04	43	200	PVC	0.30%	18.5	0.65	2.22	2.98	9.77	0.66	S	S	0.52
377	EM05 - Boi Morto													
378	2-C013406 – 2-C013397	74	400	PVC	0.70%	178.6	1.57	6.56	8.81	24.15	1.10	S	S	0.25
379	2-C013397 – 2-C013354	36	400	PVC	2.97%	367.0	3.23	7.01	9.41	25.57	1.86	S	S	0.18
380	2-C013354 – 2-C013398	31	400	PVC	0.52%	153.5	1.35	7.01	9.41	25.57	1.00	S	S	0.28
381	2-C013398 – 2-C013407	59	400	PVC	2.25%	319.4	2.81	7.01	9.41	25.57	1.68	S	S	0.19
382	2-C013407 – 2-C013396	78	400	PVC	2.25%	319.4	2.81	7.49	10.05	27.07	1.71	S	S	0.20
383	2-C013396 – 2-C013399	35	400	PVC	10.42%	688.0	6.05	7.49	10.05	27.07	2.94	S	S	0.14
384	2-C013399 – 2-C013403	90	400	PVC	1.55%	265.2	2.33	7.49	10.05	27.07	1.50	S	S	0.22
385	2-C013403 – 2-C013928	11	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	7.49	10.05	27.07	1.73	S	S	0.20
386	2-C013928 – 2-C013929	15	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	7.49	10.05	27.07	1.73	S	S	0.20
387	2-C013929 – 2-C013408	48	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	7.49	10.05	27.07	1.73	S	S	0.20
388	2-C013408 – 2-C013930	34	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
389	2-C013930 – 2-C013931	54	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
390	2-C013931 – 2-C014486	52	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
391	2-C014486 – 2-C013409	27	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
392	2-C013409 – 2-C013933	51	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
393	2-C013933 – 2-C013934	46	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
394	2-C013934 – 2-C013935	37	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
395	2-C013935 – 2-C013402	36	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
396	2-C013402 – 2-C013401	13	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21
397	2-C013401 – 2-C013952	26	400	PVC	2.33%	325.3	2.86	8.47	11.37	30.15	1.79	S	S	0.21

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
377	EM05 - Boi Morto													
398	2-C013952 – 2-C013936	39	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
399	2-C013936 – 2-C013937	16	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
400	2-C013937 – 2-C013938	19	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
401	2-C013938 – 2-C013939	15	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
402	2-C013939 – 2-C013940	6	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
403	2-C013940 – 2-C013941	7	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
404	2-C013941 – 2-C013942	7	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
405	2-C013942 – 2-C013943	13	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
406	2-C013943 – 2-C013944	25	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
407	2-C013944 – 2-C013946	35	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
408	2-C013946 – 2-C013945	49	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
409	2-C013945 – 2-C013947	48	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
410	2-C013947 – 2-C013948	57	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
411	2-C013948 – 2-C013949	59	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
412	2-C013949 – 2-C013950	25	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
413	2-C013950 – 2-C013951	55	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
414	2-C013951 – 2-C014546	55	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
415	2-C014546 – 2-C013987	58	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
416	2-C013987 – 2-C014548	55	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
417	2-C014548 – 2-C013989	46	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
418	2-C013989 – 2-C009117	50	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
419	2-C009117 – 2-C009116	23	400	PVC	4.93%	473.2	4.16	8.47	11.37	30.15	2.33	S	S	0.17
420	2-C009116 – 2-C009115	21	400	PVC	0.00%	6.7	0.06	8.47	11.37	30.15	0.06	N	S	0.48
421	2-C009115 – 2-C009119	49	400	PVC	1.41%	253.2	2.23	8.61	11.56	30.59	1.51	S	S	0.23
422	2-C009119 – 2-C009120	12	400	PVC	1.27%	240.0	2.11	8.61	11.56	30.59	1.45	S	S	0.24
423	2-C009120 – 2-C009121	37	400	PVC	0.00%	6.7	0.06	8.74	11.74	31.01	0.06	N	S	0.56
424	2-C009121 – 2-C009122	37	400	PVC	0.05%	49.4	0.44	8.74	11.74	31.01	0.46	N	S	0.57
425	2-C009122 – 2-C009123	61	400	PVC	2.63%	345.6	3.04	8.74	11.74	31.01	1.88	S	S	0.20
426	2-C009123 – 2-C009124	2	400	PVC	1.20%	233.5	2.05	10.03	13.47	35.01	1.48	S	S	0.26
427	2-C009124 – 2-C009125	7	400	PVC	0.29%	114.1	1.00	10.03	13.47	35.01	0.88	S	S	0.38
428	2-C009125 – 2-C013872	220	400	GR	0.29%	108.7	0.86	10.03	13.47	35.01	0.77	S	S	0.39
429	2-C013872 – 2-C013871	51	400	GR	0.04%	40.2	0.32	10.03	13.47	35.01	0.36	N	S	0.72
430	2-C013871 – 2-C013870	48	400	GR	0.18%	87.3	0.69	10.03	13.47	35.01	0.66	S	S	0.44
431	2-C013870 – 2-C013869	50	400	GR	0.18%	87.3	0.69	10.03	13.47	35.01	0.66	S	S	0.44
432	2-C013869 – 2-C013868	22	400	GR	0.46%	137.7	1.10	10.03	13.47	35.01	0.92	S	S	0.34
433	2-C013868 – 2-C013867	29	400	GR	0.95%	197.9	1.57	10.03	13.47	35.01	1.19	S	S	0.28
434	2-C013867 – 2-C013880	37	400	GR	0.00%	6.4	0.05	10.03	13.47	35.01	0.05	N	S	0.53
435	2-C013880 – 2-C013866	25	600	FFD	0.04%	120.1	0.42	10.03	13.47	35.01	0.37	N	S	0.37
436	EM07 - Leandro													
437	2-C005076 – 2-C005085	34	200	PVC	0.56%	25.2	0.89	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
438	2-C005085 – 2-C005084	28	200	PVC	0.36%	20.2	0.71	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
439	2-C005084 – 2-C005083	61	200	PVC	0.73%	28.6	1.01	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
440	2-C005083 – 2-C005081	61	200	PVC	0.76%	29.2	1.03	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
441	2-C005081 – 2-C005077	61	200	PVC	0.62%	26.5	0.93	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
442	2-C005077 – 2-C005078	34	200	PVC	1.04%	34.3	1.21	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
443	2-C005078 – 2-C005080	30	200	PVC	1.28%	38.0	1.34	1.95	2.62	8.79	1.09	S	S	0.33
444	2-C005080 – 2-C005079	60	200	PVC	1.08%	34.9	1.23	1.95	2.62	8.79	1.02	S	S	0.34
445	2-C005079 – 2-C014035	36	200	PVC	0.68%	27.6	0.97	1.95	2.62	8.79	0.86	S	S	0.39
446	2-C014035 – 2-C014036	50	315	PVC	1.00%	112.5	1.60	1.95	2.62	8.79	0.95	S	S	0.19
447	2-C014036 – 2-C014037	63	315	PVC	1.00%	112.5	1.60	1.95	2.62	8.79	0.95	S	S	0.19
448	2-C014037 – 2-C014038	53	315	PVC	1.00%	112.5	1.60	1.95	2.62	8.79	0.95	S	S	0.19

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	V _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v	V _{min} (m/s)	V _{máx}	h/D (-)
EM07 - Leandro													
2-C014038 – 2-C014039	38	315	PVC	1.00%	112.5	1.60	1.95	2.62	8.79	0.95	S	S	0.19
2-C014039 – 2-C014040	37	315	PVC	0.00%	3.6	0.05	1.95	2.62	8.79	0.05	N	S	0.48
2-C014040 – 2-C014041	26	315	PVC	3.93%	223.6	3.17	8.56	11.50	30.45	2.22	S	S	0.25
2-C014041 – 2-C014042	95	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014042 – 2-C014043	59	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014043 – 2-C014044	50	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014044 – 2-C014045	61	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014045 – 2-C014046	64	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014046 – 2-C014047	28	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014047 – 2-C014048	30	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014048 – 2-C014049	50	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014049 – 2-C014050	52	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014050 – 2-C014051	55	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014051 – 2-C014052	42	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C014052 – 2-C005086	15	315	PVC	0.20%	50.4	0.71	8.56	11.50	30.45	0.75	S	S	0.56
2-C005086 – 2-C005087	6	315	PVC	2.12%	164.1	2.33	8.80	11.81	31.17	1.79	S	S	0.30
2-C005087 – 2-C005088	9	315	PVC	2.12%	164.1	2.33	8.80	11.81	31.17	1.79	S	S	0.30
2-C005088 – 2-C014053	31	315	PVC	0.28%	60.0	0.85	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.51
2-C014053 – 2-C014054	60	315	PEAD	0.28%	49.0	0.81	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.58
2-C014054 – 2-C014055	59	315	PEAD	0.28%	49.0	0.81	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.58
2-C014055 – 2-C014056	41	315	PEAD	0.28%	49.0	0.81	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.58
2-C014056 – 2-C014159	61	315	PEAD	0.14%	35.0	0.58	8.80	11.81	31.17	0.65	S	S	0.74
2-C014159 – 2-C014160	39	400	PEAD	0.28%	92.7	0.95	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.40
2-C014160 – 2-C014161	26	400	PEAD	0.28%	92.7	0.95	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.40
2-C014161 – 2-C014162	58	400	PEAD	0.28%	92.7	0.95	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.40
2-C014162 – 2-C014163	64	400	PEAD	0.28%	92.7	0.95	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.40
2-C014163 – 2-C014164	69	400	PEAD	0.28%	92.7	0.95	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.40
2-C014164 – 2-C014165	60	400	PEAD	0.28%	92.7	0.95	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.40
2-C014165 – 2-C005092	67	400	PEAD	0.28%	92.7	0.95	8.80	11.81	31.17	0.86	S	S	0.40
2-C005092 – 2-C005091	34	400	PEAD	0.41%	111.9	1.15	8.80	11.81	31.17	0.98	S	S	0.36
2-C005091 – 2-C005090	13	400	PEAD	0.00%	5.5	0.06	8.80	11.81	31.17	0.06	N	S	0.40
2-C005090 – 2-C005089	12	400	PEAD	1.05%	178.7	1.83	8.80	11.81	31.17	1.37	S	S	0.28
2-C005089 – 2-C003195	9	400	PEAD	0.04%	34.9	0.36	8.80	11.81	31.17	0.40	N	S	0.74
2-C003195 – 2-C005072	1	400	PEAD	0.04%	34.9	0.36	8.80	11.81	31.17	0.40	N	S	0.74
2-C005072 – 2-C014166	59	400	PEAD	0.04%	34.9	0.36	10.77	14.45	37.27	0.40	N	S	0.90
2-C014166 – 2-C014167	66	450	PEAD	0.04%	47.8	0.39	10.77	14.45	37.27	0.43	N	S	0.66
2-C014167 – 2-C014168	60	450	PEAD	0.04%	47.8	0.39	10.77	14.45	37.27	0.43	N	S	0.66
2-C014168 – 2-C005093	28	450	PEAD	0.04%	47.8	0.39	10.77	14.45	37.27	0.43	N	S	0.66
2-C005093 – 2-C014169	51	450	PEAD	0.25%	119.3	0.97	12.44	16.70	42.38	0.88	S	S	0.41
2-C014169 – 2-C014170	50	450	PEAD	0.25%	119.3	0.97	12.44	16.70	42.38	0.88	S	S	0.41
2-C014170 – 2-C014171	50	450	PEAD	0.25%	119.3	0.97	12.44	16.70	42.38	0.88	S	S	0.41
2-C014171 – 2-C014172	51	450	PEAD	0.25%	119.3	0.97	12.44	16.70	42.38	0.88	S	S	0.41
2-C014172 – 2-C005094	41	450	PEAD	0.25%	119.3	0.97	12.44	16.70	42.38	0.88	S	S	0.41
2-C005094 – 2-C014173	60	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014173 – 2-C014174	61	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014174 – 2-C014175	49	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014175 – 2-C014176	38	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014176 – 2-C014184	19	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014184 – 2-C014183	37	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014183 – 2-C014182	49	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014182 – 2-C014181	36	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
2-C014181 – 2-C014180	30	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
436	EM07 - Leandro													
501	2-C014180 – 2-C014179	33	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
502	2-C014179 – 2-C014178	33	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
503	2-C014178 – 2-C014177	55	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
504	2-C014177 – 2-C005098	48	450	PEAD	0.77%	208.7	1.69	12.44	16.70	42.38	1.32	S	S	0.31
505	2-C005098 – 2-C005097	5	450	PEAD	0.00%	7.5	0.06	12.44	16.70	42.38	0.06	N	S	0.43
506	2-C005097 – 2-C005095	13	450	PEAD	0.00%	7.5	0.06	12.44	16.70	42.38	0.06	N	S	0.43
507	2-C005095 – 2-C005096	47	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
508	2-C005096 – 2-C014186	36	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
509	2-C014186 – 2-C014187	16	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
510	2-C014187 – 2-C014188	50	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
511	2-C014188 – 2-C014185	33	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
512	2-C014185 – 2-C014156	27	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
513	2-C014156 – 2-C014155	17	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
514	2-C014155 – 2-C014154	29	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
515	2-C014154 – 2-C014153	33	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
516	2-C014153 – 2-C014152	10	450	FF	0.42%	179.6	1.13	12.44	16.70	42.38	0.92	S	S	0.33
517	2-C014152 – 2-C014151	33	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
518	2-C014151 – 2-C014150	27	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
519	2-C014150 – 2-C014149	60	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
520	2-C014149 – 2-C014148	55	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
521	2-C014148 – 2-C011899	80	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
522	2-C011899 – 2-C011900	5	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	12.44	16.70	42.38	1.06	S	S	0.36
523	2-C011900 – 2-C014147	32	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
524	2-C014147 – 2-C014146	39	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
525	2-C014146 – 2-C014145	58	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
526	2-C014145 – 2-C014144	41	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
527	2-C014144 – 2-C014143	54	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
528	2-C014143 – 2-C014142	35	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
529	2-C014142 – 2-C014141	59	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
530	2-C014141 – 2-C005099	72	450	PEAD	0.42%	153.9	1.25	14.06	18.87	47.30	1.10	S	S	0.38
531	2-C005099 – 2-C014157	9	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
532	2-C014157 – 2-C014140	32	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
533	2-C014140 – 2-C014139	47	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
534	2-C014139 – 2-C014158	55	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
535	2-C014158 – 2-C003748	8	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
536	2-C003748 – 2-C014138	82	450	FF	0.74%	238.6	1.50	14.06	18.87	47.30	1.17	S	S	0.30
537	2-C014138 – 2-C014137	23	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
538	2-C014137 – 2-C014136	42	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
539	2-C014136 – 2-C014135	27	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
540	2-C014135 – 2-C005100	41	450	PEAD	0.74%	204.4	1.65	14.06	18.87	47.30	1.35	S	S	0.33
541	2-C005100 – 2-C014134	12	450	PEAD	0.60%	183.8	1.49	14.06	18.87	47.30	1.25	S	S	0.35
542	2-C014134 – 2-C014133	38	450	PEAD	0.60%	183.8	1.49	14.06	18.87	47.30	1.25	S	S	0.35
543	2-C014133 – 2-C014132	60	450	PEAD	0.60%	183.8	1.49	14.06	18.87	47.30	1.25	S	S	0.35
544	2-C014132 – 2-C014131	60	450	PEAD	0.60%	183.8	1.49	14.06	18.87	47.30	1.25	S	S	0.35
545	2-C014131 – 2-C014130	61	450	PEAD	0.60%	183.8	1.49	14.06	18.87	47.30	1.25	S	S	0.35
546	2-C014130 – 2-C005101	61	450	PEAD	2.89%	404.7	3.28	14.06	18.87	47.30	2.19	S	S	0.23
547	2-C005101 – 2-C014129	30	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
548	2-C014129 – 2-C014128	22	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
549	2-C014128 – 2-C014127	60	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
550	2-C014127 – 2-C014126	60	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
436	EM07 - Leandro													
551	2-C014126 – 2-C014125	67	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
552	2-C014125 – 2-C014124	40	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
553	2-C014124 – 2-C014123	51	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
554	2-C014123 – 2-C014122	15	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
555	2-C014122 – 2-C014121	37	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
556	2-C014121 – 2-C014120	40	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
557	2-C014120 – 2-C014119	32	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
558	2-C014119 – 2-C014118	49	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
559	2-C014118 – 2-C014117	23	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
560	2-C014117 – 2-C014104	24	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
561	2-C014104 – 2-C005122	21	450	PEAD	0.35%	140.9	1.14	15.13	20.31	50.53	1.05	S	S	0.41
562	2-C005122 – 2-C005522	35	450	PEAD	0.65%	191.8	1.55	15.13	20.31	50.53	1.31	S	S	0.35
563	2-C005522 – 2-C005524	60	450	PEAD	0.65%	191.8	1.55	15.13	20.31	50.53	1.31	S	S	0.35
564	2-C005524 – 2-C005523	31	450	PEAD	0.65%	191.8	1.55	15.13	20.31	50.53	1.31	S	S	0.35
565	2-C005523 – 2-C014106	40	450	PEAD	0.48%	165.8	1.34	15.13	20.31	50.53	1.18	S	S	0.38
566	2-C014106 – 2-C014107	36	450	PEAD	0.48%	165.8	1.34	15.13	20.31	50.53	1.18	S	S	0.38
567	2-C014107 – 2-C014116	38	450	PEAD	0.48%	165.8	1.34	15.13	20.31	50.53	1.18	S	S	0.38
568	2-C014116 – 2-C014108	37	450	PEAD	0.48%	165.8	1.34	15.13	20.31	50.53	1.18	S	S	0.38
569	2-C014108 – 2-C014109	11	450	PEAD	0.48%	165.8	1.34	15.13	20.31	50.53	1.18	S	S	0.38
570	2-C014109 – 2-C014110	49	450	PEAD	0.48%	165.8	1.34	15.13	20.31	50.53	1.18	S	S	0.38
571	2-C014110 – 2-C005525	45	450	PEAD	0.37%	145.5	1.18	15.13	20.31	50.53	1.07	S	S	0.41
572	2-C005525 – 2-C014111	5	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
573	2-C014111 – 2-C014112	9	500	FFD	0.28%	194.0	0.99	15.13	20.31	50.53	0.83	S	S	0.35
574	2-C014112 – 2-C014113	8	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
575	2-C014113 – 2-C014114	26	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
576	2-C014114 – 2-C014115	60	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
577	2-C014115 – 2-C014105	59	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
578	2-C014105 – 2-C014199	59	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
579	2-C014199 – 2-C014198	54	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
580	2-C014198 – 2-C014197	59	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
581	2-C014197 – 2-C014196	44	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
582	2-C014196 – 2-C014195	60	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
583	2-C014195 – 2-C014194	59	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
584	2-C014194 – 2-C014193	32	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
585	2-C014193 – 2-C014192	19	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
586	2-C014192 – 2-C014191	47	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
587	2-C014191 – 2-C014190	58	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
588	2-C014190 – 2-C014189	42	500	PEAD	0.28%	166.2	1.09	15.13	20.31	50.53	0.96	S	S	0.38
589	2-C014189 – 2-C014057	45	500	PEAD	0.06%	75.3	0.49	15.13	20.31	50.53	0.53	N	S	0.60
590	2-C014057 – 2-C014068	106	600	FFD	0.28%	315.5	1.12	15.13	20.31	50.53	0.82	S	S	0.27
591	2-C014068 – 2-C014058	59	600	FFD	0.28%	315.5	1.12	15.13	20.31	50.53	0.82	S	S	0.27
592	2-C014058 – 2-C014059	91	600	FFD	0.28%	315.5	1.12	15.13	20.31	50.53	0.82	S	S	0.27
593	2-C014059 – 2-C014060	113	600	FFD	0.28%	315.5	1.12	15.13	20.31	50.53	0.82	S	S	0.27

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
594	EM08 - Leça													
595	2-C014060 – 2-C005526	63	600	PEAD	0.13%	186.5	0.85	15.13	20.31	50.53	0.72	S	S	0.36
596	2-C005526 – 2-C014061	71	600	FFD	0.91%	569.6	2.01	15.66	21.03	52.14	1.26	S	S	0.20
597	2-C014061 – 2-C014062	90	600	PEAD	0.91%	488.0	2.22	15.66	21.03	52.14	1.45	S	S	0.22
598	2-C014062 – 2-C014063	25	600	PEAD	0.91%	488.0	2.22	15.66	21.03	52.14	1.45	S	S	0.22
599	2-C014063 – 2-C014072	69	600	PEAD	0.91%	488.0	2.22	15.66	21.03	52.14	1.45	S	S	0.22
600	2-C014072 – 2-C005527	35	600	PEAD	0.91%	488.0	2.22	15.66	21.03	52.14	1.45	S	S	0.22
601	2-C005527 – 2-C005611	103	600	FFD	0.91%	569.6	2.01	18.96	25.46	62.01	1.32	S	S	0.22
602	2-C005611 – 2-C014064	103	600	FFD	0.91%	569.6	2.01	18.96	25.46	62.01	1.32	S	S	0.22
603	2-C014064 – 2-C005613	16	600	PEAD	0.91%	488.0	2.22	18.96	25.46	62.01	1.52	S	S	0.24
604	2-C005613 – 2-C014065	34	600	PEAD	4.16%	1045.8	4.76	19.53	26.22	63.69	2.63	S	S	0.17
605	2-C014065 – 2-C014069	13	600	FFD	4.16%	1220.6	4.32	19.53	26.22	63.69	2.28	S	S	0.16
606	2-C014069 – 2-C014066	43	600	FFD	4.16%	1220.6	4.32	19.53	26.22	63.69	2.28	S	S	0.16
607	2-C014066 – 2-C014067	43	600	FFD	4.16%	1220.6	4.32	19.53	26.22	63.69	2.28	S	S	0.16
608	2-C014067 – 2-C005715	31	600	PEAD	4.16%	1045.8	4.76	19.53	26.22	63.69	2.63	S	S	0.17
609	2-C005715 – 2-C005716	47	600	PEAD	0.64%	409.3	1.86	19.53	26.22	63.69	1.35	S	S	0.27
610	2-C005716 – 2-C014070	22	600	PEAD	0.64%	409.3	1.86	19.53	26.22	63.69	1.35	S	S	0.27
611	2-C014070 – 2-C014071	84	600	FFD	0.64%	477.7	1.69	19.53	26.22	63.69	1.17	S	S	0.25
612	2-C014071 – 2-C005681	58	600	FFD	0.64%	477.7	1.69	19.53	26.22	63.69	1.17	S	S	0.25
613	2-C005681 – 2-C013985	127	600	PEAD	0.64%	409.3	1.86	19.53	26.22	63.69	1.35	S	S	0.27
614	2-C013985 – 2-C013984	24	600	PEAD	0.64%	409.3	1.86	21.76	29.22	70.32	1.39	S	S	0.28
615	2-C013984 – 2-C013983	41	600	PEAD	0.64%	409.3	1.86	21.76	29.22	70.32	1.39	S	S	0.28
616	2-C013983 – 2-C013982	58	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	21.76	29.22	70.32	1.38	S	S	0.25
617	2-C013982 – 2-C013981	63	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	21.76	29.22	70.32	1.38	S	S	0.25
618	2-C013981 – 2-C013980	72	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	21.76	29.22	70.32	1.38	S	S	0.25
619	2-C013980 – 2-C013979	113	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
620	2-C013979 – 2-C013978	84	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
621	2-C013978 – 2-C013977	44	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
622	2-C013977 – 2-C013976	18	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
623	2-C013976 – 2-C013975	136	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
624	2-C013975 – 2-C013974	46	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
625	2-C013974 – 2-C013973	28	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
626	2-C013973 – 2-C014483	150	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
627	2-C014483 – 2-C014482	67	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
628	2-C014482 – 2-C014481	89	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
629	2-C014481 – 2-C013965	51	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	22.84	30.66	73.50	1.40	S	S	0.26
630	2-C013965 – 2-C013966	115	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
631	2-C013966 – 2-C013967	70	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
632	2-C013967 – 2-C013968	50	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
633	2-C013968 – 2-C013969	57	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
634	2-C013969 – 2-C013970	54	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
635	2-C013970 – 2-C013971	65	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
636	2-C013971 – 2-C013972	15	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
637	2-C013972 – 2-C007407	104	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	24.44	32.82	78.23	1.43	S	S	0.27
638	2-C007407 – 2-C007423	350	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	25.58	34.34	81.57	1.44	S	S	0.27
639	2-C007423 – 2-C007424	21	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	25.58	34.34	81.57	1.44	S	S	0.27
640	2-C007424 – 2-C007425	64	600	PVC	0.64%	502.0	1.96	25.58	34.34	81.57	1.44	S	S	0.27
641	2-C007425 – 2-C013964	89	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
642	2-C013964 – 2-C013963	65	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
643	2-C013963 – 2-C013962	61	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
644	2-C013962 – 2-C013961	59	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33

Quadro A1.3 (cont.) – Verificação hidráulica dos emissários do sub-sistema de Parada.

	Trecho (CV montante – CV jusante)	L (m)	D (mm)	M (-)	i (%)	Q _{sc} (L/s)	v _{sc} (m/s)	Pop. (mil hab)	Q _m (L/s)	Q _p (L/s)	v (m/s)	V _{min} (m/s)	V _{máx} (m/s)	h/D (-)
594	EM08 - Leça													
645	2-C013961 – 2-C013960	30	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
646	2-C013960 – 2-C013959	61	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
647	2-C013959 – 2-C013958	55	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
648	2-C013958 – 2-C013957	89	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
649	2-C013957 – 2-C014544	44	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
650	2-C014544 – 2-C013631	81	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
651	2-C013631 – 2-C014543	81	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
652	2-C014543 – 2-C014542	80	600	PVC	0.31%	350.0	1.37	25.58	34.34	81.57	1.11	S	S	0.33
653	2-C014542 – 2-C013857	43	600	GR	0.31%	331.6	1.18	25.58	34.34	81.57	0.97	S	S	0.34
654	2-C013857 – 2-C013856	55	600	GR	0.00%	18.8	0.07	25.58	34.34	81.57	0.07	N	S	0.40
655	2-C013856 – 2-C013858	22	600	GR	0.41%	380.0	1.35	25.58	34.34	81.57	1.07	S	S	0.31
656	2-C013858 – 2-C013866	1	600	FFD	0.00%	18.9	0.07	25.58	34.34	81.57	0.07	N	S	0.39
657	Ligação à ETAR													
658	2-C013866 – ETAR_PARADA	2	700	FFD	1.48%	1100.4	2.86	122.65	164.67	357.56	2.55	S	S	0.39

ANEXO 2 – DESCRIÇÃO DO MODELO AEROSEPT+ E REDE CONCEPTUAL SIMULADA

MODELO AEROSEPT+

MODELAÇÃO DE ASPECTOS HIDRÁULICOS

Define-se a configuração geral do sistema, no que se refere à numeração de trechos, nós de montante e jusante, diâmetro e comprimento de coletores, material, população afluyente a cada nó de cálculo, inclinação, existência de quedas e fração de OD no afluyente. São então determinados os parâmetros de população acumulada e comprimento acumulado do trecho, são verificados que trechos são de cabeceira e que trechos se encontram com escoamento em superfície livre ou sob pressão (caso o caudal de secção cheia seja inferior ao caudal de cálculo no trecho). Segue-se o cálculo dos restantes parâmetros hidráulicos necessários para os módulos seguintes, bem como para verificação dos critérios de verificação hidráulica incluídos no D.R. nº 23/95.

MODELAÇÃO DA FASE AERÓBIA

A evolução do oxigénio dissolvido ao longo de um sistema depende da quantidade de oxigénio afluyente, do rearejamento no trecho e/ou em quedas, bem como do seu consumo por ação química e/ou biológica no interior da massa líquida, biofilme e sedimentos. Para a simulação destes processos, admite-se que as reações ocorrem instantaneamente nos nós de cálculo, e tem-se em conta a sequência seguinte:

1. Determina-se o efeito de quedas para cada afluência ao nó de cálculo.
2. Efetua-se o balanço de OD ponderando as concentrações com os caudais afluentes.
3. Simula-se então o efeito do consumo de OD na oxidação de sulfuretos.

MODELAÇÃO DA FASE SÉPTICA

Tal como para a análise do OD, o modelo admite que as reações decorrentes dos sulfuretos transportados pelo afluyente ocorrem instantaneamente nos nós do sistema, e efetua o balanço determinando os efeitos das quedas, seguido do balanço nos trechos tendo em conta as concentrações e possível redução de sulfuretos devido à reação com o oxigénio. A variação da concentração de sulfuretos ao longo do trecho depende da sua formação na massa líquida, no interior do biofilme e interior de sedimentos, da libertação de gás sulfídrico da massa líquida para o ar e da reação com o oxigénio introduzido através do rearejamento.

No modelo considera-se desprezável a formação de sulfuretos nos sedimentos, admitindo que ocorrem periodicamente condições de autolimpeza.

Considera-se o seguinte:

Escoamentos em pressão

Admite-se nulo o rearejamento atmosférico assim como a libertação de gás sulfídrico, pelo que a evolução da concentração de sulfuretos no trecho é apenas condicionada pela taxa de formação no interior da massa líquida e no interior do filme biológico. No modelo de cálculo, adotou-se a expressão proposta por Pomeroy (1959):

$$S_j = S_m + Kp \text{ CBO}_5 \left(1,57 + \frac{4}{D}\right) 1,07^{(T-20)} t_R \quad (6)$$

onde,

- S_j e S_m – Concentração total de sulfuretos, na secção de jusante e montante do trecho de cálculo [mg/L];
 t_R – tempo de retenção [h];
 Kp – Constante empírica [m/h];
 CBO_5 – Carência bioquímica de oxigénio aos 5 dias e a 20°C [mg/L].

A constante empírica Kp pode assumir, em função da proporção entre os tempos de repouso e de bombagem no percurso, valores entre 0,0004 e 0,001 m/h. Deverão ser escolhidos valores para o parâmetro Kp próximos de 0,0004 m/h, quando os períodos de repouso forem longos e predominem em relação aos períodos correspondentes à situação de bombagem. A condição mais conservadora corresponde a admitir valores do parâmetro Kp próximos de 0,001 m/h, sendo que, neste caso, se admitiu $Kp = 0,005 \text{ m/h}$.

Escoamentos em superfície livre

O modelo matemático desenvolvido inclui a formulação de Pomeroy e Parkhurst (1977), que permite estimar a concentração total de sulfuretos na massa líquida.

$$S_j = S_{lim} - (S_{lim} - S_m) \times e^{C_t} \quad (7)$$

sendo,

- S_j e S_m – Concentração total de sulfuretos, na secção de jusante e montante do trecho de cálculo [mg/L];
 S_{lim} – Concentração máxima de sulfuretos, para as condições hidráulico-sanitárias no trecho, que só pode ser atingida, teoricamente, se o mesmo tiver uma extensão infinita [mg/L].

$$S_{lim} = (M/m) \times \text{CBO}_5^{20} \times 1,07^{(T-20)} (J V)^{-0,375} (P/b) \quad (8)$$

$$C_t = (-L m J^{0,375}) / (3600 d_m V^{0,625})$$

sendo,

- M e m – Constantes empíricas, em que, considerando uma hipótese moderadamente conservadora, se assume $M = 0,32 \times 10^{-3} \text{ m/h}$ e $M = 0,96$ ou $0,64$;
 V – Velocidade média de escoamento [m/s];
 P – Perímetro molhado [m];
 b – Largura superficial do escoamento [m];
 d_m – Altura média do escoamento [m];
 L – Extensão do trecho [m].

Entendeu-se adotar esta formulação, de acordo com as seguintes situações:

- ☒ Condição aeróbia – considera-se não haver lugar à formação de sulfuretos ($S_j = 0$).

- ☒ Condição anaeróbia, mas não séptica – ou seja, concentrações de oxigénio e sulfuretos iniciais nulas e parâmetro $Z_p \leq 5\,000$, neste caso não existem condições favoráveis à ocorrência de septicidade, o potencial redox da massa líquida mantém-se em valores suficientemente altos para levar à oxidação total dos sulfuretos potencialmente formados ($S_j = 0$).
- ☒ Condição séptica, mas não favorável à formação de sulfuretos – corresponde à situação com concentração inicial positiva de sulfuretos e $Z_p \leq 5\,000$, as condições são favoráveis ao rearejamento. Neste caso calcula-se S_j considerando $S_{lim} = 0$.
- ☒ Condição séptica e favorável à formação de sulfuretos – concentração de sulfuretos positiva na secção inicial do trecho de cálculo e $Z_p > 5\,000$. Nestas condições, calcula-se S_{lim} , C_t e S_j .

MODELAÇÃO DA LIBERTAÇÃO DE GÁS SULFÍDRICO PARA A ATMOSFERA

A concentração de sulfureto de hidrogénio, em cada nó de cálculo, é determinada com base na concentração de sulfuretos dissolvidos, do pH e da temperatura da massa líquida.

É efetuado um balanço ao caudal de ar no sistema, com base na velocidade do ar, dada pela expressão

$$V_{ar} = 0,333 \times (b \times V/p1)^{0,56} \quad (9)$$

sendo,

- V_{ar} – Velocidade do ar na atmosfera dos coletores [m/s];
- b – Largura superficial [m];
- V – Velocidade de escoamento [m/s];
- $p1$ – Perímetro não molhado [m].

A concentração de sulfuretos dissolvidos é estimada a partir da concentração de sulfuretos totais, admitindo que os primeiros 0,25 mg/L de sulfuretos formados se apresentam sob a forma de sulfuretos não solúveis.

A partir do conhecimento da concentração de sulfuretos dissolvidos, considerando as constantes pK_1 e pK_2 iguais a 10^{-7} e 10^{-14} , respetivamente, e valores de pH inferiores a doze, situação corrente em águas residuais de origem doméstica, pode considerar-se que o ião sulfureto (S^{2-}) não está presente (concentração inferior a 1%). Considerando os efeitos térmicos apresenta-se a seguinte formulação:

$$\begin{aligned} H_2S_L &= S_d / (1 + 10^{pH-7+0,0146(T-25)}) \\ S_d &= H_2S + HS^- + S^{2-} = S_T - 0.25 \end{aligned} \quad (10)$$

sendo,

- H_2S_L – Concentração de sulfureto de hidrogénio presente na massa líquida [mg/L];
- S_d – Concentração de sulfuretos totais presentes na massa líquida [mg/L].

Atingidas as condições de septicidade, o sulfureto de hidrogénio liberta-se da solução para a atmosfera do coletor, podendo escapar-se para o exterior do sistema ou manter-se no seu interior, contribuindo para a criação de atmosferas tóxicas e para a corrosão dos vários órgãos de drenagem, de acordo com as condições de ventilação.

O cálculo da taxa de libertação de gás sulfídrico para a atmosfera é dado pela expressão:

$$\Phi_0 = 1,917 \times 10^{-4} \times (1 + 0,17 \times V^2 / (g \times dm)) \times (J \times V)^{0,375} \times H_2SL \times 1,016^{(T-20)} \quad (11)$$

sendo,

Φ_0 – Taxa de libertação do gás sulfídrico da solução, para atmosfera não poluída [g/(m².s)];

H_2SL – Concentração de sulfureto de hidrogénio em solução [mg/L].

No caso de $\Phi_0 > 0$, a concentração de gás sulfídrico é dada pela expressão:

$$H_2S(j) = H_2S_{eq} - (H_2S_{eq} - H_2S(m)) \times e^{-aux^2} \quad (12)$$

em que,

$H_2S(j)$ – Concentração de gás sulfídrico na secção de jusante do trecho [mg/L];

H_2S_{eq} – Concentração de saturação de gás sulfídrico no ar [mg/L].

Assim, e para determinar a concentração de gás sulfídrico, é necessário conhecer o valor da concentração de saturação (H_2S_{eq}), assim como o valor da constante da Lei de Henry para este gás e à temperatura desejada. No modelo, define-se a concentração de saturação, em função da concentração de sulfureto de hidrogénio na massa líquida e temperatura, válida para temperaturas entre 10 e 30°C e pressão próxima da atmosférica, da seguinte forma:

$$H_2S_{eq} = H_2SL \times (3,79 \times 10^{-5} \times T^2 + 7,64 \times 10^{-3} \times T + 0,197) \quad (13)$$

Esta expressão foi obtida por Matos (1992), adaptando um polinómio de interpolação de segundo grau ao conjunto dos valores da constante de Henry, para o gás sulfídrico, constantes em Metcalf & Eddy (2003), ajustando, em conformidade, as unidades da concentração. Para se adaptar as unidades de concentração a p.p.m. (partes por milhão em volume), deve ter-se em conta que, a 20°C, 1,43 x 10⁻³ g/m³ de gás sulfídrico, expresso em termos de enxofre, corresponde aproximadamente a 1 p.p.m.

REDE CONCEPTUAL SIMULADA

SUB-SISTEMA DE PONTE DE MOREIRA

Nº	Nó	Nó	D	L	Material	i	Pop.	H	fOD	S	CE	Ventilaçã o na CE	Tipo de queda
trecho	mont.	jusante	(m)	(m)		(%)	(hab.)	(m)	Varia	-	[CE]	[S N]	[Brusca Guiada]
1	2-C009892	2-C012327	0.5	30.7	PVC	4.335		0.00					
2	2-C009914	2-C009892	0.5	354.4	PVC	0.181		0.00					
3	2-C010719	2-C009914	0.5	313.6	PVC	0.453	726	0.00	0.25				
4	2-C010728	2-C010719	0.5	296.7	PVC	0.627		0.00					
5	2-C010713	2-C010728	0.35	283.6	PVC	4.306	381	0.15	0.25				Brusca
6	2-C010734	2-C010713	0.35	409.8	PVC	3.070		0.00					
7	2-C010736	2-C010734	0.25	101.6	PVC	4.362	272	0.10	0.25				Brusca
8	2-C011180	2-C010736	0.315	95.4	PVC	0.461	2471	0.00	0.25				
9	2-C011183	2-C011180	0.2	165.9	PVC	1.785		0.10					Brusca
10	2-C011126	2-C011183	0.315	269.3	PVC	4.936	1926	0.00	0.25				
11	2-C014512	2-C009892	0.5	199.9	PVC	4.075		0.00					
12	2-C010694	2-C014512	0.25	274.8	PVC	3.854	131	0.00	0.25				
13	2-C011413	2-C010694	0.2	432.6	PVC	2.275	1030	0.05	0.25				Brusca
14	2-C011429	2-C011413	0.2	308.3	PVC	6.149	124	0.00	0.25				
15	2-C011470	2-C011429	0.2	396.3	PVC	1.368		0.00					
16	2-C011193	2-C011470	0.2	238.9	PVC	0.975		0.00					
17	2-C006105	2-C011193	0.2	358.5	PVC	0.904	1016	0.00	0.25				
18	2-C010669	2-C010694	0.2	266.7	PVC	3.109		0.05					Brusca
19	2-C010661	2-C010669	0.2	312.9	PVC	2.652		0.00					
20	2-C010635	2-C010661	0.2	510.1	PVC	2.813	709	0.00	0.25				
21	2-C009905	2-C009892	0.5	270.9	PVC	0.997		0.00					
22	2-C009909	2-C009905	0.5	216.9	PVC	3.213		0.00					
23	2-C009891	2-C009909	0.5	114.7	PVC	3.889	2478	0.00	0.25				
24	2-C014223	2-C009891	0.5	118.8	PVC	0.684		0.00					
25	2-C009886	2-C014223	0.315	243.8	PVC	0.608	217	0.19	0.25				Brusca
26	2-C009887	2-C009886	0.315	41.4	PVC	3.211	1627	0.00	0.25				
27	2-C009888	2-C009887	0.315	13.8	PVC	2.611	181	0.00	0.25				
28	2-C010446	2-C009888	0.315	356.9	PVC	4.188	1265	0.00	0.25				
29	2-C010499	2-C010446	0.315	336.4	PVC	2.589		0.00					
30	2-C010412	2-C010499	0.315	376.2	PVC	3.184	692	0.00	0.25				
31	2-C008278	2-C008398	0.25	372.5	PVC	5.017		0.00					
32	2-C009919	2-C008278	0.315	303.3	PVC	0.452	1280	0.00	0.25				
33	2-C008291	2-C009909	0.315	373.7	PVC	1.103		0.00					
34	2-C008398	2-C008291	0.315	205.5	PVC	1.092	86	0.00	0.25				
35	2-C014237	2-C008398	0.315	203.2	PVC	3.098		0.00					
36	2-C014373	2-C014237	0.315	295.1	PVC	5.041	1320	0.00	0.00				
37	2-C012324	2-C009892	0.5	38.9	PVC	2.005		0.00					
38	2-C012326	2-C012324	0.4	85.7	PVC	0.175	272	0.00	0.25				
39	EE026	2-C012326	0.16	507.4	PVC	0.000	706	0.00	0.25		CE		
40	2-C005995	EE026	0.2	201.2	PVC	5.253		2.40					Guiada
41	2-C006027	2-C005995	0.2	277.5	PVC	4.933	833	0.00	0.25				
42	EE016	2-C006027	0.11	455.6	PVC	0.000	2198	0.00	0.25		CE		

SUB-SISTEMA DE PARADA

Nº	Nó	Nó	D	L	Material	i	Pop.	H	fOD	S	CE	Ventilação na CE	Tipo de queda
trecho	mont.	jusante	(m)	(m)		(%)	(hab.)	(m)	Varia	-	[CE]	[S N]	[Brusca Guiada]
EE01-ETAR													
1	2-C013864	2-C013865	0.5	288.3	FFD	2.98	0	0					
2	2-C007805	2-C013864	0.2	372.7	PVC	3.85	0	0.3					Brusca
3	2-C007800	2-C007805	0.2	180.4	PVC	3.99	0	0					
4	2-C013692	2-C007800	0.315	146.2	PVC	5.27	953	0.085	0.05				Brusca
5	2-C013689	2-C013692	0.315	258.5	PVC	3.23	5417	0	0.05				
6	2-C013681	2-C013689	0.315	381.6	PVC	1.31	85	0					
7	2-C009530	2-C013681	0.2	255.3	PVC	0.86	2662	0.115	0.05				Brusca
8	2-C009640	2-C009530	0.2	243.1	PVC	5.32	0	0					
9	2-C009555	2-C009640	0.2	328.4	PVC	4.43	1711	0	0.05				
10	2-C013843	2-C009555	0.315	235.2	PVC	0.81	0	0					
11	2-C013735	2-C013843	0.315	259.5	PVC	0.83	937	0	0.05				
12	2-C013672	2-C013735	0.3	371.8	PVC	5.12	2097	0.015	0.05				Brusca
13	EE001	2-C013672	0.2	1220.0	PVC	0.00	6440	0.1	0.05		CE		Brusca

Nº	Nó	Nó	D	L	Material	i	Pop.	H	fOD	S	CE	Ventilação na CE	Tipo de queda
trecho	mont.	jusante	(m)	(m)		(%)	(hab.)	(m)	Varia	-	[CE]	[S N]	[Brusca Guiada]
EM05													
1	2-C013871	2-C013866	0.6	210.4	FFD	0.13	0	0.1					Brusca
2	2-C009124	2-C013871	0.4	293.7	PVC	0.23	1290	0	0.05				
3	2-C009120	2-C009124	0.4	138.4	PVC	0.05	274	0	0.05				
4	2-C013987	2-C009120	0.4	256.2	PVC	3.63	0	0					
5	2-C013947	2-C013987	0.4	307.8	PVC	4.93	0	0					
6	2-C013401	2-C013947	0.4	304.6	PVC	4.71	0	0					
7	2-C013930	2-C013401	0.4	314.7	PVC	2.33	981	0	0.05				
8	2-C013407	2-C013930	0.4	311.4	PVC	2.98	475	0	0.05				
9	2-C013397	2-C013407	0.4	125.9	PVC	2.03	449	0	0.05				
10	2-C013406	2-C013397	0.4	74.0	PVC	0.70	0	0					
11	2-C013405	2-C013406	0.2	67.7	PVC	2.53	262	0	0.05				
12	2-C013034	2-C013405	0.315	250.8	PVC	1.75	825	0	0.05				
13	2-C012126	2-C013034	0.315	289.0	PVC	2.30	5476	0	0.05				

Nº	Nó	Nó	D	L	Material	i	Pop.	H	fOD	S	CE	Ventilação na CE	Tipo de queda
trecho	mont.	jusante	(m)	(m)		(%)	(hab.)	(m)	Varia	-	[CE]	[S N]	[Brusca Guiada]
EM01													
1	2-C013865	2-C013866	0.6	303.8	FFD	0.00	0	0.1					Brusca
2	2-C007681	2-C013865	0.6	302.8	FFD	0.21	0	0					
3	2-C007677	2-C007681	0.5	301.8	PVC	1.05	0	0					
4	2-C007626	2-C007677	0.5	300.8	PVC	0.00	613	0	0.05				
5	2-C007636	2-C007626	0.5	299.8	PVC	0.13	3242	0	0.05				
6	2-C013953	2-C007636	0.5	298.8	PVC	0.08	0	0					
7	2-C014024	2-C013953	0.5	297.8	PVC	0.27	0	0					
8	2-C008438	2-C014024	0.5	296.8	PVC	0.37	2907	0	0.05				
9	2-C014014	2-C008438	0.5	295.8	PVC	0.16	0	0					
10	2-C014007	2-C014014	0.5	294.8	PVC	0.20	0	0					
11	ligacao_EM02	2-C014007	0.5	293.8	PVC	0.20	22493	0	0.05				
12	EM01-ficticia	ligacao_EM02	0.5	292.8	PVC	0.20	0	0					
13	2-C011509	EM01-ficticia	0.6	291.8	PVC	0.20	4036	0	0.05				
14	2-C011504	2-C011509	0.6	290.8	PVC	0.20	457	0	0.05				
15	2-C011501	2-C011504	0.6	289.8	PVC	0.35	1663	0	0.05				
16	2-C006188	2-C011501	0.6	288.8	PVC	0.22	479	0	0.05				
17	2-C006191	2-C006188	0.5	287.8	PP	0.74	6533	0.1	0.05				Brusca
18	2-C006194	2-C006191	0.5	286.8	PP	0.24	0	0					
19	2-C006179	2-C006194	0.5	285.8	PVC	0.16	826	0	0.05				
20	ligacao_EM04	2-C006179	0.5	284.8	PVC	0.68	2223	0	0.05				
21	2-C006174	ligacao_EM04	0.2	283.8	PVC	0.56	1389	0.3	0.05				Brusca
22	2-C004320	2-C006174	0.5	282.8	PVC	0.77	1105	0	0.05				
23	2-C001372	2-C004320	0.5	281.8	PVC	0.57	387	0	0.05				
24	2-C001395	2-C001372	0.5	280.8	PVC	0.57	227	0	0.05				
25	2-C001579	2-C001395	0.5	279.8	PVC	1.88	2035	0	0.05				
26	2-C001591	2-C001579	0.5	278.8	PVC	0.54	0	0					
27	2-C001441	2-C001591	0.2	277.8	PVC	0.03	4617	0.3	0.05				Brusca
28	2-C014302	2-C001441	0.2	276.8	PVC	0.52	5495	0	0.05				
29	2-C014299	2-C014302	0.2	275.8	PVC	0.52	0	0					
30	2-C014295	2-C014299	0.2	274.8	PVC	0.70	0	0					
31	2-C014287	2-C014295	0.2	318.4363	PVC	0.76	0	0					
32	2-C014480	2-C014287	0.2	331.124	PVC	1.25	0	0					
33	2-C001057	2-C014480	0.2	296.3258	PVC	4.49	0	0					
34	2-C001582	2-C001057	0.2	316.1478	PVC	1.24	0	0					
35	2-C001581	2-C001582	0.2	343.6902	PVC	2.49	2000	0	0.05				
36	2-C009156	2-C007681	0.2	257.22	PVC	0.99	575	0					
37	2-C013596	2-C009156	0.2	233.8467	PVC	5.62	0	0					
38	EE020	2-C013596	0.2	220.43	PVC	0.00	196	0	0.05		CE		
39	2-C009701	EE020	0.2	347.2647	PVC	4.86	0	1.03					Guiada
40	EE024	2-C009701	0.11	426.32	PVC	0.00	1063	0	0.05		CE		

Nº	Nó	Nó	D	L	Material	i	Pop.	H	fOD	S	CE	Ventilação na CE	Tipo de queda
trecho	mont.	jusante	(m)	(m)		(%)	(hab.)	(m)	Varia	-	[CE]	[S N]	[Brusca Guiada]
EM07-EM08													
1	2-C014544	2-C013866	0.6	363.6	FFD	0.23	0	0.1					Brusca
2	2-C013962	2-C014544	0.6	337.0	PVC	0.31	0	0					
3	2-C007423	2-C013962	0.6	300.0	PVC	0.40	0	0					
4	2-C007407	2-C007423	0.6	349.9	PVC	0.64	1136	0	0.05				
5	2-C013968	2-C007407	0.6	295.5	PVC	0.64	0	0					
6	2-C014481	2-C013968	0.6	285.9	PVC	0.64	1606	0	0.05				
7	2-C013973	2-C014481	0.6	306.4	PVC	0.64	0	0					
8	2-C013976	2-C013973	0.6	210.2	PVC	0.64	0	0					
9	2-C013980	2-C013976	0.6	259.8	PVC	0.64	0	0					
10	2-C013985	2-C013980	0.6	258.1	PVC	0.64	2236	0	0.05				
11	2-C005681	2-C013985	0.6	126.8	PEAD	0.64	1074	0	0.05				
12	2-C014066	2-C005681	0.6	284.6	FFD	1.55	566	0	0.05				
13	2-C005611	2-C014066	0.6	208.5	FFD	2.31	3298	0	0.05				
14	2-C005526	2-C005611	0.6	393.3	FFD	0.91	535	0	0.05				
15	2-C014057	2-C005526	0.6	431.9	PEAD	0.26	0	0					
16	2-C014193	2-C014057	0.5	212.0	PEAD	0.23	0	0.1					Brusca
17	2-C014198	2-C014193	0.5	253.9	PEAD	0.28	0	0					
18	2-C005525	2-C014198	0.5	280.3	PEAD	0.28	0	0					
19	2-C005524	2-C005525	0.45	287.3	PEAD	0.48	0	0.05					Brusca
20	2-C014123	2-C005524	0.45	336.4	PEAD	0.43	0	0					
21	2-C005101	2-C014123	0.45	330.4	PEAD	0.35	1070	0	0.05				
22	2-C014133	2-C005101	0.45	242.5	PEAD	1.17	0	0					
23	2-C003748	2-C014133	0.45	265.8	PEAD	0.71	0	0					
24	2-C014141	2-C003748	0.45	223.9	PEAD	0.63	0	0					
25	2-C011900	2-C014141	0.45	317.6	PEAD	0.42	1622	0	0.05				
26	2-C014151	2-C011900	0.45	227.8	PEAD	0.42	0	0					
27	2-C005095	2-C014151	0.45	331.0	PEAD	0.42	1670	0	0.05				
28	2-C014177	2-C005095	0.45	66.1	PEAD	0.41	0	0					
29	2-C014176	2-C014177	0.45	291.9	PEAD	0.77	0	0					
30	2-C014171	2-C014176	0.45	300.0	PEAD	0.61	0	0					
31	2-C014166	2-C014171	0.45	305.6	PEAD	0.14	0	0					
32	2-C005072	2-C014166	0.4	59.1	PEAD	0.04	385	0	0.05				
33	2-C014164	2-C005072	0.4	197.4	PEAD	0.28	0	0					
34	2-C014159	2-C014164	0.4	255.4	PEAD	0.28	0	0					
35	2-C005086	2-C014159	0.315	267.4	PEAD	0.36	232	0.085	0.05				Brusca
36	2-C014046	2-C005086	0.315	271.3	PVC	0.20	0	0					
37	2-C014041	2-C014046	0.315	329.3	PVC	0.20	0	0					
38	2-C014035	2-C014041	0.315	267.8	PVC	1.09	6614	0	0.05				
39	2-C005081	2-C014035	0.2	222.0	PVC	0.91	0	0.115					Brusca
40	2-C005076	2-C005081	0.2	182.8	PVC	0.65	1949	0	0.05				
41	2-C003189	2-C005072	0.2	273.1	PVC	2.47	0	0					
42	2-C003138	2-C003189	0.2	339.1	PVC	2.42	0	0					
43	2-C002124	2-C003138	0.2	309.8	PVC	0.86	416	0	0.05				
44	2-C002106	2-C002124	0.2	376.8	PVC	0.85	0	0					
45	2-C002099	2-C002106	0.2	346.0	PVC	2.29	0	0					
46	2-C002086	2-C002099	0.2	327.6	PVC	4.63	625	0	0.05				
47	2-C002080	2-C002086	0.2	315.5	PVC	7.96	0	0					
48	2-C002072	2-C002080	0.2	325.5	PVC	3.30	0	0					
49	EE008	2-C002072	0.11	455.9	PEAD	0.00	545	0	0.05		CE		

SUB-SISTEMA DE CAMBADOS

Nº	Nó	Nó	D	L	Material	i	Pop.	H	fOD	S	CE	Ventilação na CE	Tipo de queda
trecho	mont.	jusante	(m)	(m)		(%)	(hab.)	(m)	Varia	-	[CE]	[S N]	[Brusca Guiada]
1	2-C000060	2-C009885	0.5	38.86	FFD	0.80	21	0	0.25				
2	2-C000073	2-C000060	0.5	315.27	PVC	3.15	1466	0	0.25				
3	2-C014472	2-C000073	0.5	275.30	PP	0.68	0	0					
4	2-C000082	2-C014472	0.5	300.55	PP	0.52	864	0	0.25				
5	2-C000087	2-C000082	0.5	302.88	PP	0.85	0	0					
6	2-C004347	2-C000087	0.4	218.32	PP	0.05	284	0	0.25				
7	2-C004343	2-C004347	0.4	282.44	PP	0.31	0	0					
8	2-C004349	2-C004343	0.4	311.11	PP	0.41	0	0					
9	2-C004353	2-C004349	0.4	233.42	PP	0.63	0	0					
10	2-C004363	2-C004353	0.4	351.40	PP	0.67	0	0					
11	2-C004335	2-C004363	0.4	315.87	PP	0.30	125	0	0.25				
12	2-C004327	2-C004335	0.4	345.34	PVC	0.60	85	0	0.25				
13	2-C004330	2-C004327	0.4	300.46	PVC	0.95	0	0					
14	2-C004322	2-C004330	0.4	89.16	PVC	1.42	174	0	0.25				
15	2-C004336	2-C004322	0.4	388.91	PVC	1.21	731	0	0.25				
16	2-C004340	2-C004336	0.4	234.66	PVC	0.08	0	0					
17	2-C004321	2-C004340	0.4	321.62	PVC	0.09	1210	0	0.25				
18	EE041	2-C004330	0.11	292.02	PEAD	0.00	173	0	0.25		CE		
19	EE09	2-C004327	0.11	421.23	PEAD	0.00	86	0	0.25		CE		
20	2-C004746	2-C004335	0.2	194.35	PVC	1.44	0	6					Guiada
21	2-C004717	2-C004746	0.2	290.90	PVC	1.93	1098	0	0.25				
22	2-C000575	2-C000060	0.4	281.30	PVC	3.07	0	0					
23	2-C000584	2-C000575	0.2	291.79	PVC	0.70	3294	0.2	0.25				Brusca
24	2-C000765	2-C000584	0.2	146.00	PVC	1.95	0	0					
25	2-C000764	2-C000765	0.315	54.96	PVC	1.27	2467	0	0.25				
26	2-C000732	2-C000764	0.315	303.26	PP	1.24	0	0					
27	EE011	2-C000732	0.315	375.09	PEAD	0.00	1568	0	0.25		CE		