

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Alexandre Antunes Costa

**AVALIAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM REDES DE
DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Civil, na Área de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, orientada pelo Professor Doutor Nuno Eduardo da Cruz Simões, coorientada pelo Professor Doutor José Alfeu Almeida de Sá Marques e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Maio de 2023

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil

Alexandre Antunes Costa

AVALIAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

ASSESSMENT OF UNDUE INFLOWS IN WASTEWATER DRAINAGE NETWORKS

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, na Área de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, orientada pelo Professor Doutor Nuno Eduardo da Cruz Simões, coorientada pelo Professor Doutor José Alfeu Almeida de Sá Marques

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Maio de 2023



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

AGRADECIMENTOS

Na transição de duas das etapas mais importantes da minha, que separa a conclusão da minha vida académica, pelo menos por agora, e o início da minha vida profissional, considero de extrema importância nomear algumas das pessoas que levarei para o resto da minha vida, em forma de agradecimento. Desta forma, presto os mais sinceros agradecimentos ao Professor Doutor Nuno Eduardo da Cruz Simões pelo apoio e tempo dispensado, bem como a espetacular orientação que me proporcionou neste que foi o encerramento de um dos capítulos mais importantes da minha vida, além disso queria agradecer por toda a sabedoria que me transmitiu com o auxílio de todos os colegas no meu processo de formação. Gostaria, de igual forma, agradecer à empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*, presidida pelo Professor Doutor José Alfeu Almeida de Sá Marques, meu coorientador, pelo fornecimento dos dados que possibilitaram a realização da presente tese. Aos meus pais, Serafim e Dulcília, pelo carinho, esforço, dedicação e apoio, tanto nesta fase, como ao longo de toda a minha vida. Aos meus irmãos, João e Mariana, por todo o apoio, pelas palavras e conselhos prestados no meu crescimento e formação. Um agradecimento aos meus avós, Leontina, Adelino e Donzília, pela confiança e orgulho mostrado e por sempre me fazerem acreditar. À minha restante família, Tomás, Andreia, Hernâni, Graça, António, Otilde, David, Dora, Laura e Mafalda. Um agradecimento especial à minha namorada, Rita, que mais uma vez se manteve sempre ao meu lado, por todo o apoio e paciência, e à sua família. Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos Alexandre, César, Marcelo, João, Luís, Paulo, Rui, Frederico, Nélon, Ricardo Oliveira e Ricardo Neto pelo companheirismo, pela entreatajuda e pela amizade. Muito obrigado a todos pela pessoa que me ajudam a ser todos os dias.

RESUMO

O fenómeno das afluências indevidas tem vindo a ganhar importância ao longo dos tempos, dadas as complicações que a sua presença pode trazer nos sistemas de drenagem. Devido ao facto de estes caudais parasitas aumentarem significativamente os volumes afluentes às estações de tratamento de águas residuais, as complicações às entidades gestoras crescem, tanto ao nível financeiro, como ao nível da sustentabilidade dos seus ativos.

A problemática das afluências indevidas é de difícil tratamento, uma vez que estes caudais podem afluir às redes de drenagem de diversas formas. As alterações na condição estrutural, quer seja devido à falta de cuidado na fase de construção, quer seja devido ao envelhecimento da rede são um pretexto para a entrada deste tipo de caudais nas infraestruturas de drenagem. Neste sentido, cabe às entidades gestoras deste tipo de ativos encontrar soluções para colmatar esta problemática, usando a informação disponível. A manutenção rigorosa e cuidados das redes de drenagem, na fase de construção e exploração, bem como a tipologia, materiais e outras características do sistema são a base para o seu bom funcionamento e possível desaparecimento da parcela das afluências indevidas.

Na presente dissertação são referidas as origens e causas que potenciam a ocorrência de afluências indevidas, além disso, são explicados os métodos de quantificação de caudais parasitas. Aplicou-se o método do triângulo e o método do mínimo móvel a quatro redes de drenagem do concelho de Coimbra, tuteladas pela empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*. O objetivo foi caracterizar a problemática nestas redes, quantificando o volume afluente, bem como o impacto económico-financeiro causado pela entrega dos caudais parasitas às ETARs e seu posterior tratamento. Essa análise é feita tendo em conta o período de três meses do ano de 2022 e a influência da precipitação nas redes.

Palavras-chave: Afluências indevidas, infiltração, caudais parasitas, drenagem urbana, escoamento direto, águas residuais.

ABSTRACT

The undue inflows has gained importance over time, given the complications that their presence can bring to drainage systems. Once these parasitic flows increase significantly the volumes affluent to wastewater treatment plants, the complications for management entities increase, both financially and in terms of the sustainability of their assets.

The problem of undue inflows is difficult to deal with, since these flows can flow into the drainage networks in different ways. Changes in the structural condition, whether due to lack of care during the construction phase or due to the aging of the network, are a pretext for the entry of this type of flow into the drainage infrastructure. In this sense, it is up to the management entities of this type of asset to find solutions to overcome this problem, using the available information. The strict maintenance and care of the drainage networks, in the construction and operation phase, as well as the typology, materials and other characteristics of the system are the basis for its proper functioning and possible disappearance of the portion of undue inflows.

In the present dissertation, the origins and causes that potentiate the occurrence of undue inflows are mentioned, in addition, the methods of quantification of parasitic flows are explained. The triangle method was used and the moving minimum method were applied to four drainage networks in the municipality of Coimbra, supervised by the company *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*. The aim was to characterize the problem in these networks, quantifying the affluent volume, as well as the economic and financial impact of the delivery of parasitic flows to the WWTPs and subsequent treatment of these volumes of undue inflows in the respective WWTPs. This analysis is carried out considering the three-month period of the year 2022 and the influence of precipitation on the networks.

Keywords: Infiltration, Inflow, I/I, urban drainage, flow, wastewater.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações gerais.....	1
1.2. Objetivo do trabalho.....	2
1.3. Estrutura da dissertação.....	3
2. ESTADO DA ARTE.....	4
2.1. Drenagem urbana.....	4
2.2. Afluências indevidas em sistemas de águas residuais.....	6
2.2.1. Classificação de afluências indevidas.....	6
2.2.2. Fatores que contribuem para a ocorrência de afluências indevidas.....	8
2.2.3. Consequências das infiltrações no funcionamento dos sistemas de drenagem.....	12
2.2.4. Metodologias para controlo e quantificação de afluências indevidas.....	14
2.2.5. Metodologias para a inspeção, monitorização e deteção de afluências indevidas.....	20
2.3. Indicadores de Desempenho.....	24
2.4. Gestão Patrimonial de ativos.....	26
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. Estudo de caso da Rede do Ameal, Rede do Choupal, Rede de Ribeira de Frades e Rede de Cernache.....	33
3.2. Descrição geral dos estudos de caso.....	33
3.2.1. Caracterização da rede de drenagem.....	33
3.2.2. Metodologia para quantificação de afluências indevidas.....	34
4. RESULTADOS.....	37
4.1. Análise da Precipitação.....	37
4.2. Aplicação ao estudo de caso.....	38
4.2.1. Tratamento de dados.....	38
4.2.2. Caso de estudo da ETAR do Ameal.....	40

4.2.2.1.	Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de afluições na ETAR do Ameal	40
4.2.2.2.	Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de afluições na ETAR do Ameal.....	42
4.2.3.	Caso de estudo da ETAR de Cernache	45
4.2.3.1.	Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de afluições na ETAR de Cernache	46
4.2.3.2.	Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de afluições na ETAR de Cernache	48
4.2.4.	Caso de estudo da ETAR de Ribeira de Frades.....	52
4.2.4.1.	Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de afluições na ETAR de Ribeira de Frades	52
4.2.4.2.	Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de afluições na ETAR de Ribeira de Frades.....	55
4.2.5.	Caso de estudo da ETAR do Choupal	59
4.2.5.1.	Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de afluições na ETAR do Choupal	59
4.2.5.2.	Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de afluições na ETAR do Choupal.....	61
4.2.6.	Influência da ocorrência de precipitação	64
4.2.7.	Estudo do impacto financeiro da ocorrência de afluições indevidas	65
4.2.8.	Verificação segundo o RGDSPPDADAR	67
4.2.9.	Análise crítica dos resultados obtidos.....	68
	CONCLUSÃO.....	70
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

Lista de abreviaturas

Cap – Capitação

CCTV - Closed Circuit Television

ERSAR – Entidade Reguladora de Serviço de Águas Residuais

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

f_a – Fator de aflúência

GIS - Geographic Information System

GPI - Gestão Patrimonial de Infraestruturas

ID – Indicador de Desempenho

IMC – Índice de Medição de Caudais

IWA - International Water Association

L_{coletor} – Comprimento do coletor.

Pop – População (número de habitantes)

Q_{AI} – Caudal diário de aflúências Indevidas

$Q_{ETAR, \text{cresc}}$ – Caudal aflúente à ETAR, por ordem crescente

Q_{inf} – Caudal de infiltração.

$Q_{\text{res, dom}}$ – Caudal Residual Doméstico

$Q_{\text{res, ind}}$ – Caudal residual industrial

$Q_{\text{res, proj}}$ – Caudal residual de projeto

$Q_{\text{res, médio, ts}}$ – Caudal residual total médio de tempo seco.

Q_{sc} – Caudal da secção de Cheia.

RGSPDADAR - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

t – Tempo

T_f – Número de dias do período de estudo

T_p – Número de dias sem chuva do período de estudo

$V_{\text{ag, res, perdida}}$ – Volume de água residual perdida

$V_{\text{ag, armazenado}}$ – Volume de água armazenado

$V_{\text{ag, capt}}$ – Volume de água captada

$V_{\text{ag, exp}}$ – Volume de água exportada

$V_{\text{ag, perdida}}$ – Volume de água perdida

V_{Inf}^{Tf} – Volume de infiltrações na rede residual durante o período de estudo

V_{AI}^{Tf} – Volume de aflúências indevidas na rede residual durante o período de estudo

V_{AI}^j - Volume de aflúências indevidas afluentes à rede residual no dia j

V_{DWF} – Volume anual correspondente ao caudal em tempo seco

V_{ETAR}^j - Volume afluyente à ETAR no dia j

$V_{Esc.dir}^{Tf}$ - Volume de escoamento direto na rede residual durante o período de estudo

$V_{Esc.dir}^j$ - Volume de escoamento direto afluyente à rede residual no dia j

V_{Inf}^j - Volume de infiltrações afluyente à rede residual no dia j

V_{VI} - Volume de infiltração direta

V_{MM}^j - Volume correspondente ao mínimo móvel dos 21 dias precedentes ao dia j

$V_{res,dom}^j$ - Volume de águas residuais domésticas afluyente à rede residual no dia j

$V_{res,ind}^j$ - Volume de águas residuais industriais afluyente à rede residual no dia j

Índice de Figuras

Figura 1 - Afluências indevidas diretas (Paixão, 2016, adaptado de Kesik, 2015).....	7
Figura 2 - Afluências indevidas indiretas (Paixão, 2016, adaptado de Kesik, 2015).....	8
Figura 3 - Tipologias de afluências indevidas (Paixão, 2016).	8
Figura 4 - Impacto na junta do coletor devido a raízes (França, 2018).	10
Figura 5 - Deformação no coletor devido à remoção ou depósito de terras (França, 2018).....	11
Figura 6 - Agressividade do meio (Almeida & Cardoso, 2010).....	11
Figura 7 - Deformação no coletor devido à má construção (Almeida & Cardoso, 2010).....	11
Figura 8 - Desgaste devido à alteração do tipo de escoamento (Almeida & Cardoso, 2010).	12
Figura 9 - Esquema do ciclo de sistemas de águas residuais.	12
Figura 10 - Esquema do impacto das afluências indevidas ao nível financeiro.....	13
Figura 11 - Esquema do impacto das afluências indevidas ao nível da saúde e segurança.	14
Figura 12 - Exemplo de aplicação do método do triângulo para a separação das parcelas de origem doméstica, infiltração e escoamento superficial (Paixão, 2016, adaptado de Almeida e Monteiro, 2004).	17
Figura 13 - Aplicação do método do mínimo móvel para a elaboração de hidrogramas de afluências indevidas (França, 2018, adaptado de Mortinho, 2011).....	19
Figura 14 - Anomalias detetadas por inspeção visual (Almeida & Cardoso, 2010).	21
Figura 15 - Aplicação de testes de fumo (Almeida & Cardoso, 2010).....	22
Figura 16 - Uso de traçadores para identificação do local de ligação de ramal: traçador (esquerda) e condutivímetro (Almeida & Cardoso, 2010).	22
Figura 17 - Ensaio de estanquidade com recurso a ar e a água (Martins, 2015).....	23
Figura 18 - Exemplo de aplicação do método do triângulo para a separação das parcelas de origem doméstica, infiltração e escoamento superficial (Paixão, 2018, adaptado de Almeida e Monteiro, 2004).	35
Figura 19 - Aplicação do método do mínimo móvel, para os 21 dias precedentes, para a rede do Ameal.	36
Figura 20 - Aplicação do método do mínimo móvel, para os 7 dias precedentes, para a rede do Ameal.	36
Figura 21 - Gráfico da precipitação mensal em Castanheira e Almalaguês para os meses de setembro, outubro e novembro do ano de 2022.	37
Figura 22 - Gráfico do número de dias em que ocorre precipitação nos meses de setembro, outubro e novembro.	38

Figura 23 - Tratamento de dados para caso de estudo na ETAR do Ameal para o mês de Setembro de 2022.....	39
Figura 24 – Volume mensal afluyente às ETARs.	39
Figura 25 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Ameal no mês de setembro.....	40
Figura 26 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Ameal no mês de outubro.....	41
Figura 27 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Ameal no mês de novembro.	41
Figura 28 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.	42
Figura 29 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Ameal, para 21 dias.....	43
Figura 30 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Ameal, para 7 dias.	43
Figura 31 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.	44
Figura 32 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.	45
Figura 33 - Relação do caudal total afluyente à ETAR do Ameal em função da precipitação.....	45
Figura 34 -Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Cernache no mês de setembro.....	46
Figura 35 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Cernache no mês de outubro.....	46
Figura 36 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Cernache no mês de novembro.	47
Figura 37 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.	48
Figura 38 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Cernache, para 21 dias.	49
Figura 39 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Cernache, para 7 dias.	49

Figura 40 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.	51
Figura 41 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.	51
Figura 42 - Relação do caudal total afluente à ETAR de Cernache em função da precipitação... 52	
Figura 43 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades no mês de setembro.....	53
Figura 44 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades no mês de outubro.....	53
Figura 45 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades no mês de novembro.....	54
Figura 46 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.	55
Figura 47 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, para 21 dias.	56
Figura 48 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, para 7 dias.	56
Figura 49 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.	58
Figura 50 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.	58
Figura 51 - Relação do caudal total afluente à ETAR de Ribeira de Frades em função da precipitação.....	58
Figura 52 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Choupal no mês de setembro.	59
Figura 53 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Choupal no mês de outubro.....	60
Figura 54 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Choupal no mês de novembro.	60
Figura 55 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.....	61
Figura 56 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Choupal, para 21 dias.	62

Figura 57 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Choupal, para 7 dias.	62
Figura 58 - Volumes afluentes à ETAR de Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.	63
Figura 59 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.	64
Figura 60 - Relação do caudal total afluente à ETAR do Choupal em função da precipitação. ...	64
Figura 61 - Relação das aflúências indevidas por km de conduta, com a precipitação ao longo dos 90 dias dos casos de estudo.	65

Índice de tabelas

Tabela 1 - Dados reais vs dados estimados.	38
Tabela 2 - Resultados obtidos para a ETAR do Ameal pela aplicação do método do triângulo. .	42
Tabela 3 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel para 21 dias.	44
Tabela 4 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel para 7 dias.	44
Tabela 5 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.....	48
Tabela 6 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.	50
Tabela 7 -Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.	50
Tabela 8 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.	55
Tabela 9 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.	57
Tabela 10 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.	57
Tabela 11 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.....	61
Tabela 12 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.	63
Tabela 13 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.	63
Tabela 14 - Faturação do volume de água residual afluente às ETARs.....	66
Tabela 15 - Intervalos representativos de volumes aceitáveis de aflúências indevidas, segundo o RGDSPPDADAR.....	67
Tabela 16 - Dados de volumes de aflúências indevidas, para os meses de estudo.....	67

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

Os sistemas de drenagem constituem uma fatia significativa do património de Portugal, da Europa e do mundo. O investimento que é feito ao longo do tempo de vida útil deste tipo de infraestruturas é uma parcela muito grande dos orçamentos disponíveis do estado português, principalmente, o que foi feito nos últimos cinquenta anos. É de notar que, apesar dos custos elevados deste tipo de ativos, estes representam um nível de segurança pública e garantia de condições de saúde mínimas para os cidadãos.

Os estudos realizados no âmbito da evolução, gestão e desempenho das redes de drenagem, têm vindo a trazer, às entidades gestoras, novos desafios no que toca à garantia de bom funcionamento, controlo de degradação e melhoramento dos serviços prestados. Apesar de tardia, a preocupação das entidades tem vindo a fazer-se notar, já que presenciam um processo que visa a ocorrência de aflúências indevidas devido a maus procedimentos construtivos que, por sua vez, propiciam o aumento da entrada de aflúências indevidas, devido à degradação que estes caudais impõem a estas infraestruturas. Este fenómeno implica a criação e aplicação de novas soluções, que garantam a diminuição ou extinção dos caudais parasitas afluentes às ETARs (França, 2018).

Nos dias de hoje, existem já entidades competentes e regulamentos que permitem o acompanhamento na fase de dimensionamento de uma rede de drenagem, são exemplos a ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos) e o RGSPDADAR (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais). Ambos proporcionam às entidades gestoras, normas para o dimensionamento de redes de abastecimento e drenagem, com base em estudos e experiência nesta área (Ramos, 2018). No entanto, existe a noção que muitos outros aspetos podem ser melhorados, como por exemplo, relações entre caudal de infiltração e idade dos elementos da estrutura, material usado nos elementos, entre outros, pois nem sempre os valores estimados através destas normas são os mais próximos da realidade (Coelho, 2013).

Mesmo tendo acesso a regulamentos e conhecimento na área de sistemas de drenagem, existem fatores que dificultam o controlo de caudais indevidos afluentes às redes. A infiltração é uma das variáveis que se identifica pela sua dificuldade de controlo, uma vez que a sua entrada é impulsionada com a presença de deteriorações no sistema, quer devido à idade dos componentes, quer devido à falta de rigor na construção dos sistemas, efeitos de assentamentos causadores de deformações, principalmente nas juntas de elementos distintos, falta de

manutenção e reparação dos elementos, idade avançada e degradação dos sistemas (Bonito, 2014).

Segundo Paixão (2016), as consequências da presença dos caudais parasitas nas redes de drenagem, passam essencialmente pelo impacto financeiro negativo acrescido às entidades gestoras e seus utentes e pela degradação estrutural dos sistemas de drenagem e tratamento, daí a possibilidade de estas infraestruturas causarem danos na saúde pública e impactos socioeconómicos negativos devido à degradação excessiva das redes e necessidade de investimentos superiores. Daqui, podem-se, desde já, verificar as consequências gravíssimas que a falta de controlo e as más políticas de gestão podem causar.

Neste sentido, a presente dissertação tem como objetivo quantificar, caraterizar e avaliar as origens das aflúências indevidas às redes de drenagem e, respetivas estações de tratamento.

1.2. Objetivo do trabalho

As aflúências indevidas são uma problemática muito presente, que acarreta desafios diários às concessionárias responsáveis pelas redes de drenagem. Assim sendo, pretendemos com este estudo desenvolver um olhar crítico e reflexivo sobre a influência das aflúências indevidas nos sistemas de águas residuais. Posto isto, surgiu a necessidade de definirmos os seguintes objetivos de estudo que orientam a investigação:

Quantificar os volumes de aflúências indevidas;

Quantificar os volumes de escoamento direto e indireto;

Relacionar as diferentes origens de entrada de aflúências indevidas com as parcelas das mesmas;

Identificar a relação entre aflúências totais e aflúências indevidas nas ETARs;

Avaliar o desempenho das redes de drenagem relativamente à entrada de aflúências indevidas;

Avaliar o impacto económico-financeiro das aflúências indevidas nos sistemas de drenagem.

É de salientar que estes objetivos serão testados em quatro redes, tuteladas pela empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal* (Ameal, Cernache, Ribeira de Frades e Choupal), que fazem a entrega das águas residuais às ETARs do Ameal, de Cernache, de Ribeira de Frades e do Choupal da empresa *Águas do Centro Litoral, S.A.*

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em quatro capítulos: a Introdução, o Estado da Arte, a Metodologia, Resultados e, por fim, Conclusões e Trabalhos Futuros.

Na Introdução, é apresentada uma contextualização do presente estudo. Em particular são descritos a motivação e a formulação do problema de investigação, a pertinência do estudo, bem como os objetivos que serviram de orientação e estiveram presentes durante todo o processo. No último ponto é, ainda, feita uma descrição sucinta da estrutura do documento.

O Estado da Arte reflete o resultado de pesquisas diversas sobre os vários temas implícitos ao estudo. Assim, para a escrita deste capítulo, foram analisadas e estudadas diversas obras relacionadas, em particular, com as afluências indevidas, nomeadamente os fatores que contribuem para a sua ocorrência, as consequências destas infiltrações nos sistemas de drenagem de águas, as metodologias de controlo, as metodologias de quantificação, as metodologias de monitorização, inspeção e deteção, os custos associados aos impactos provocados pelas afluências indevidas, a gestão patrimonial de ativos e os indicadores de desempenho técnico para as afluências indevidas.

No capítulo seguinte, intitulado por “Metodologia”, encontramos dois subcapítulos: a metodologia, aplicação ao estudo de caso e, respetivos resultados. No primeiro, é feita uma descrição minuciosa da metodologia utilizada para a quantificação de afluências indevidas e uma análise pormenorizada da precipitação. É, ainda, apresentada a caracterização e organização do contexto da investigação. Os segundo e terceiro subcapítulos incidem na apresentação e discussão dos resultados obtidos pela aplicação da metodologia abordada anteriormente aos estudos de caso (Rede/ETAR do Ameal, Rede/ETAR de Cernache, Rede/ETAR de Ribeira de Frades e Rede/ETAR do Choupal).

Por último, são apresentadas as conclusões que se podem depreender dos capítulos anteriores, no qual são também referidos contributos e limitações da presente investigação, bem como propostas de melhorias para trabalhos futuros.

2. ESTADO DA ARTE

O presente capítulo integra quatro pontos fundamentais: Drenagem urbana; Aflúências indevidas em sistemas de drenagem; Indicadores de desempenho técnico para as aflúências indevidas; Gestão patrimonial de ativos. No primeiro tópico, é feito um enquadramento dos tipos de sistemas de drenagem tendo em consideração, sobretudo, o artigo 116º do Decreto Regulamentar 23/95, sendo também destacados os principais objetivos dos sistemas de drenagem. No segundo ponto, é feita uma abordagem sobre a problemática das aflúências indevidas, quer sejam diretas ou indiretas, sendo dado destaque aos fatores que contribuem para a ocorrência de aflúências indevidas, às consequências da sua existência e, sobretudo, às estratégias utilizadas para contornar esta problemática. O tópico seguinte foca-se nos indicadores de desempenho técnicos para as aflúências indevidas e na sua importância para a avaliação de cada sistema de drenagem. Por último, um ponto que incide na gestão patrimonial de ativos, sendo feita uma abordagem centrada na reabilitação.

2.1. Drenagem urbana

Os sistemas de drenagem urbana são infraestruturas que captam e conduzem as águas residuais e pluviais para locais específicos, prevenindo a ocorrência de inundações e encaminhando as águas para tratamento nas ETARs. Os processos utilizados para o seu tratamento das AR são de natureza química, física e biológica, uma vez que é necessário garantir que estes caudais sejam devolvidos ao meio ambiente nas devidas condições, ou seja, não sendo prejudiciais à qualidade da saúde pública (Bonito, 2014). De acordo com Sá Marques et al. (2013, citado em França, 2018), “a drenagem urbana não é só uma necessidade, mas uma prioridade por estar diretamente ligada à qualidade de vida e à segurança das pessoas e bens” (p.5).

A água escoada na rede de drenagem é diretamente dependente das condições externas à rede e ao meio onde está instalada. Portanto, a existência de precipitação, a posição do nível freático, as tipologias da rede, entre outros fatores, influenciam a qualidade e quantidade desta água (Rodrigues, 2013).

As águas residuais podem ser de origem doméstica, industrial ou comercial e, por outro lado, as águas pluviais são classificadas como superficiais ou subterrâneas (Paixão, 2016). As águas residuais domésticas estão diretamente ligadas aos consumos e desperdícios resultantes das residências habitacionais, comerciais e públicas. Este tipo de águas tem como característica principal a grande quantidade de matéria orgânica. Em contrapartida, as águas residuais industriais possuem óleos, diluentes e outros componentes químicos, sendo necessário uma atenção redobrada para prevenir que estas entrem em contato com o meio ambiente. As águas

pluviais têm origem na formação de escoamentos, subsequentes da precipitação ocorrida (Girão, 2014). Note-se que, para além das componentes de escoamento supracitadas, existe outra fração que tem bastante influência no caudal drenado, as aflúências indevidas (Rodrigues, 2013), que, por sua vez, são o objeto de estudo da presente dissertação.

De acordo com o artigo 116º do Decreto Regulamentar 23/95, os sistemas de drenagem podem ser categorizados em quatro tipos: redes unitárias, redes separativas, redes pseudo-separativas e redes mistas (Paixão, 2016). As redes unitárias permitem o transporte conjunto das águas residuais e pluviais (Bonito, 2014). Pode pensar-se que esta solução tem um impacto financeiro menor comparativamente a outras, devido à sua simplicidade, no entanto, acaba por dar origem a grandes investimentos, dada a necessidade de sobre dimensionar as condutas para evitar a entrada em carga em eventos pluviométricos mais significativos. Consequentemente, torna-se necessário que as ETARs sejam também de maior dimensão (Rodrigues, 2013). As redes separativas são caracterizadas pela existência de dois tipos de coletores independentes. Um destes coletores destina-se a águas pluviais e o outro a águas residuais. Com esta tipologia é possível evitar a entrada de caudais excedentes nas ETARs, visto que as águas pluviais são devolvidas ao meio ambiente, nos devidos pontos, não sendo necessário um tratamento específico. Salienta-se que, sendo um sistema composto por duas condutas, ocupando uma maior área, implica um maior custo na infraestrutura propriamente dita. Todavia, o dimensionamento da infraestrutura recetora (ETAR) pode sofrer uma otimização, sendo que as aflúências totais à mesma são possíveis de estimar previamente (Girão, 2014). As redes pseudo-separativas consideram-se ainda mais complexas que os sistemas separativos, devido à estrutura semelhante com as últimas. Contudo, admite-se uma seleção restrita a outras entradas, ou seja, estas redes podem recolher, para além das águas residuais, uma parcela de águas pluviais, com origem em pátios interiores (Bonito, 2014). Por fim, devido às condicionantes orçamentais, territoriais ou à construção faseada das redes surgem as redes mistas. Este modo é conhecido por dividir o seu comprimento total em segmentos do tipo unitário e separativo. É perceptível que, independentemente de a parte unitária ser a montante e a separativa a jusante, ou vice-versa, o rigor da seleção de águas, que serão encaminhadas a tratamento, não será tão preciso como na tipologia separativa, dado que no coletor mais simplista não há distinção dos caudais (Paixão, 2016).

Em suma, podemos afirmar que os sistemas totalmente separativos são os que melhor possibilitam a identificação da existência, ou não, de aflúências indevidas, daí ser uma das recomendações do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR) (Sá Marques et al., 2013). Por sua vez, as redes separativas são, de igual modo, a tipologia maioritária nas redes dos casos de estudo da presente dissertação, pois a percentagem existente de sistemas unitários considera-se desprezável.

2.2. Afluências indevidas em sistemas de águas residuais

As afluências indevidas são um problema bem presente na fase de gestão das entidades competentes. Estes caudais excedentários estão associados à entrada de volumes parasitas nas redes de drenagem, quer por infiltração, quer por escoamento superficial. A parcela de infiltração é originada, na maior parte das vezes, pela subida do nível dos lençóis freáticos que, ao encontrarem deficiências estruturais ou devidas ao desgaste, facilitam a entrada de água nos sistemas de drenagem. Por outro lado, a fração de escoamento superficial, fruto das águas pluviais, consegue-se juntar ao restante escoamento devido às más execuções de aplicação das tampas de esgotos ou com aparência de desgaste, ligações indevidas, entre outros (Paixão, 2016).

Na medida em que, devido às afluências indevidas, o caudal drenado nos sistemas é muito superior, excedendo a capacidade para o qual foram dimensionadas, pode acarretar diversos problemas, diminuindo o período de vida dos ativos e comprometendo o seu desempenho (Coelho, 2013). Além disso, para sistemas do tipo unitário pode provocar consequências a jusante da rede, ou seja, o tratamento das águas residuais pode tornar-se insuficiente, uma vez que, o volume esperado na estação será tanto maior, quanto maior for a duração e intensidade do evento pluviométrico (França, 2018). Os sistemas separativos são fulcrais para a identificação deste fenómeno, pois, tornam possível a mitigação do problema, quando bem executados, dado que, permitem saber a infiltração ocorrida em tempo seco, separando as águas residuais das águas pluviais. A partir daí, procede-se ao balanço de caudais e à comparação desses volumes em períodos em que ocorre precipitação e em períodos de tempo seco (Rodrigues, 2013).

2.2.1. Classificação de afluências indevidas

Tendo em conta as conjeturas referidas acima, podemos diferenciar as afluências indevidas em dois grupos fundamentais: diretas e indiretas. Esta classificação está diretamente relacionada com a existência, ou não, de precipitação (Baptista, 2021).

Sendo as afluências indevidas diretas (Figura 1) caracterizadas por dependerem diretamente da ocorrência de eventos pluviométricos, estão divididas em escoamento direto e infiltração direta, ocorrendo apenas durante e num espaço de tempo após uma chuvada. Desta forma, estão associadas à ocorrência dos caudais de ponta, os quais preocupam as entidades gestoras (Baptista, 2021). Duarte (2020) reforça que as afluências indevidas diretas “constituem uma contribuição temporária de caudais excedentários em sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais e, apesar da sua curta duração, revelam-se responsáveis por elevados caudais de ponta admitidos em ETAR nas épocas húmidas” (p. 41). O escoamento direto, também

denominado por escoamento superficial, está relacionado com o volume originado pela precipitação, sendo dependente da duração e da intensidade da mesma. A entrada destes caudais na rede ocorre, caso existam ligações indevidas ou defeitos no sistema. Em contrapartida, a infiltração direta, de igual modo designada por drenagem rápida, diverge da anterior pelo tempo que leva até se extinguir e é dependente da constituição geológica do solo por onde percola. Estas águas, geralmente, tendem a afluir nas zonas fissuradas, nas juntas ou outros pontos que demonstrem desgaste (Ramos, 2018).

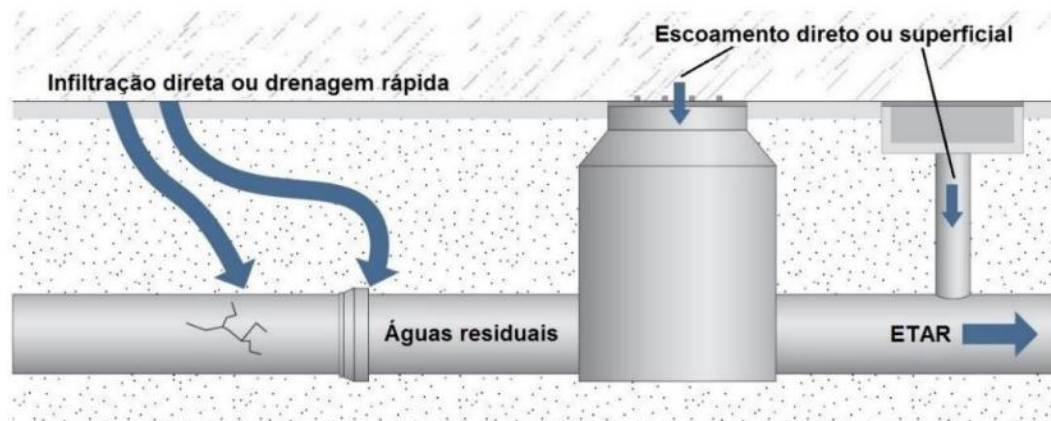


Figura 1 - Afluências indevidas diretas (Paixão, 2016, adaptado de Kesik, 2015).

As afluências indevidas indiretas (Figura 2) estão indiretamente ligadas a fenómenos de precipitação, visto que influenciam a posição do nível freático e esta infiltração é dependente deste nível (Baptista, 2021). Assim, visto que a variação do nível dos lençóis freáticos deriva de mais fatores, para além da precipitação, as afluências indevidas indiretas subdividem-se em três categorias, de acordo com a sua origem. Caso resultem de ligações clandestinas, estas podem ser afluências indevidas indiretas pluviais ou domésticas. Se tiverem origem a partir da subida do nível da água do mar, denominam-se por afluências indevidas indiretas de maré. À semelhança das infiltrações diretas, as indiretas influenciam o aumento dos caudais de escoamento a partir de falhas, fendas, entre outros (França, 2018).

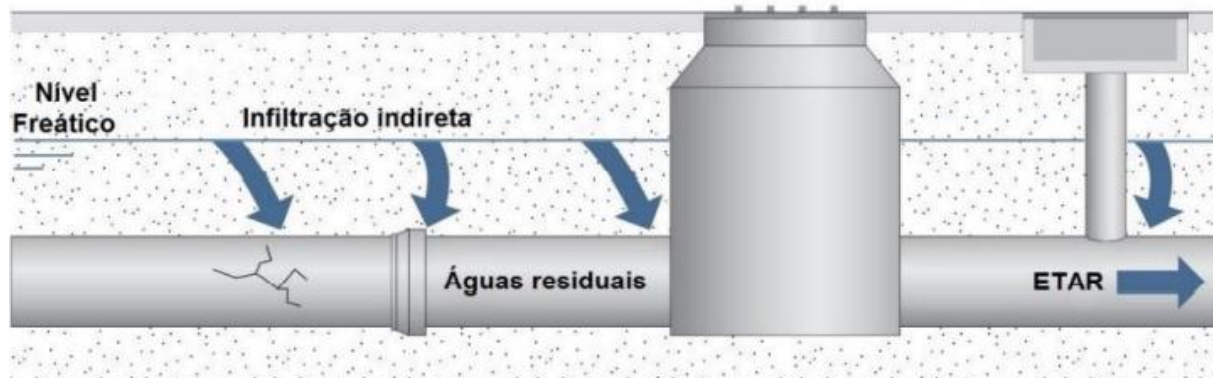


Figura 2 - Afluências indevidas indiretas (Paixão, 2016, adaptado de Kesik, 2015).

Em suma, podemos ver as diversas frações constituintes das afluências indevidas ou caudais parasitas no esquema apresentado abaixo (Figura 3).

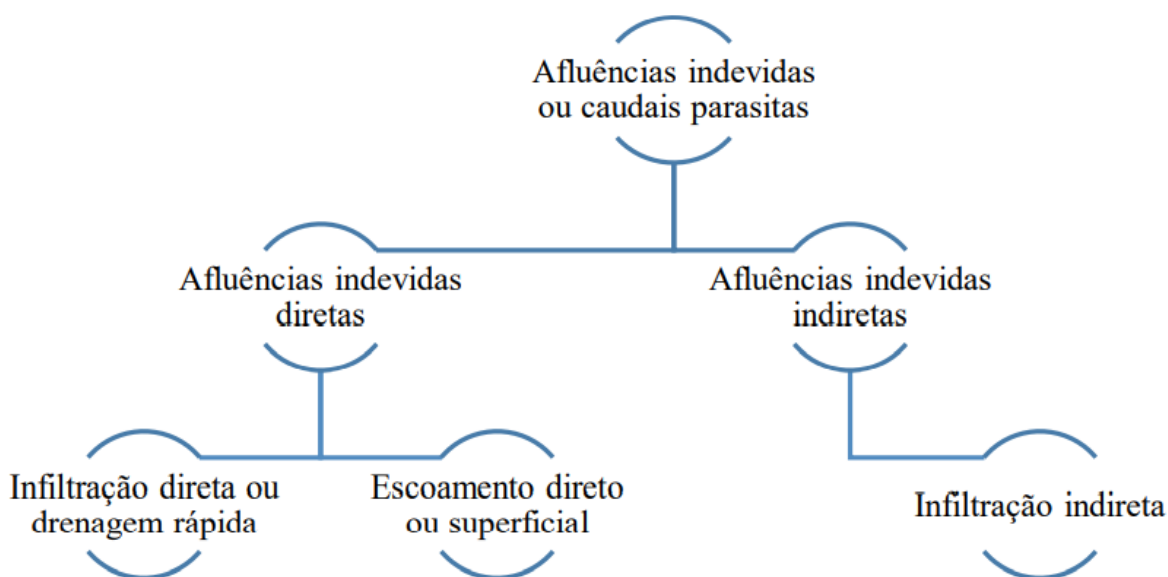


Figura 3 - Tipologias de afluências indevidas (Paixão, 2016).

2.2.2. Fatores que contribuem para a ocorrência de afluências indevidas

As afluências indevidas, apesar de aparecerem no início de vida das infraestruturas, têm tendência a ser ampliadas ao longo do tempo. As razões que dão origem a esse agravamento estão ligadas, muitas das vezes, à falta de manutenção, frequentemente, por falta de verbas para intervir na infraestrutura. Tal como acontece em todos os tipos de infraestruturas, o tempo leva ao agravamento de danos e, com o passar dos anos, estes vão-se propagando e possibilitando,

cada vez mais, a entrada de maiores caudais excedentários, e, assim, originando um ciclo vicioso.

A degradação num sistema de águas residuais e pluviais pode ocorrer de diversas formas, por efeito de causas internas, causas externas, erros de conceção e projeto, práticas de construção inadequadas e insuficiências de manutenção e operação (Almeida & Cardoso, 2010). As causas internas estão associadas ao desgaste físico, químico e bioquímico resultantes das condições de escoamento e do tipo de afluências. A degradação mecânica de desgaste e erosão devido à ação mecânica pelo movimento do escoamento é o maior exemplo de causas internas de afluências indevidas. Noutra vertente, os sulfuretos presentes nas águas residuais podem dar origem a gás sulfídrico, caso não ocorra oxidação no meio líquido, o que implica a ocorrência de corrosão dos materiais constituintes das paredes dos componentes. Por outro lado, devido à falta de manutenção do sistema, pode ocorrer a entrada de sólidos de maiores dimensões que, ao acumularem-se no interior do sistema de drenagem, podem criar obstruções nos coletores. Assim, torna-se importante garantir a autolimpeza dos sistemas, através do cumprimento das velocidades mínimas. Como em todas as infraestruturas, além das degradações a partir do interior, podem ocorrer degradações a partir do exterior. As sobrecargas, as atividades de escavação próximas da estrutura, a ocorrência de sismos, assentamentos, movimentos freáticos, composições químicas dos solos, fenómenos acidentais e danos de terceiros são exemplos de causas externas de afluências indevidas.

Na conceção e projeto de infraestruturas, muitas vezes, não são feitas verificações necessárias, o que pode trazer um agravamento dos problemas num futuro próximo. As causas do mau funcionamento e, posteriormente, da degradação devem-se, frequentemente, à forma generalizada que se aplica no dimensionamento sem pensar no funcionamento: estimativas erradas de caudais afluentes, falta de considerações, falta de utilização de instrumentos de controlo dos sistemas e falta de dispositivos de pré-tratamento.

Na fase de construção, podem ocorrer diversas atividades que influenciam o desempenho dos sistemas, devido à falta de conhecimento dos operários e por falta de controlo do engenheiro responsável. Muitas vezes, as deteriorações dos elementos dos sistemas podem ter origem na falta de considerações locais, não cumprimento em obra do projeto, inexistência do controlo de qualidade dos próprios elementos, procedimentos inadequados na requisição dos materiais, má execução do assentamento dos elementos, falta de alinhamento, má execução das ligações, entre outros. Todos estes incumprimentos causam uma debilidade no sistema.

Por último, são também importantes as atividades de operação e manutenção. A inspeção dos sistemas de drenagem são uma tarefa que pode prevenir danos maiores, pela identificação precoce da anomalia, e a hipótese de atuação na raiz do problema. Esta inspeção refere-se a

coletores e câmaras de visita, estações elevatórias, descarregadores e estruturas de retenção (Almeida & Cardoso, 2010).

De acordo com Coelho (2013), Belez (2016), Paixão (2016) e França (2018) são vários os fatores que contribuem para a ocorrência de afluências indevidas e, por sua vez, estes fatores podem ser vistos como consequências ou vice-versa. Alguns dos exemplos para a degradação do sistema de drenagem, prendem-se com o facto de o meio envolvente à infraestrutura sofrer alterações. O aparecimento/propagação das raízes no solo (Figura 4), as remoções ou depósitos de terras (Figura 5), a ocorrência de precipitação, a proximidade a aquíferos, as alterações da composição do solo e águas (Figura 6) e as alterações do nível freático são acontecimentos que afetam estruturalmente estes ativos, na medida em que aplicam esforços adicionais à estrutura, não tendo sido dimensionada para tal. Por outro lado, no contexto económico, os elevados custos de reabilitação de condutas, ou mesmo para adquirir melhor qualidade na construção de sistemas (Figura 7), tornam-se um entrave. Existem, ainda, os problemas de ligações clandestinas que afetam os ativos por aumentar os caudais de escoamento e alterar o escoamento de superfície livre para escoamento sob pressão (Figura 8), o que traz uma degradação adicional aos elementos constituintes dos sistemas. Por fim, é de salientar que se existir um local propício à entrada de água, esta tendência aumentará com o aumento da densidade de órgãos e terá maior capacidade de transportar caudais parasitas se os seus elementos tiverem diâmetros muito acima do necessário.



Figura 4 - Impacto na junta do coletor devido a raízes (França, 2018).



Figura 5 - Deformação no coletor devido à remoção ou depósito de terras (França, 2018).



Figura 6 - Agressividade do meio (Almeida & Cardoso, 2010).

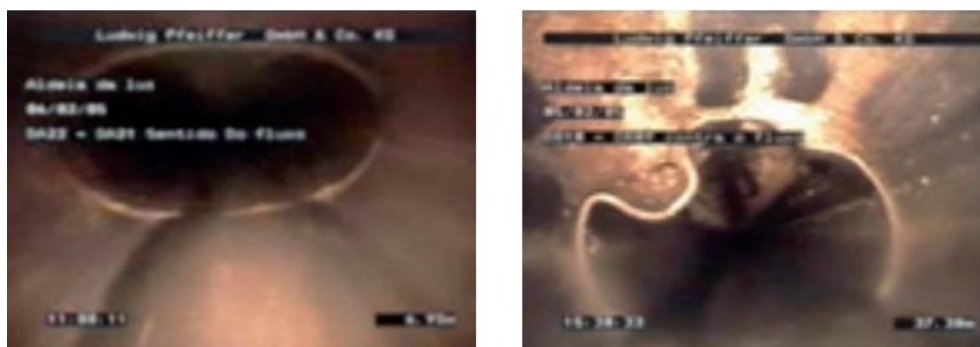


Figura 7 - Deformação no coletor devido à má construção (Almeida & Cardoso, 2010).



Figura 8 - Desgaste devido à alteração do tipo de escoamento (Almeida & Cardoso, 2010).

2.2.3. Consequências das infiltrações no funcionamento dos sistemas de drenagem

As aflúências indevidas ou caudais parasitas, trazem consequências nefastas, aquando da sua existência. Os problemas causados pelas aflúências indevidas atacam a infraestrutura de drenagem ao nível do desempenho em todas os setores importantes: estrutural, económico-financeiro, saúde e sanitário (Almeida & Cardoso, 2010).

Ao nível estrutural (Figura 9), quando o sistema apresenta danos significativos, pode dar-se o excessivo transporte de sedimentos para o interior dos coletores, e, dessa forma, diminuir a secção existente, causando a entrada em carga do sistema, permitindo inundações ou descargas indevidas. Dessa forma, originado a alteração dos tipos de escoamentos ou pela redução da capacidade hidráulica, dando origem a velocidades elevadas e, por isso, a degradação rápida dos componentes da rede (Almeida & Cardoso, 2010; Rodrigues, 2013).

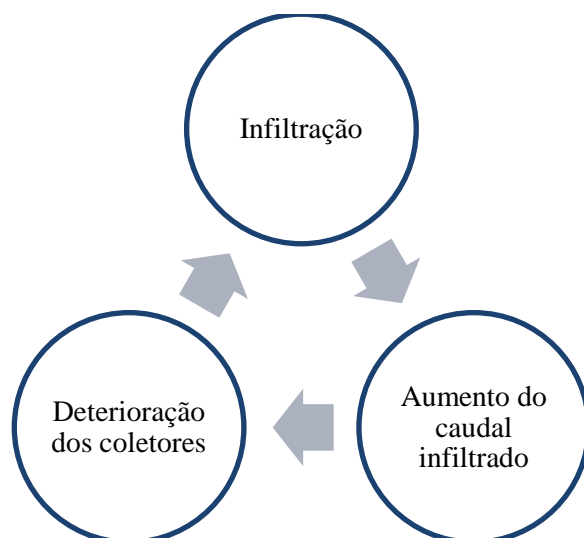


Figura 9 - Esquema do ciclo de sistemas de águas residuais.

A parte financeira (Figura 10) está direta ou indiretamente ligada à parte estrutural, uma vez que, quando se fala em degradações muito acentuadas, é nesta vertente que se vão refletir. Portanto, quando o estado de um ativo piora, o seu valor patrimonial decai, o que traz à entidade gestora e aos seus clientes penalizações ao nível financeiro, devido ao aumento dos custos operacionais necessários adjacentes (Almeida & Cardoso, 2010; Belez, 2016).

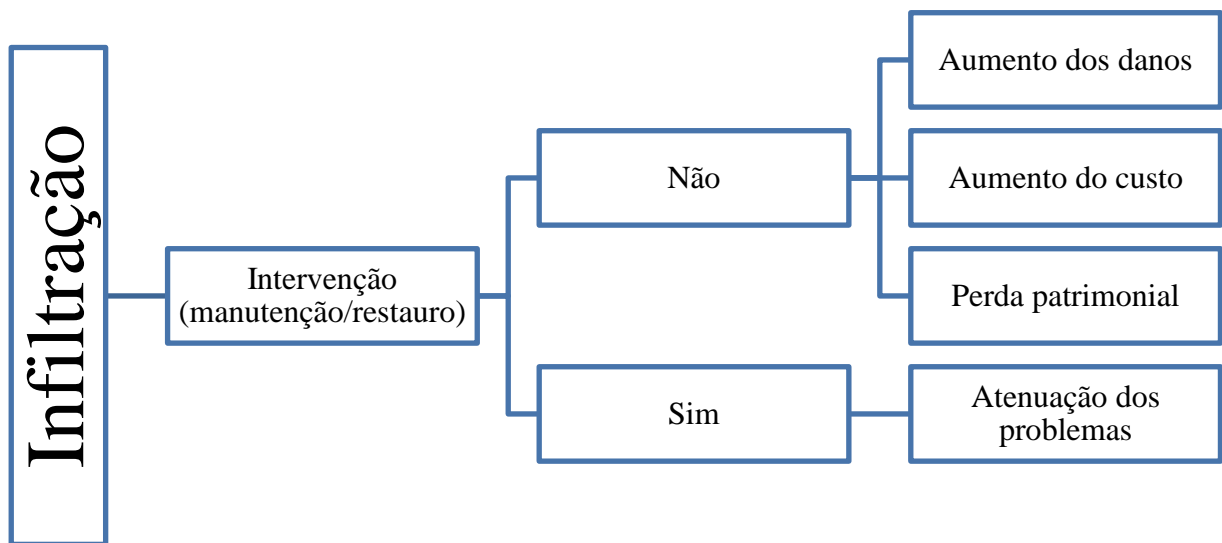


Figura 10 - Esquema do impacto das afluências indevidas ao nível financeiro.

Por último, no que respeita à saúde e segurança pública (Figura 11), a falta de desempenho pode aumentar a ocorrência de caudais efluentes, o que poderá aumentar a proximidade dos mesmos com as pessoas. Quando o sistema entra em carga pode dar origem a inundações, descargas ou exfiltração. Existe, de igual modo, um reflexo na acumulação de água nas estradas e abatimentos das mesmas, podendo comprometer a segurança rodoviária dos utentes, visto que, na maioria dos casos, as infraestruturas de drenagem são subjacentes às vias de comunicação (Almeida & Cardoso, 2010; Bloetscher, 2019).

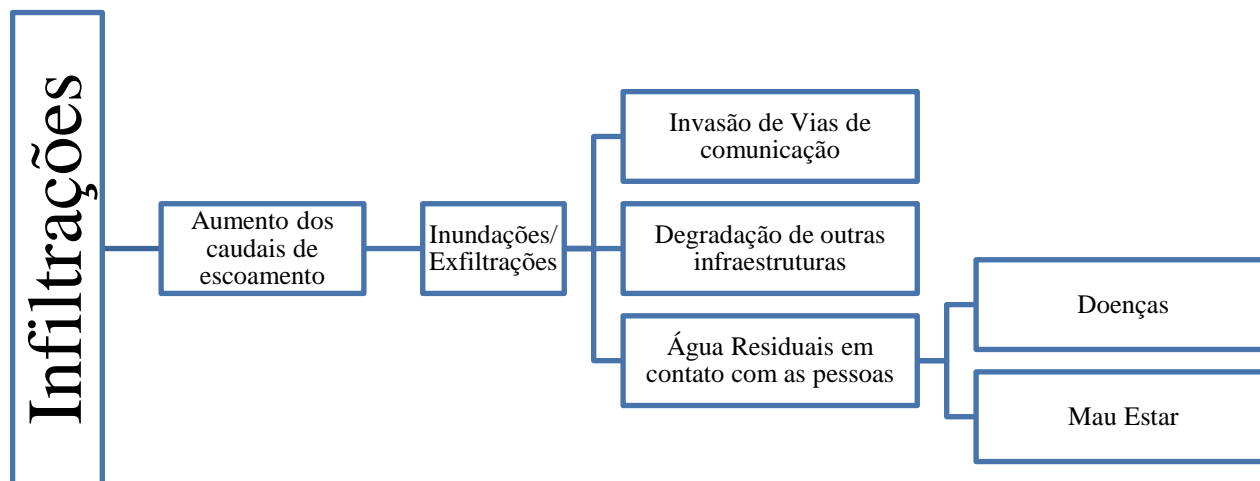


Figura 11 - Esquema do impacto das aflúências indevidas ao nível da saúde e segurança.

2.2.4. Metodologias para controlo e quantificação de aflúências indevidas

O controlo dos caudais de aflúências indevidas é, normalmente, uma tarefa que envolve maior dificuldade, quando comparada à identificação das mesmas. Este desafio prende-se na variação que os caudais parasitas podem tomar ao longo do tempo e, sendo, maioritariamente, este escoamento em regime de superfície livre e com volumes muito reduzidos, dificulta a identificação da existência, ou não, de infiltrações (Gomes, 2015). Por isso, o método aconselhado para controlar a variável da infiltração começa por identificar as zonas suscetíveis à entrada de caudais parasitas e quantificar os volumes do mesmo. Posteriormente, deve fazer-se um estudo acerca das causas passíveis de influenciar a entrada de volumes parasitas e os elementos constituintes mais propícios à aflúência destes volumes. Sabendo onde se encontra a possível raiz do problema, procede-se à escolha das metodologias mais adequadas para o combate a essas causas. Por fim, surgem as operações de reparação e manutenção nos pontos identificados como críticos (Coelho, 2013).

Na quantificação do volume de aflúências indevidas, há necessidade de distinguir duas fases separadas pela construção da infraestrutura. Num primeiro momento, denominado de fase de projeto, são feitos os cálculos de dimensionamento e são tomadas as decisões, tendo em conta, os caudais que afluirão à rede. Noutro instante, na fase de exploração, é feito o

acompanhamento à estrutura, avaliação do desempenho e, se necessário, as intervenções construtivas na mesma (Girão, 2014).

Ao longo dos anos, vários métodos têm vindo a ser desenvolvidos para identificar as entradas de volumes parasitas nas redes de drenagem. Neste caso, para a fase de projeto, estão disponíveis, várias formas possíveis de estimar o volume de infiltrações. Entre elas, esta estimativa pode ser feita através do cálculo de balanços hídricos, em que é feito um balanço entre o volume de entrada na rede e o volume de entrada nas ETARs. Podem, de igual modo, ser usados hidrogramas como um método de cálculo similar aos hidrogramas de cheia. Como terceira opção, existem processos químicos que permitem distinguir os volumes de infiltração dos caudais residuais, através da presença de uma característica identificativa. Por fim, podem usar-se programas informáticos que permitem estimar o caudal das aflúências indevidas (caudal teórico), que ocorreria se as condições fossem perfeitas, e compará-lo ao caudal verdadeiramente drenado (caudal real) (França, 2018).

No entanto, sendo os métodos abordados falíveis, devido à imperfeição da rede e do meio redundante, com origem nas más execuções construtivas ou em falhas nos cálculos executados, torna-se imprescindível a monitorização contínua durante o período de vida da estrutura (Brito, Almeida & Ribeiro, 2022).

A quantificação de caudais parasitas em sistemas de drenagem pode ser realizada através de várias metodologias. A base de cálculo desta problemática pode ter origem a partir do regulamento RGSPDADAR (art.º 23/95). Noutra vertente, o volume de aflúências indevidas pode ser obtido por métodos baseados em medição de caudal, por balanços hídricos anuais, pelo método do triângulo, pelo método do mínimo móvel ou pelo método do caudal em tempo seco, que serão explicados no presente trabalho. Existem, ainda, outras formas, como é o caso de métodos de quantificação baseados em traçadores, como por exemplo, o método suíço, o método das séries temporais de cargas poluentes e o método dos isótopos estáveis. A Entidade Reguladora de Serviço de Água e Resíduos (ERSAR) também faz recomendações que permitem o cálculo destes caudais (Bonito, 2014; Coelho, 2013; França, 2018; Mortinho, 2011; Paixão, 2016).

O RGSPDADAR, pelo artigo n.º 23/95, de 23 de agosto, permite determinar os volumes de infiltração afluentes, expectáveis, às redes de drenagem, ainda em fase de projeto. Estimando-se o caudal residual doméstico e o caudal residual industrial, e sabendo que o caudal de aflúências indevidas é o que totaliza para atingir o caudal residual de projeto, obtêm-se, por (1) e (2):

$$Q_{res,dom} = Pop \times Cap \times f_a \quad (1)$$

$$Q_{res,proj} = Q_{res,dom} + Q_{res,ind} + Q_{AI} \quad (2)$$

Sendo:

Pop – População (número de habitantes)

f_a – Fator de aflúência

$Q_{res, dom}$ – Caudal Residual Doméstico

Q_{AI} – Caudal diário de aflúências Indevidas (sendo o somatório do escoamento direto e indireto)

Cap – Capitação

$Q_{res, proj}$ – Caudal residual de projeto

$Q_{res, ind}$ – Caudal residual industrial

Já em fase de exploração, estão disponíveis os seguintes métodos, para quantificação de aflúências indevidas diretas e indiretas: **método do triângulo** e o **método do mínimo móvel**.

O **método do triângulo** é usado para determinar as várias frações de caudais parasitas que se juntam aos volumes residuais drenados nas redes com destino às estações de tratamento. Esta metodologia consiste na organização de séries cronológicas em séries classificadas de caudais. Assim, tendo disponíveis os dados dos caudais diários afluentes às ETARs, procede-se à organização dos caudais por ordem crescente de grandeza e à construção da curva. Portanto, definindo um eixo horizontal, correspondente ao número de dias em que foram observados os caudais, e um eixo vertical, representativo dos valores dos mesmos, obtém-se a curva que define o volume total que aflui à ETAR (Figura 12) (França, 2018; Paixão, 2016; Ramos, 2018; Rodrigues, 2013). Ainda na representação do gráfico do método do triângulo, é criada uma série que corresponde ao consumo médio diário doméstico e/ou industrial e se considera que este é constante ao longo do período de estudo. Conhecendo já estas duas variáveis, no gráfico, podemos referir que a área delimitada entre as mesmas se refere ao volume de aflúências indevidas no sistema de drenagem. Posto isto, é possível distinguir o volume correspondente das aflúências indevidas diretas do volume correspondente das aflúências indevidas indiretas. Esta separação é feita assumindo que a componente do escoamento superficial é máxima no momento que coincide com a ocorrência de precipitação. Por esta razão, é importante observar, e ter em conta, o número de dias em que ocorre precipitação ou há influência da mesma. O último dia coincide com o ponto do vértice do triângulo, correspondente ao início da linha de separação entre a infiltração e o escoamento direto. Por sua vez, o final da linha de separação entre a infiltração e o escoamento direto corresponde à interseção entre a reta horizontal,

representativa do caudal de origem doméstica, e a linha vertical da abcissa do dia de caudal máximo. Estes dias devem ser contados da direita para a esquerda, a partir do dia de maior caudal no gráfico de aplicação do método. Segundo Paixão (2016), “a separação das parcelas relativas ao escoamento superficial, ou direto, e da infiltração obtém-se assumindo que a componente de escoamento superficial atinge o seu máximo depois de períodos chuvosos” (p.21).

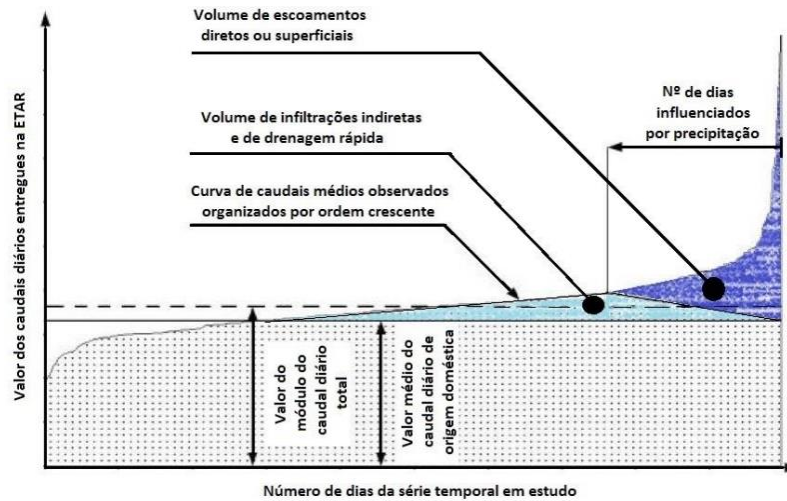


Figura 12 - Exemplo de aplicação do método do triângulo para a separação das parcelas de origem doméstica, infiltração e escoamento superficial (Paixão, 2016, adaptado de Almeida e Monteiro, 2004).

Segundo (Paixão, 2016), para quantificar, matematicamente, os dados que dão origem ao gráfico da Figura 13 têm-se as equações seguintes (3), (4) e (5):

$$V_{AI}^{Tf} = \int_0^{Tf} [Q_{ETAR,cresc}(t) - (Q_{res,dom}(t) + Q_{res,ind}(t))] dt \quad (3)$$

$$V_{Inf}^{Tf} = \int_0^{Tf} [Q_{ETAR,cresc}(t) - (Q_{res,dom}(t) + Q_{res,ind}(t))] dt + \int_{Tp}^{Tf} [Q_{ETAR,cresc}(Tp) - \frac{Q_{ETAR,cresc}(Tp) - (Q_{res,dom}(t) + Q_{res,ind}(t))}{Tf - Tp} \times (t - Tp) - (Q_{res,dom}(t) + Q_{res,ind}(t))] dt \quad (4)$$

$$V_{Esc.dir}^{Tf} = \int_{Tp}^{Tf} [Q_{ETAR,cresc}(t) - Q_{infiltrações}(t) - (Q_{res,dom}(t) + Q_{res,ind}(t))] dt \quad (5)$$

Sendo:

$Q_{ETAR,cresc}$ – Caudal afluyente à ETAR, por ordem crescente

t – Tempo

T_r – Número de dias do período de estudo

T_p – Número de dias sem chuva do período de estudo

V_{AI}^{Tf} – Volume de afluências indevidas na rede residual durante o período de estudo

V_{Inf}^{Tf} – Volume de infiltrações na rede residual durante o período de estudo

$V_{Esc.dir}^{Tf}$ – Volume de escoamento direto na rede residual durante o período de estudo

$Q_{res, dom}$ – Caudal Residual Doméstico

$Q_{res, ind}$ – Caudal residual industrial

Ao contrário do método do triângulo, o **método do mínimo móvel** (Figura 13) permite observar a forma como variam as afluências indevidas, durante um dado período. A base desta metodologia apoia-se no facto dos caudais afluentes às ETARs serem resultantes do somatório dos caudais das afluências indevidas com os caudais residuais domésticos (Paixão, 2016).

Para a aplicação do método do mínimo móvel são necessários dados representativos dos registos diários, permitindo a construção de hidrogramas dos volumes afluentes às estações de tratamento e dos volumes parasitas, usando para cada dia da série temporal o estudo dos 7 ou 21 dias que lhe precedem (período considerado necessário para se excluir a influência de precipitação) (Bonito, 2014; Paixão, 2016; França, 2018). Com estas considerações, torna-se possível quantificar o caudal resultante das infiltrações diretas e indiretas, tendo-se considerado, anteriormente, o volume respeitante ao volume anual afluyente à estação de tratamento, o volume de água residual doméstica e o volume de água residual industrial, tendo em conta o volume resultante das infiltrações indiretas (Gomes, 2015). Portanto, diz-se mínimo móvel o volume correspondente ao caudal total mínimo das águas residuais, que pode, também, ser obtido pelo produto entre a média do mínimo móvel e o período do estudo. Por conseguinte, segundo Baptista (2021), podem obter-se os valores dos caudais através de (6), (7) e (8):

$$V_{Esc.dir}^j = V_{ETAR}^j - V_{MM}^j \quad (6)$$

$$V_{Inf}^j = V_{MM}^j - (V_{res,dom}^j + V_{res,ind}^j) \quad (7)$$

$$V_{AI}^j = V_{Esc.dir}^j + V_{Inf}^j \quad (8)$$

Sendo:

$V_{Esc.dir}^j$ - Volume de escoamento direto afluyente à rede residual no dia j

V_{ETAR}^j - Volume afluyente à ETAR no dia j

V_{MM}^j - Volume correspondente ao mínimo móvel dos 21 dias precedentes ao dia j

V_{Inf}^j - Volume de infiltrações afluyente à rede residual no dia j

$V_{res,dom}^j$ - Volume de águas residuais domésticas afluyente à rede residual no dia j

$V_{res,ind}^j$ - Volume de águas residuais industriais afluyente à rede residual no dia j

V_{AI}^j - Volume de aflúências indevidas afluyentes à rede residual no dia j

A principal vantagem neste método é o facto de não depender de informações da precipitação, sendo apenas necessário conhecer os dias de tempo seco. Pelo contrário, tem a debilidade de ser capaz de, somente, conseguir aproximar-se ao resultado, faltando-lhe uma componente física (Duarte, 2020).

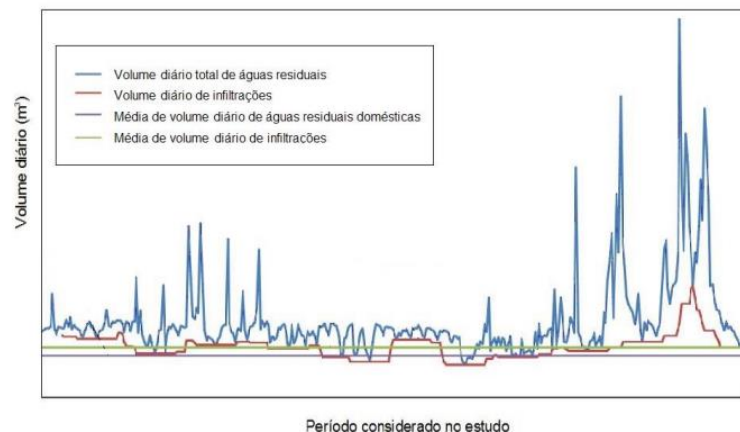


Figura 13 - Aplicação do método do mínimo móvel para a elaboração de hidrogramas de aflúências indevidas (França, 2018, adaptado de Mortinho, 2011).

Numa outra perspetiva, de forma a quantificar ao caudal de aflúências indevidas indiretas, é possível calcular os caudais desta origem usando o **método do caudal em tempo seco**.

O **método do caudal em tempo seco** (9) admite na sua aplicação que, em períodos de tempo seco, apenas estão presentes no escoamento, nas redes de drenagem, três componentes: o caudal residual doméstico, o caudal residual industrial e o caudal de infiltração. Desta forma, torna-se um método com alguma incerteza, devido à consideração nula da componente de escoamento direto (Baptista, 2021; Duarte, 2020; Gomes, 2015; França, 2018; Paixão, 2016). O caudal respeitante às infiltrações é dado pela diferença entre o caudal total afluyente às ETARs em períodos de chuva e o caudal afluyente às ETARs em tempo seco, matematicamente:

$$Q_{inf,indieretas} = Q_{tempo\ seco} - (Pop \times Cap_{a,r} + Q_{res,ind}) \quad (9)$$

Sendo:

$Cap_{a,r}$ – Capitação de águas residuais

$Q_{tempo\ seco}$ – Caudal diário residual total de tempo seco

$Q_{inf,indieretas}$ - Caudal diário de infiltração direta

Existe a necessidade de garantir que num período, entre 7 e 10 dias, não se verifique a ocorrência de precipitação, pois a sua fiabilidade será tanto maior, quanto maior for o período de não ocorrência de precipitação (Baptista, 2021).

Caso o local em que é feito um estudo deste tipo, não detenha registos relativos a caudais de aflúências indevidas e onde os níveis freáticos sejam elevados, estima-se que possam ser 45% do caudal de tempo seco. Daí resulta uma alternativa à equação (9), a equação (12):

$$Q_{inf,indiretas} = Q_{tempo,seco} \times 0.45 \quad (10)$$

$$Q_{inf,indiretas} = (P \times Cap_{a,r} + Q_{res,ind} + Q_{inf,indieretas}) \times 0.45 \quad (11)$$

$$Q_{inf,indiretas} = (P \times Cap_{a,r} + Q_{res,ind}) \times 0.8 \quad (12)$$

2.2.5. Metodologias para a inspeção, monitorização e deteção de aflúências indevidas

As metodologias disponíveis para a identificação de problemas e para apoio ao diagnóstico incluem a monitorização de caudais, inspeções, testes, inquéritos e modelação matemática. O processo de minimização de aflúências indevidas, por parte de programas usados na vertente de hidráulica, depende da qualidade das monitorizações que lhes dão apoio, tal como a investigação cuidadosa que deve ser feita previamente.

A **monitorização de caudais e de precipitação**, em sistemas de medição ou temporários, permite identificar a totalidade das aflúências em cada secção. No caso de sistemas separativos, estas medições devem ser realizadas em redes domésticas e em redes pluviais, em simultâneo, para um melhor controlo. Ainda assim, deve ser medida a precipitação durante o período de controlo de caudais, assim como o controlo dos níveis freáticos envolventes. Neste tipo de sistemas, é possível verificar a presença, ou não, de caudais parasitas e a gravidade que os mesmos podem trazer aos sistemas de drenagem. Caso existam registos de caudais na rede

doméstica em tempo seco, conseguimos determinar o padrão diário da bacia. Assim, tendo os dados dos caudais em tempo seco e durante os eventos chuvosos, podem quantificar-se os caudais das ligações indevidas e estimar-se a área influenciada na rede, através de comparação. Para estimar a dimensão das infiltrações, basta comparar a evolução dos caudais mínimos entre os períodos secos e chuvosos (Almeida & Cardoso, 2010).

A **inspeção visual, manual ou com recurso a Closed Circuit Television (CCTV)** permite identificar as ligações existentes, problemas de infiltração, entre outros problemas presentes em câmaras de visita ou coletores (Figura 14). Com esta metodologia é, também, possível fazer uma avaliação das condições estruturais da rede. Apesar de este tipo não possibilitar a avaliação quantitativa das entradas, permite recolher informação sobre as causas dos problemas e a sua gravidade (Baptista, 2016; Bloetscher, 2019). De acordo com Almeida e Cardoso (2010), “as inspeções durante as fases de construção ou de reabilitação de edificações são, muitas vezes, a única forma exequível de verificar e corrigir situações incorretas” (p.180).



Figura 14 - Anomalias detetadas por inspeção visual (Almeida & Cardoso, 2010).

A **avaliação por testes de fumo** consiste na introdução de grandes quantidades de fumo nas câmaras de visita, sendo feita a observação no exterior para despistar os locais de saída do fumo (Figura 15). O fumo usado neste tipo de ensaios deve ter baixas temperaturas, deve ser inodoro e sem componentes químicos que afetem a saúde pública. Estes testes permitem avaliar a existência de ligações indevidas (especialmente de sumidouros, de algerozes, de pátios e de outras áreas de drenagem) e, de modo mais limitado, locais onde ocorre infiltração nos coletores (Martins, 2015).



Figura 15 - Aplicação de testes de fumo (Almeida & Cardoso, 2010).

Os **testes com traçadores** consistem na aplicação de um traçador a montante das ligações em que se desconfia ser uma ligação indevida e a ligação onde aflui o caudal com o traçador (Figura 16). Dado que esta metodologia inclui tipos químicos, radioativos e físicos, convém ter algum cuidado para não afetar, também, a saúde pública. Os traçadores têm uma forte capacidade de identificação de anomalias numa localização exata e, além disso, são fáceis de aplicar e pouco dispendiosos (Albino, 2013).



Figura 16 - Uso de traçadores para identificação do local de ligação de ramal: traçador (esquerda) e condutivímetro (Almeida & Cardoso, 2010).

Relativamente aos **ensaios de estanquidade** (Figura 17) podem ser executados com água, ar ou vácuo, e permitem a identificação de infiltrações e exfiltrações, sendo a sua aplicação feita, normalmente, antes da ativação do sistema (Muniz, Arnesen & Gonçalves, 2019).



Figura 17 - Ensaio de estanquidade com recurso a ar e a água (Martins, 2015).

Para monitorizar as redes de drenagem, são realizados **questionários a residentes** para identificação de afluições indevidas, pois estes presenciam diariamente com os problemas dos sistemas. Este método é considerado importante, pois é pouco demorado e muito eficiente (Baptista, 2016).

A **inspeção e monitorização dos pontos de descarga nos meios recetores** é um método que permite obter a informação visual e a amostragem que permite identificar a existência de ligações indevidas em sistemas separativos pluviais e em descarregadores de tempestade de sistemas separativos domésticos ou unitários. Podem, ainda, ser identificados coletores que não estejam ligados à rede para futuro tratamento (Baptista, 2016).

Segundo Almeida e Cardoso (2010), existe, de igual modo, a **modelação para apoio à definição de programas de minimização de afluições indevidas e exfiltração** que permite às entidades diagnosticar, apoiar e selecionar medidas de intervenção e estabelecer metas a atingir. Ainda assim, a modelação torna-se uma metodologia pouco independente, pois requer da informação usada no passado, bem como do trabalho de campo a realizar no presente/futuro para definição da gravidade dos problemas e das causas que os originam. Em redes separativas domésticas ou redes unitárias em que se pretenda reduzir as afluições resultantes da precipitação, devem identificar-se as áreas de captação e estimar a redução mínima possível. Em redes separativas pluviais a modelação não pode ser aplicada diretamente, o que é um ponto fraco do método, pois a deficiência no desempenho está normalmente associada a questões de qualidade e não de quantidade.

2.3. Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho (IDs) são elementos fulcrais na fase de tomadas de decisão das entidades gestoras de redes de drenagem. Estes parâmetros são obtidos através de dados de monitorização ou modelação. Sendo utilizados para definir até que ponto os objetivos de gestão destes ativos foram cumpridos, bem como a sua importância ao longo do processo de escolha (Fischmann & Zilber, 1999). Posto isto, são considerados como um componente fundamental nas operações de benchmarking métrico (análise estratégica das melhores práticas usadas por empresas do mesmo setor e ferramenta de gestão que objetiva aprimorar processos, produtos e serviços) (Matos et al., 2004).

São utilizados para estabelecer uma determinada sustentabilidade na gestão patrimonial de infraestruturas de drenagem, por forma a que estas consigam desempenhar as suas funções ao longo da sua vida útil, garantindo a prestação de serviços aos utilizadores e salvaguardando, simultaneamente, o meio ambiente (Moura, Baptista & Berraud, 2009).

Existem, portanto, IDs ambientais, de recursos humanos, infraestruturais, operacionais, de qualidade de serviço e económico-financeiros. Estes são alcançáveis a uma vasta gama de utilizadores para que tenham benefícios nas suas tomadas de decisão (Moura, Baptista & Berraud, 2009). No entanto, a IWA (International Water Association) pretende que os indicadores apresentados nos seus manuais sejam, maioritariamente, usados pelas entidades gestoras de redes que desempenham funções no âmbito do abastecimento e drenagem das águas (Matos et al., 2004).

Para caracterizar as redes de drenagem são utilizados indicadores de desempenho estabelecendo a importância da infiltração, das aflúências indevidas de origem pluvial à rede doméstica e das aflúências indevidas de origem doméstica ou industrial à rede pluvial nas redes de drenagem. Paixão (2016) propõe alguns dos indicadores de desempenho permitem caracterizar a rede em função da:

- Utilização da capacidade da secção cheia (expressão (13));
- Proporção do caudal em tempo seco (expressão (14));
- Caudal unitário por câmara de visita (expressão (15));
- Caudal unitário por comprimento do coletor (expressão (16));

- Caudal unitário por área de parede do coletor (expressão (17)).

$$\frac{Q_{inf}}{Q_{SC}} (\%) \quad (13)$$

$$\frac{Q_{inf}}{Q_{res,m\u00e9dio,ts}} (\%) \quad (14)$$

$$\frac{Q_{inf}}{n^{\circ}C_{visita}} (m^3/s) \quad (15)$$

$$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor}} (m^3/(s \cdot km)) \quad (16)$$

$$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor} \cdot P_{coletor}} (m^3/(s \cdot km \cdot cm)) \quad (17)$$

Em que:

Q_{inf} – Caudal de Infiltração

Q_{SC} – Caudal de secção de cheia

$Q_{res,m\u00e9dio,ts}$ – Caudal residual total m\u00e9dio de tempo seco

$n^{\circ}C_{visita}$ – N\u00famero de caixas de visita

$L_{coletor}$ – Comprimento do coletor

$P_{coletor}$ – Per\u00edmetro do coletor

Esta defini\u00e7\u00e3o de indicadores deve ser feita de forma cuidadosa, tendo em conta a informa\u00e7\u00e3o da \u00e1rea de estudo, os dados das inspe\u00e7\u00f5es e testes que tenham sido realizados. Por outro lado, podem ser calculados por modela\u00e7\u00e3o matem\u00e1tica. Com o passar dos anos, estes procedimentos facilitam a tomada de atitudes preventivas da ocorr\u00eancia de adversidades na presta\u00e7\u00e3o de servi\u00e7os, uma vez que os IDs podem demonstrar melhorias ou deteriora\u00e7\u00f5es no seu desempenho (Jorge, Almeida & Covas, 2020). Assim sendo, os IDs s\u00e3o multifuncionais, podem ser utilizados de seis modos distintos. Primeiramente, s\u00e3o usados exclusivamente no seio da entidade gestora como forma de controlar a sua efic\u00e1cia, procedendo a compara\u00e7\u00f5es entre os resultados obtidos, no momento, e os resultados obtidos num per\u00edodo antecedente ou

comparações entre os resultados resultantes da prática e os valores de referência pré-estabelecidos definidos por organizações diferentes. Os IDs podem, ainda, ser utilizados como parte de uma estrutura reguladora (sendo necessárias definições normalizadas para permitir comparar uma entidade com outra), como parte de acordos contratuais (permitindo a definição de metas específicas e calendarizadas, de forma a proteger os interesses dos utilizadores e proporcionando, eventualmente, uma base contratual mais objetiva) e como parte de Sistemas de Certificação da Qualidade (constituindo uma base mais formal e robusta para a certificação do que a utilização de IDs selecionados pelas próprias entidades) (Jorge, Almeida & Covas, 2020). Por último, são usados para produção de relatórios estatísticos do domínio público. A referência de benchmarking é uma hipótese fundamentada com base nos operadores mais eficientes e não considera qualquer indicador. Desta forma, pode afirmar-se que o benchmarking métrico não é tão eficiente como o benchmarking de processo, visto que o primeiro não permite analisar processos organizacionais, comparando atividades de diferentes organizações, como acontece com o segundo (Ramos, 2018).

Assim sendo, podemos concluir que as fontes de benchmark podem ter origem em resultados equivalentes resultantes de períodos antecedentes, em metas estabelecidas por planos estratégicos, em metas dentro de quadros legais, contratuais ou regulatórios, em resultados de outras unidades operacionais da mesma entidade gestora, em resultados de outras entidades ou em valores de referência definidos (Matos et al., 2004).

Os Indicadores de Desempenho são tipicamente expressos por rácios entre variáveis. Assim, é imprescindível que os IDs evidenciem os aspetos consideráveis para o desempenho da entidade gestora de águas residuais, de modo fundamentado e incontestável para que não surjam dúvidas no que se refere à gestão da mesma. Estes aspetos devem refletir o nível de desempenho de uma determinada área, durante um determinado período, possibilitando uma comparação concisa, com objetivos bem definidos, de forma a simplificar a sua análise (Matos et al., 2004).

2.4. Gestão Patrimonial de ativos

A gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas de drenagem pretende resolver determinados problemas aos quais as entidades gestoras estão sujeitas nas redes de drenagem, com base em análises multicritério, avaliações de risco e considerando alguns critérios na tomada de decisão. Após a realização de vários estudos, verificou-se que os sistemas de drenagem estão sujeitos a entradas de volumes parasitas que se designam por afluências indevidas. Esta parcela que se adiciona ao caudal afeta as redes de drenagem e implica, muitas vezes, a entrada em carga destas infraestruturas. Desta forma, a problemática das afluências indevidas está diretamente associada à gestão dos ativos da vertente de drenagem, sendo que se referem a um fator negativo na sua exploração (Gonçalves & Valente, 2020).

Os sistemas de drenagem admitem-se como um bem que pode sofrer alterações ao longo do seu período de vida útil. No entanto, não é razoável fazer a substituição da infraestrutura no seu todo. Devem ser substituídos apenas os componentes que expressem deficiências ou danos impeditivos de executar a sua função. Assim, pode-se afirmar que este tipo de infraestrutura não tem um tempo de vida estimado, como acontece no caso de edifícios, pontes, barragens, entre outros (Almeida et al., 2021). Contudo, as entidades gestoras não possuem dados suficientes para prever o desempenho dos sistemas após uma substituição de um elemento constituinte da rede. Sabe-se que esta previsão é essencial, tanto numa gestão proativa, como numa gestão reativa, quer seja ao nível do desempenho estrutural ou ao nível hidráulico, pelo facto de os dados serem incertos e escassos para aplicação de ferramentas existentes e modelos analíticos (Dirksen et al., 2013). O conflito de interesses entre os diversos departamentos de gestão, dentro ou fora da entidade gestora complicam as tomadas de decisão relativas a ações de substituição. As questões político-sociais e orçamentais, muitas das vezes, comportam-se como um travão para a evolução dos ativos no setor de drenagem de águas residuais e pluviais, forçando os órgãos gestores a tomar decisões intuitivas, diminuindo a transparência dos processos de decisão (Riel et al., 2016).

A ação de substituição de um sistema é baseada em dois aspetos: o desempenho estrutural e o desempenho hidráulico. Para a verificação do primeiro requisito é necessário realizar inspeções para avaliação do estado dos elementos, de forma a identificar a idade, a existência de fissuras e bloqueios, entre outros (Riel et al., 2014). Por outro lado, é necessário planear onde e quando devem ser feitas substituições, com base na qualidade e idade dos elementos da rede de drenagem, taxa de subsidência do solo envolvente, obras de outras infraestruturas e orçamento disponível. Relativamente ao segundo requisito, são aplicadas modelações hidráulicas, de forma a verificar se o desempenho da rede atende aos objetivos para os quais foi dimensionado.

As associações American Public Works Association (APWA) e National Research Council of Canada (NRC) (Rahman & Vanier, 2004) definem gestão de infraestruturas como uma metodologia que permite garantir uma atribuição dos recursos aos mais variados objetivos, de forma equitativa e eficiente, com o intuito de obter a continuidade e o bom funcionamento da rede de drenagem (Cardoso, 2008), bem como um processo que relaciona as áreas da engenharia e economia para tomar decisões relativamente a intervenções a realizar nas infraestruturas, respetivamente. Por outro lado, Alegre (2006) define gestão patrimonial de ativos como uma estratégia por parte da entidade com o objetivo de garantir um equilíbrio sustentável entre o desempenho da rede de drenagem, o custo e o risco. Este propõe, ainda, medidas como inventariar, calcular o valor de toda a infraestrutura, conhecer o seu estado, conhecer o tempo de vida dos componentes, definir as prioridades, entre outros.

Nos últimos anos, a preocupação das entidades gestoras de sistemas de drenagem tem vindo a fazer-se notar. A necessidade de existência deste tipo de infraestruturas, para a garantia de qualidade de vida e segurança pública, tem vindo a ganhar grande dimensão com o aumento da população. Posto isto, surgiu a necessidade de criar técnicas associadas à construção destes sistemas de drenagem, de forma a garantir a sustentabilidade através da melhoria e beneficiação de práticas de gestão e reabilitação das redes existentes. Como vimos no capítulo 2.2.5., existem vários problemas nos sistemas de drenagem que influenciam o produto final do seu objetivo, isto é, as deficiências hidráulicas e estruturais permitem a entrada de caudais excedentários que se podem tornar nefastas ao sistema, originando, muitas vezes, problemas irreversíveis. Neste sentido, algumas entidades, através de estudos teóricos e experimentais, vão fornecendo informações às concessionárias, com o intuito de mitigar estes problemas, como é o caso da EN 752 (1996) que define requisitos mínimos nas fases de projeto, conceção e instalação e operação dos sistemas de drenagem.

Um sistema de drenagem requer intervenção, no contexto da reabilitação, quando um ou vários dos seus componentes constituintes já não tem a capacidade de desempenhar as funções para as quais foram criados, dimensionados e aplicados na rede, pondo em risco a saúde pública, outras infraestruturas e a própria rede (Cardoso, 2008). O processo de reabilitação é iniciado após a identificação de danos comprometedores do sistema de drenagem. A partir daqui, torna-se necessário efetuar estudos de diagnóstico que permitam optar pela solução ótima e programar cronologicamente as intervenções adequadas. Assim sendo, existem instrumentos computacionais que permitem dar resposta a qualquer condição em qualquer cenário, como modelos matemáticos de simulação (Riel et al., 2014). Após a identificação das soluções ótimas, surge a necessidade de realizar um planeamento, bem como as respetivas ações, cumprindo os prazos e orçamentos previstos. De acordo com a EN 752-5 (1997), o processo de reabilitação do sistema de drenagem urbana envolve ações de pesquisa, procedimentos, medidas e decisões que podem ser realizadas na fase de anteprojecto, na fase de estudo de diagnóstico, na fase de elaboração de soluções globais de reabilitação e na fase de realização e controlo. Por conseguinte, é necessário acompanhar e inspecionar as redes, simultaneamente, para identificar lacunas, documentá-las e classificá-las.

Na drenagem urbana surgem desafios diários com vista a garantir que as entidades gestoras concedam à infraestrutura e respetivos utentes uma evolução positiva que garanta a continuidade da rede, sem agravamento de custos (Riel et al., 2016). Neste sentido, os estudos realizados por diversos autores, como Carey & Lueke (2013), Egger et al. (2013) e Kleidorfer et al. (2013), têm-se concentrado na descoberta e melhoria de ferramentas de apoio à decisão na área da gestão patrimonial de ativos, com o objetivo de verificar um desenvolvimento sustentável e rigoroso. Ou seja, os modelos criados por estes, em teoria, sugerem diversas normas e procedimentos a obedecer que visam garantir o estado preferencial das redes de

drenagem, tanto para as redes de drenagem existentes como para as projeções futuras. Para isso, estes autores defendem que as entidades gestoras devem deter uma base de dados extensa e fidedigna para uma aplicação dos estudos efetuados por si.

Nas últimas décadas, a prioridade da maior parte das entidades gestoras dos ativos de drenagem de águas residuais foi, unicamente, a expansão da rede. No entanto, a manutenção e reabilitação das redes existentes foram perdendo a prioridade (AWWA, 2012). Como consequência desta má distribuição de verbas, muitas entidades enfrentam, no presente, danos irreversíveis nas infraestruturas que tutelam (Caradot et al., 2017).

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020 diz-se ser uma nova estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais. Este programa esteve em vigor entre 2014 e 2020, com o objetivo de aprimorar a gestão patrimonial de ativos de redes de drenagem, ao invés do aumento da área coberta pelo serviço, melhorando a qualidade e funcionamento do serviço prestado, garantindo a sustentabilidade e o controlo de aflúências indevidas (APA, 2015). Como se pode verificar em grande parte das redes, a problemática das aflúências indevidas tem sido negligenciada, sendo unicamente importante para as entidades expandir o serviço de forma a recrutar mais clientes. Neste sentido, ao nível estrutural, é perceptível que a deterioração tem sido notável nas condutas da rede devido à falta de manutenção, o que proporcionou um grande aumento dos volumes parasitas e, conseqüentemente, a diminuição do desempenho das infraestruturas (Baptista, 2021). Portanto, pode afirmar-se que as infiltrações são a principal causa da baixa eficácia dos sistemas de drenagem, uma vez que as entradas de caudais excedentários nas redes alteram o tipo de escoamento de superfície livre para escoamento sobrepessão, potenciando a degradação do mesmo. Além disso, a necessidade de descarga, para diminuir a “carga” das condutas, pode refletir-se na poluição do meio ou até mesmo originar inundações constituídas por águas poluentes. Numa vertente económica, é de notar que as aflúências indevidas não são faturadas e, portanto, ocorrem agravamentos nos custos operacionais do sistema, verificando-se a importância da estimativa dos caudais parasitas (Baptista, 2021).

Para quantificar os volumes parasitas é necessário fazer um balanço entre o antes e o depois da ativação do sistema. Numa primeira fase é importante estimar o caudal infiltrado, posteriormente, estima-se a componente de caudal parasita, relativamente ao caudal drenado na rede (Coelho, 2013). O grande problema das operações de melhoria utilizadas atualmente é a sua abrangência, estas técnicas usuais resolvem um problema, apenas pontualmente. Nesse sentido, dada a capacidade de o escoamento ocorrer por gravidade, possibilita que os caudais subterrâneos percolem até ao próximo defeito das condutas, local onde podem entrar para o sistema novamente. Assim sendo, torna-se necessário um controlo contínuo ao longo da rede, com vista a reduzir este volume afluente. Para além disso, é necessário converter o valor da

redução deste caudal parasita para um valor aceitável, em que se consiga alcançar um valor economicamente viável. Caso esta beneficiação do sistema seja possível, procede-se à coleta para novas intervenções de melhoria, criando assim um ciclo do qual o sistema de drenagem beneficiará. Ou seja, os custos das intervenções para a minimização das infiltrações indevidas podem ser suportados pelos proveitos obtidos por tal redução (Bonito, 2014).

A gestão patrimonial de ativos é uma área muito importante e cada vez mais estudada ao longo do tempo. O que se pretende é dar continuidade, através da sustentabilidade, nas infraestruturas existentes, e, também, otimizar os projetos que estão em vias de iniciação. Portanto, para um cuidado com a gestão têm entrado em vigor alguns decretos para obrigar as entidades gestoras que servem mais de 30000 habitantes a favorecer uma estratégia com base na reabilitação, dado que as infraestruturas que possuem são uma grande fatia no património nacional. Este estudo deve ter em conta vários fatores, visto que além da capacidade de adaptação que a infraestrutura tem que demonstrar para servir o aumento populacional, existem também muitos fenómenos de degradação que poderão aparecer (Almeida & Cardoso, 2010).

A ERSAR tem vindo a desenvolver estudos de forma a auxiliar as entidades gestoras a conseguirem aumentar a sua eficácia. Portanto, com a coexistência de sistemas separativos e unitários, é importante estudar a problemática de reabilitação dos sistemas de águas residuais e pluviais, tanto pela existência de interligações, como, também, pelas coincidentes abordagens possíveis (Ramos, 2018).

Os sistemas de drenagem urbana têm uma tarefa bastante importante no desempenho de áreas como a saúde e o bem-estar, bem como a sustentabilidade ambiental, económica e social. Posto isto, este tipo de infraestruturas representa um grande valor do património do país e, por isso, revela-se uma necessidade bastante importante de manter e proteger as mesmas, dado que a degradação num estado muito avançado implica investimentos prejudiciais aos cofres do estado (França, 2018).

A ERSAR defende que um dos maiores condicionadores de ineficiências das entidades gestoras é causado pela necessidade de reabilitação dos sistemas construídos. Esta reabilitação pode ser resposta a uma alteração das condições para a qual os sistemas são dimensionados ou porque um ou vários elementos do sistema já não é funcional, ou seja, requer substituição (Jorge, Almeida & Covas, 2020).

As redes de drenagem são constituídas por um vasto leque de elementos (redes de coletores, elementos acessórios, instalações complementares, instalações de tratamento, dispositivos de descarga final, entre outros). Como é habitual, quando se dimensiona uma dada infraestrutura, tem-se o objetivo de fazê-la cumprir alguns requisitos (vida útil, número de utilizadores, capacidade estrutural...), e se possível, tentar prolongar a sua durabilidade e o seu desempenho.

Com esta analogia, podemos concluir que a vida útil de um elemento pode ser estimada, o que não acontece com a vida útil de uma infraestrutura, dado que pode ser rejuvenescida ao longo dos anos (Almeida & Cardoso, 2010).

Segundo Abreu e Lucas (2003), a vida útil de um componente é contabilizada desde o momento da sua instalação até ao momento em que este deixa de desempenhar as suas funções, sem recurso à reabilitação. Desta forma, pode dizer-se que existem dois tipos de reabilitação neste ramo da engenharia: a reabilitação reativa e a reabilitação preventiva. A primeira refere-se ao momento em que há necessidade de reabilitação pelo facto do sistema ter de ser interrompido, por falta de capacidade de desempenho das suas funções, como é o caso da ocorrência de colapso de algum elemento. A reabilitação preventiva refere-se à intervenção por ser previsível a ocorrência de um problema, ou seja, otimiza-se o sistema antes de o mesmo ser sujeito a carga excessiva (Abreu & Lucas, 2003).

Neste âmbito, existem três conceitos: a reabilitação (correção de anomalias identificadas no sistema), a reparação (intervenção num componente com recurso a material existente no sistema) e a renovação e substituição (remoção de um elemento para reposição de outro que desempenhe as mesmas funções) (Ramos, 2018).

A reabilitação deve ser devidamente integrada nos diversos aspetos incluídos na gestão técnica de sistemas de águas residuais e pluviais. De acordo com a norma ISO 24511:2007, estes incluem a gestão de atividades e processos, gestão patrimonial dos recursos, gestão patrimonial de infraestruturas, gestão de informação, gestão ambiental e gestão do risco (Almeida & Cardoso, 2010).

Nas entidades gestoras de sistemas de águas residuais e pluviais existem diversas atividades e processos aos diversos níveis hierárquicos da organização, onde se integram aspetos relativos à reabilitação, nomeadamente: definição e estabelecimento de políticas; formulação de estratégias, desenvolvimento de procedimentos, cumprimento de requisitos de regulação, coordenação interna e externa; operação, controlo e redefinição de processos. As abordagens de reabilitação deverão assegurar a articulação necessária em cada uma destas atividades e processos (Almeida & Cardoso, 2010). As entidades gestoras devem gerir eficientemente os recursos de que dispõem. Também as atividades de reabilitação devem incorporar a gestão eficiente dos recursos, nomeadamente: recursos humanos, materiais e equipamentos, recursos financeiros (proveitos, despesas, reservas e investimentos) e recursos naturais (terrenos, água e energia).

As entidades gestoras possuem ativos corpóreos (e.g., infraestruturas físicas, instalações) e ativos incorpóreos. Neste sentido, as atividades de reabilitação e manutenção fazem parte da primeira, com o intuito de obter sustentabilidade no período de vida da obra. Assim sendo, a

gestão de ativos incorpóreos está associada à reabilitação, onde se presencia a realização de atividades como: a manutenção de inventários atualizados, a avaliação da condição dos componentes da infraestrutura, a manutenção de dados de monitorização e a otimização das amortizações e dos reinvestimentos (Matos et al., 2004).

3. METODOLOGIA

O presente capítulo está dividido em duas fases fundamentais: a metodologia e a aplicação aos estudos de caso. Na primeira, é feita uma descrição geral dos estudos de caso da corrente investigação, caracterizando a rede de drenagem e descrevendo todo o processo. É, de igual modo, realizada uma análise minuciosa da metodologia utilizada para a quantificação das aflúências indevidas e da precipitação. Na segunda, são apresentados, analisados e discutidos os dados recolhidos, procedendo a uma análise pormenorizada da influência da ocorrência de precipitação e do impacto financeiro da ocorrência de aflúências indevidas.

3.1. Estudo de caso da Rede do Ameal, Rede do Choupal, Rede de Ribeira de Frades e Rede de Cernache

No âmbito deste trabalho, os estudos de caso, abordados na aplicação da metodologia e análise de resultados, referem-se a quatro redes de drenagem de águas residuais do concelho de Coimbra. O sistema em “alta” é tutelado pela empresa *Águas do Centro Litoral - Grupo de Águas de Portugal* e o sistema em “baixa” pela empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*. Para a realização do estudo, foram disponibilizadas algumas informações relativas aos comprimentos e diâmetros de cada rede, aos dados dos caudais diários afluentes às ETARs, aos dados dos caudais mensais das águas residuais domésticas, ao fator de aflúência e aos dados sobre a precipitação (a partir de udómetros).

Posto isto, optou-se pela escolha do método do triângulo e método do mínimo móvel, para 7 e 21 dias. O método do triângulo e o método do mínimo móvel permitiram estimar os caudais relativo às aflúências indevidas. Desta forma, conseguiu-se visualizar, separadamente, o volume de aflúências indevidas e o volume de águas residuais, realmente originado pelas habitações e indústrias do concelho de Coimbra. É, ainda, possível distinguir os volumes de infiltrações indiretas e os volumes de escoamentos diretos ou superficiais.

3.2. Descrição geral dos estudos de caso

3.2.1. Caracterização da rede de drenagem

Os estudos de caso foram realizados com base nas redes do Ameal, Cernache, Choupal e Ribeira de Frades com o intuito de representar os vários tipos e tamanhos dos sistemas, tendo por base o comprimento de condutas, que coincide, de igual modo, com a quantidade de população servida. Desta forma, podemos adjectivar a rede do Ameal como “pequena”, a rede de Cernache como “média”, a rede de Ribeira de Frades como “média a grande” e a rede do Choupal como

“grande”. Note-se que poderiam ter sido usados outros exemplos para as redes do tipo “pequena” e “média” no concelho de Coimbra.

A freguesia do Ameal pertence ao Concelho de Coimbra. A ETAR que serve a rede de drenagem, com 16.65km. O volume de água afluente à ETAR, facultado pela empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal* foi de 18047m³, 23291m³ e 43900m³, para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente.

Para a ETAR de Cernache - Coimbra, fornecida pela rede da freguesia, com 45.61km, os volumes afluentes à ETAR, facultados pela entidade gestora, foram de 21056m³, 22450m³ e 38398m³, para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente.

Relativamente à freguesia de Ribeira de Frades, a ETAR, servida por uma rede de drenagem com 112.21km, obtiveram-se volume afluentes à ETAR de 86185m³, 106861m³ e 260050m³ para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente.

Por fim, a rede de maior comprimento (rede do Choupal), com 513.31km, que faz chegar as águas residuais à ETAR do Choupal, à qual afluíram 639570m³, 725690m³ e 1121815m³ para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente.

Para a aplicação da metodologia de quantificação de aflúências indevidas, método do triângulo e método do mínimo móvel, foram considerados os dados do caudal diário afluente às ETARs.

Para as quatro redes abordadas nos estudos de caso, os volumes de abastecimentos de águas mensais, os volumes médios mensais das águas residuais domésticas, bem como o comprimento total das condutas e os dados da precipitação na região, foram fornecidos pela entidade gestora *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*.

Dado que, no ano de 2022, foi presenciada uma variação significativa na transição das estações Verão para Outono, decidiu-se, nesta dissertação, optar pelos dados relativos ao período entre o primeiro dia do mês de Setembro e o último dia do mês de novembro, inclusive. Neste sentido, torna-se uma análise bastante recente, sendo uma grande vantagem para os estudos de caso.

3.2.2. Metodologia para quantificação de aflúências indevidas

O **método do triângulo** consiste na organização de séries cronológicas em séries de caudais ordenados, estes últimos originam os valores dos caudais afluentes às ETARs. A curva de caudais é definida pela ordenação dos mesmos em função dos seus valores e, além disso, são classificados consoante haja ou não precipitação. Esta curva possibilita distinguir as componentes das águas residuais, ou seja, diferencia o volume correspondente à infiltração do volume de escoamento direto, no final de uma série temporal (Paixão, 2016).

Para a realização da presente dissertação, foi possível obter, como já vimos atrás, os dados referentes aos caudais diários afluentes às ETARs, os dados relativos ao volume médio mensal para abastecimento e, também aos dados da precipitação. Assim sendo, foi possível determinar a variável que faltava.

Segundo Paixão (2016) “conforme Almeida e Monteiro (2004) e Weiß et al. (2002) mencionam, de modo a se poderem separar os volumes das diferentes afluições indevidas, quanto à sua origem, é necessário conhecer o número de dias influenciados pela precipitação e não o número de dias em que ocorreram eventos de precipitação, que são, de facto, conceitos diferentes” (p.37). Para os estudos de caso presentes neste trabalho decidiu-se assumir o número de dias influenciados pela precipitação, aos dias em que ocorreu precipitação, de forma a simplificar o problema.

Por conseguinte, os dias em que ocorre precipitação entram no gráfico de aplicação do método do triângulo, começando a ser contabilizados desde o dia de maior caudal (último dia do mês, correspondente ao primeiro dia de precipitação), até ao número máximo de dias de precipitação desse mês. Desta forma, é possível fazer-se a separação entre o volume de afluições indevidas diretas e indiretas (Figura 18).

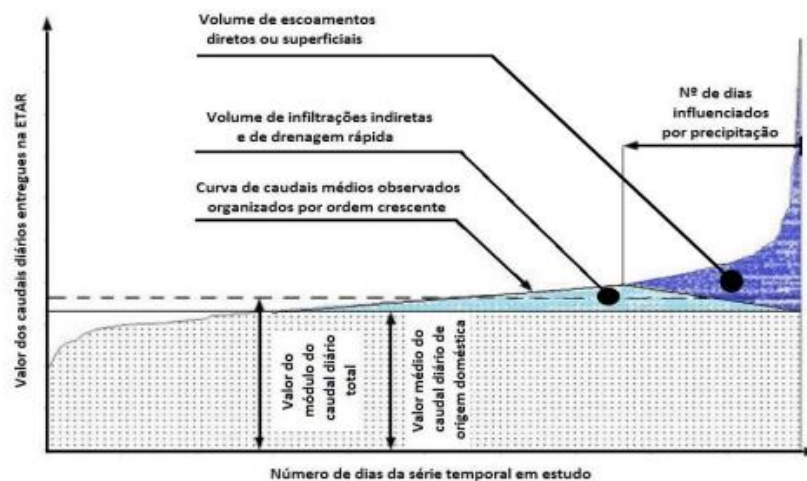


Figura 18 - Exemplo de aplicação do método do triângulo para a separação das parcelas de origem doméstica, infiltração e escoamento superficial (Paixão, 2018, adaptado de Almeida e Monteiro, 2004).

O **método do mínimo móvel** permite ao utilizador quantificar os volumes das infiltrações e do escoamento direto ocorridos, ao contrário do método do triângulo supracitado que, apesar de verificar resultados muito idênticos aos deste método, não possibilita observar a sua variação ao longo do tempo dos caudais parasitas afluentes às redes de drenagem (França, 2018). Segundo Paixão (2016), “...este método é baseado no conceito de que a soma das águas

residuais domésticas com a componente relativa às aflúências indevidas, de um dia qualquer, é igual ao caudal afluente à ETAR.” (p.38).

Com a ajuda e fornecimento de dados da empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*, foi possível a aplicação do método do mínimo móvel, na medida em que foram disponibilizados os caudais diários afluentes às ETARs e os respetivos caudais residuais domésticos.

Após este estudo e a título de exemplo, foi possível obter uma breve aplicação do método do mínimo móvel para a rede/ETAR do Ameal, usando os dados disponibilizados, com duas aplicações distintas, para 21 dias (Figura 19) e 7 dias (Figura 20), respetivamente.

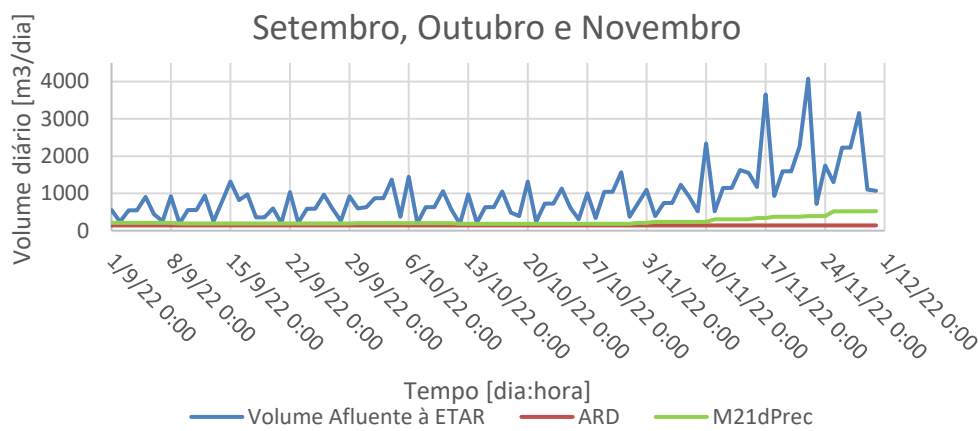


Figura 19 - Aplicação do método do mínimo móvel, para os 21 dias precedentes, para a rede do Ameal.

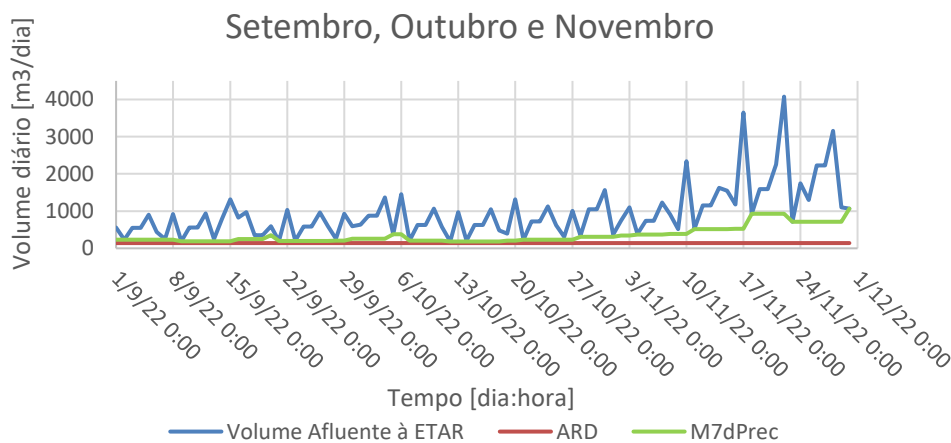


Figura 20 - Aplicação do método do mínimo móvel, para os 7 dias precedentes, para a rede do Ameal.

4. RESULTADOS

4.1. Análise da Precipitação

Os dados fornecidos pela empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal* mostram a variação da precipitação mensal, no ano de 2022, dividida em duas zonas do Concelho de Coimbra (Figura 21). De uma forma simplificada, tentaram-se associar as redes dos estudos de caso aos pluviómetros existentes, consoante a sua proximidade. Portanto, admitiu-se que o instrumento de medição de precipitação da Castanheira influenciava as redes de Ribeira de Frades, Ameal e Choupal. Já a rede de Cernache estaria dependente da precipitação medida pelo equipamento de Almalaguês.

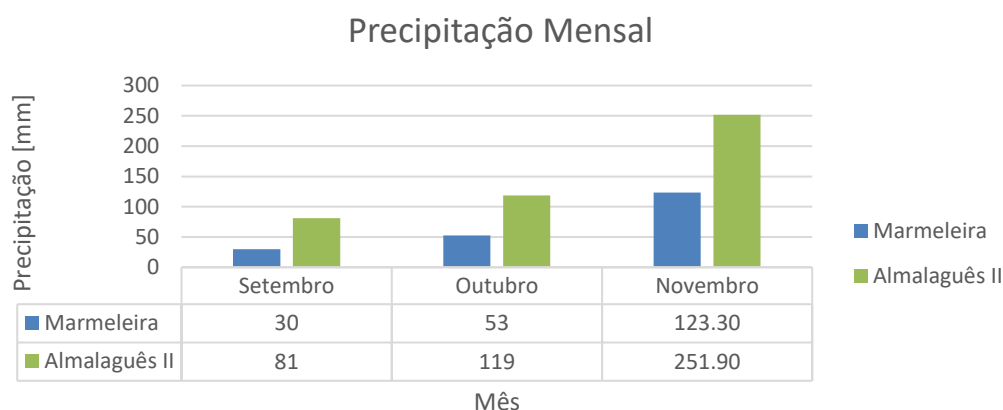


Figura 21 - Gráfico da precipitação mensal em Castanheira e Almalaguês para os meses de setembro, outubro e novembro do ano de 2022.

Os dados da precipitação tornam-se imprescindíveis para a apreciação e discussão comparativamente à variação de caudal afluente às ETARS. Como foi visto anteriormente, as infiltrações direta e indireta estão relacionadas com estes eventos, na medida que os mesmos provocam escoamento superficial e influenciam o nível freático das áreas onde os sistemas de drenagem se encontram instalados, respetivamente. Além disso, os dados da entidade *Águas de Coimbra – Empresa Municipal* foram, de igual modo, necessários para contabilizar o número de dias em que ocorreu precipitação e importantes para a aplicação do método do triângulo. Saiba-se que foram apenas considerados os dias em que ocorreu precipitação superior a um milímetro da escala adotada (Figura 22).

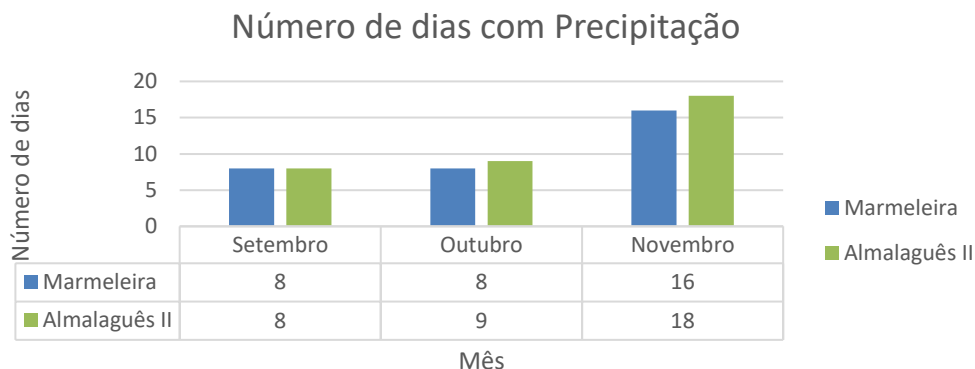


Figura 22 - Gráfico do número de dias em que ocorre precipitação nos meses de setembro, outubro e novembro.

4.2. Aplicação ao estudo de caso

4.2.1. Tratamento de dados

No enquadramento do trabalho, foram fornecidos dados, pelas *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*, que tiveram de sofrer um tratamento adequado devido à descontinuidade das leituras realizadas, visto que, para a aplicação dos métodos utilizados (método do triângulo e métodos do mínimo móvel) é necessário ter os valores diários à mesma hora, tendo sido calculados para a meia-noite. Ou seja, para aplicação aos casos de estudo, havia apenas leituras correspondentes a dias isolados e em horários muito desfasados. Por isso, foi necessário recorrer a interpolações para obter os valores das leituras correspondentes a todos os dias do mês, para a meia-noite de cada dia (Figura 23). Desta forma, segue na tabela abaixo uma pequena demonstração do que foi feito (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados reais vs dados estimados.

Data de Leitura Fornecida pela EG	Leituras fornecidas pelas EG (m ³)	Datas pretendidas	Leituras estimadas por interpolação (m ³)
2/09/22 13:21	7458578	3/09/22 0:00	7458845
4/09/22 8:39	7459666	4/09/22 0:00	7459448

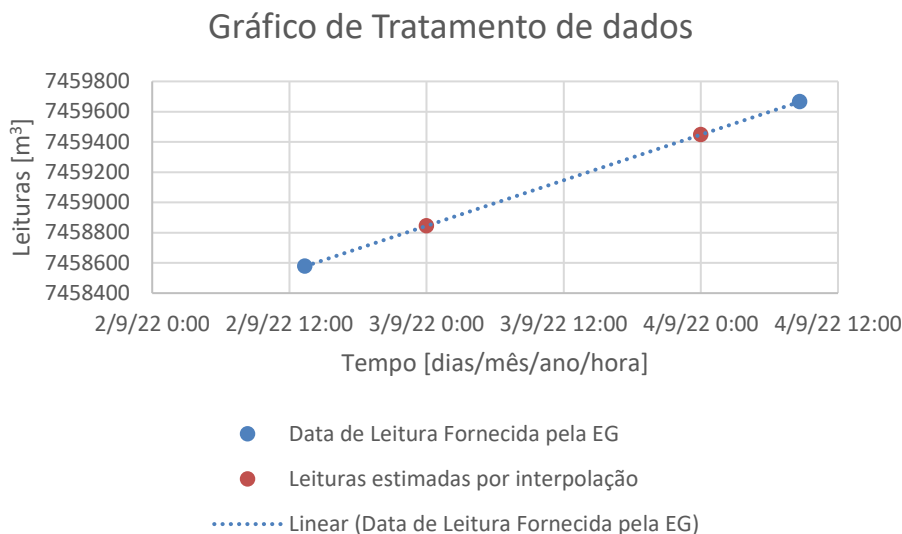


Figura 23 - Tratamento de dados para caso de estudo na ETAR do Ameal para o mês de Setembro de 2022

A ocorrência de precipitação, no gráfico seguinte (Figura 24), mostra que esta pode estar relacionada com o aumento das aflúências na ETARs. Vemos que no mês onde a precipitação é menor (setembro), para todas as estações de tratamento, os caudais quando são comparados aos caudais do mês mais chuvoso (novembro), são muito inferiores. Sendo esta variação visível para todos os casos de estudo, iremos fazer uma análise mais detalhada de seguida, com a aplicação do método do triângulo.

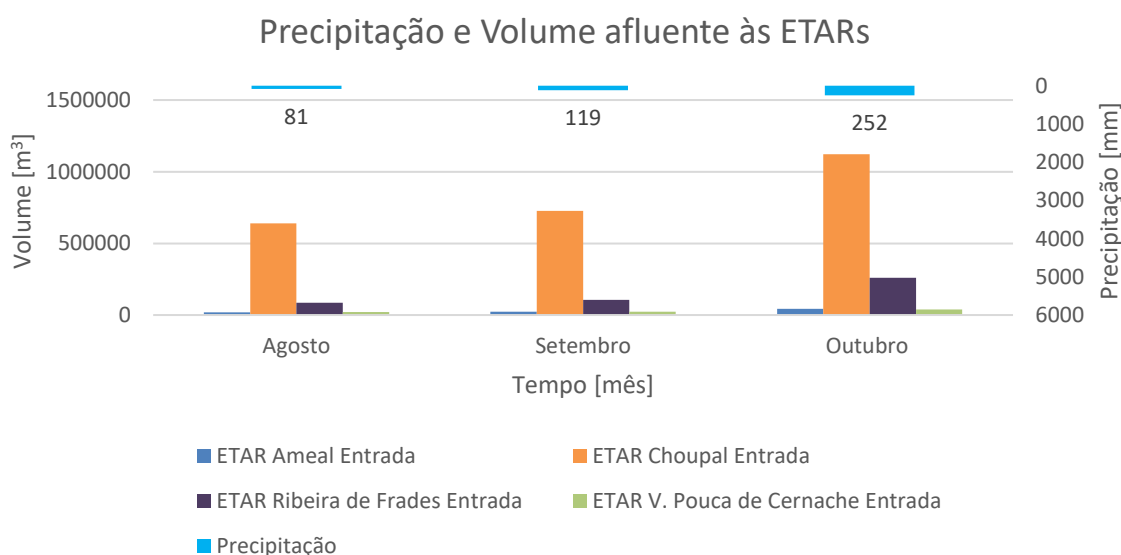


Figura 24 – Volume mensal afluente às ETARs.

4.2.2. Caso de estudo da ETAR do Ameal

A rede do Ameal, responsável pela drenagem à ETAR da freguesia, contem aproximadamente 16.45km. Para visualizar de uma forma mais direta, aplica-se o método do triângulo para o caso de estudo do Ameal.

4.2.2.1. Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de aflúências na ETAR do Ameal

Na aplicação do método do triângulo é necessário que se definam os dias influenciados pela precipitação. Nos casos de estudo que se seguem, assumir-se-ão os dias em que ocorreu precipitação, por uma questão de simplificação do problema. Assim sendo, no capítulo 3.1.4, verificou-se que 8,11 e 18 foram os dias nos quais houve precipitação para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente. Usando este método, foi possível obter o volume de aflúências indevidas em duas parcelas, ou seja, volume de infiltração e volume de escoamento superficial. Podem observar-se os resultados nas figuras 25, 26 e 27 para os meses dos casos de estudo, respetivamente.



Figura 25 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Ameal no mês de setembro.

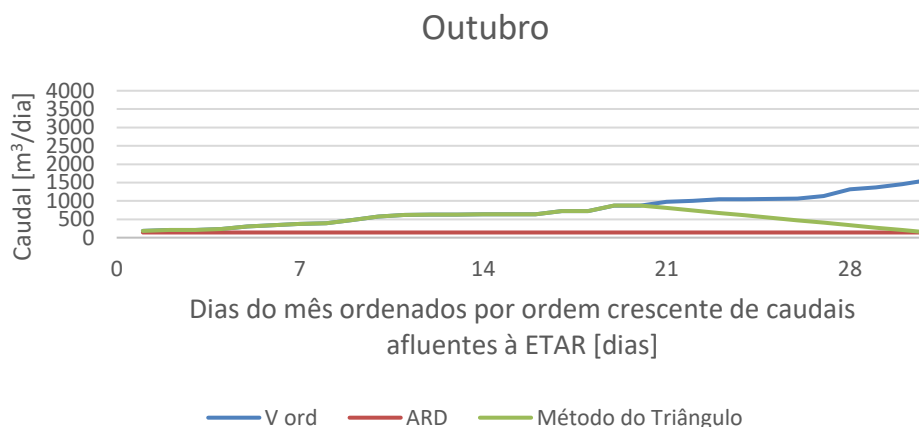


Figura 26 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Ameal no mês de outubro.

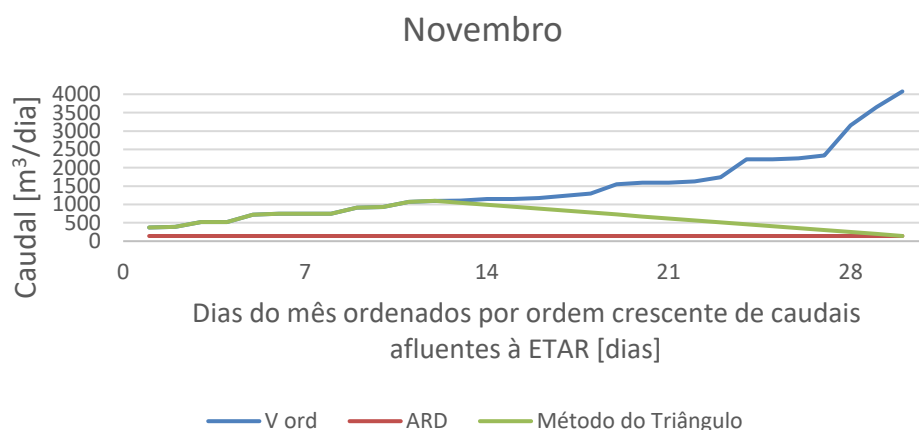


Figura 27 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Ameal no mês de novembro.

Após a aplicação do método do triângulo no caso de estudo da ETAR do Ameal vemos que, as afluições indevidas representam uma grande maioria do volume 13218m^3 (73%), para setembro, 18301m^3 (79%) para outubro e 39071m^3 (89%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: o escoamento indireto corresponde a 8839m^3 (67%), enquanto, o volume de escoamento direto é de 4380m^3 (33%). Para o segundo mês, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 10621m^3 (58%) e o escoamento direto de 7681m^3 (42%). Por fim, a divisão é feita com 14795m^3 (38%) e 24276m^3 (62%), para o escoamento indireto e escoamento direto, respetivamente. Desta forma, analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais se mantém praticamente constante, o volume de escoamento indireto

tem alguma variação, apesar de ser pouca, e que o volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo dos meses (Figura 28 e Tabela 2).

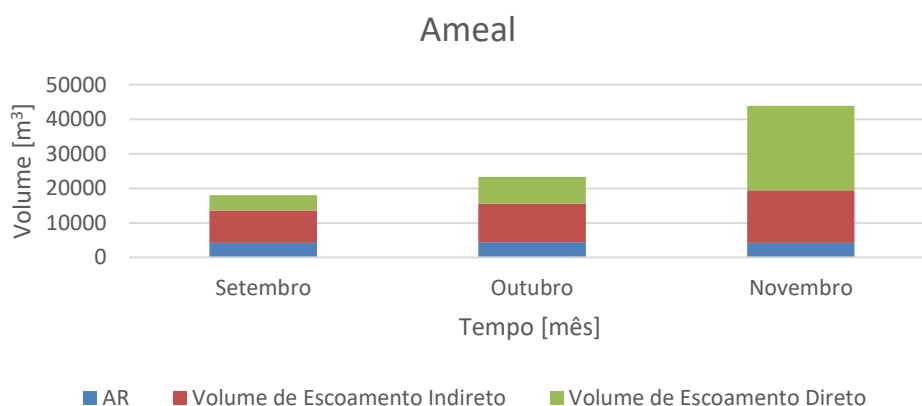


Figura 28 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.

Tabela 2 - Resultados obtidos para a ETAR do Ameal pela aplicação do método do triângulo.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	18047	13218 (73%)	8839 (67%)	4380 (33%)
Outubro	23291	18301 (79%)	10621 (58%)	7681 (42%)
Novembro	43900	39071 (89%)	14795 (38%)	24276 (62%)

4.2.2.2. Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de aflúências na ETAR do Ameal

Para a aplicação do método do mínimo móvel foi necessário obter os dados relativos aos caudais diários afluentes à ETAR do Ameal, aos caudais diários residuais de origem doméstica e verificar o valor do caudal de mínimo móvel nos 21 e 7 dias precedentes, respetivamente, tal como se verifica nos gráficos das figuras seguintes (29 e 30). Nesse sentido e, de forma resumida, segue a Tabela 3 e 4.

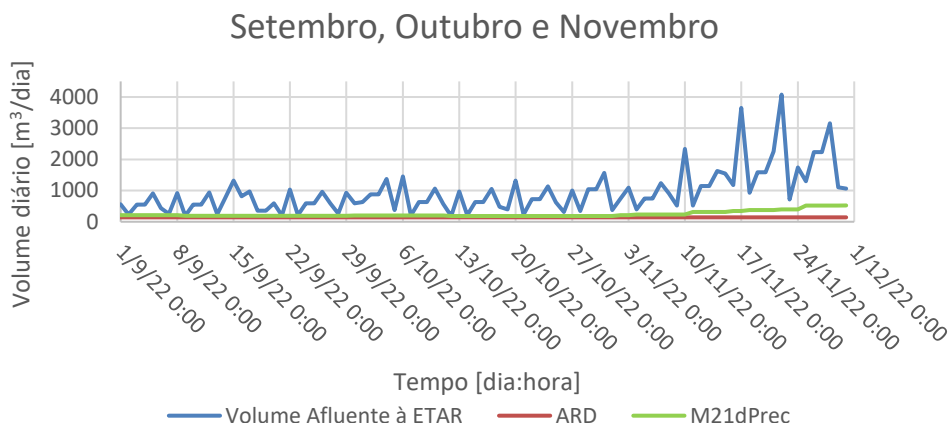


Figura 29 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Ameal, para 21 dias.

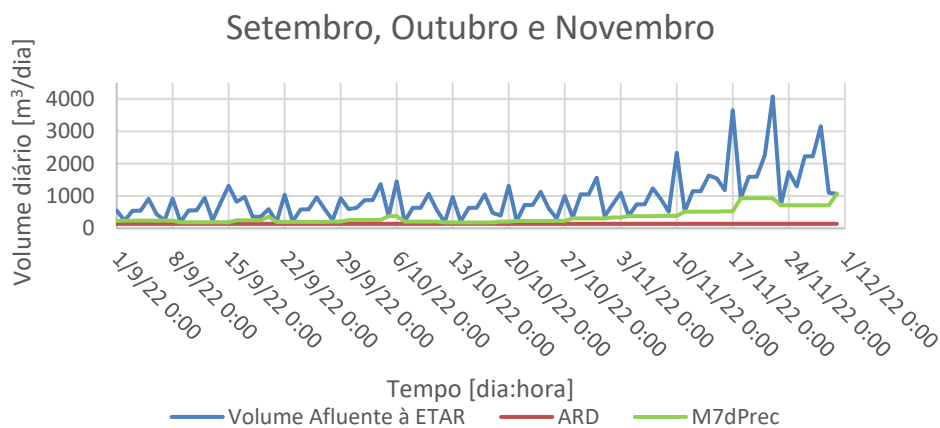


Figura 30 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Ameal, para 7 dias.

Após a aplicação do método do mínimo móvel no caso de estudo da ETAR do Ameal vemos que, as afluições indevidas representam um volume significativo de 13822m^3 (77%), para setembro, 18925m^3 (81%) para outubro e 39675m^3 (90%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: Para o primeiro mês o escoamento indireto corresponde a 1675m^3 (12%), enquanto, o volume de escoamento direto é de 12146m^3 (88%). Em outubro, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 1531m^3 (8%) e o escoamento direto de 17394m^3 (92%). Por fim, a divisão é feita com 6007m^3 (15%) e 33668m^3 (85%), para o escoamento indireto e escoamento direto, respetivamente. Desta forma, analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais diminui, do primeiro para o segundo mês, mantendo-se praticamente constante nos restantes, o volume de escoamento indireto sofre um aumento, apesar de ser pouco, e que o volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo dos meses (Figuras 31 e 32).

NOTA: A metodologia de análise para o método do mínimo móvel de 7 dias é idêntica, portanto, apresenta-se apenas a tabela resumo (Tabela 4).

De outra forma, na Figura 33, é possível ver a variação do escoamento em função da precipitação.

Tabela 3 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel para 21 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	18047	13822 (77%)	1675 (12%)	12146 (88%)
Outubro	23291	18924 (81%)	1531 (8%)	17394 (92%)
Novembro	43900	39674 (90%)	6007 (15%)	33668 (85%)

Tabela 4 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel para 7 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	18047	13821 (77%)	2431 (18%)	11390 (82%)
Outubro	23291	18924 (81%)	3020 (16%)	15905 (84%)
Novembro	43900	39674 (90%)	13798 (35%)	25877 (65%)

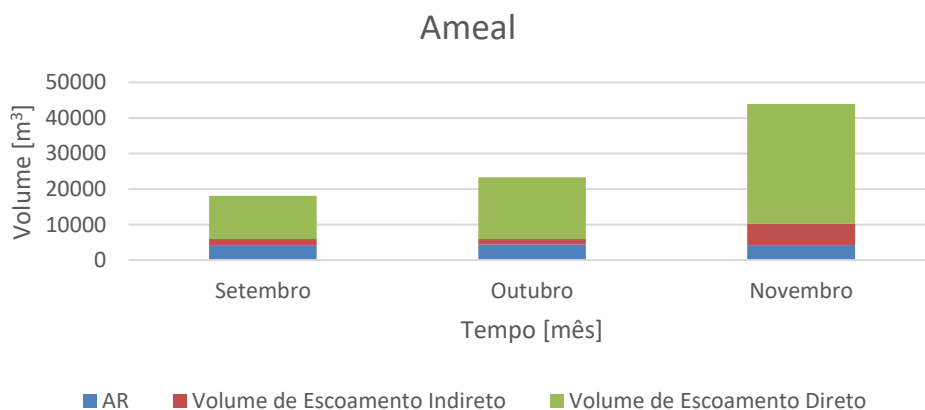


Figura 31 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.

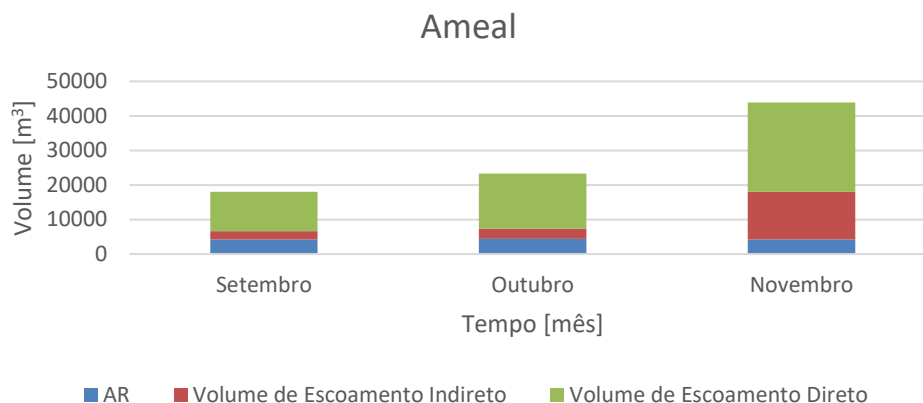


Figura 32 - Volumes afluentes à ETAR do Ameal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.

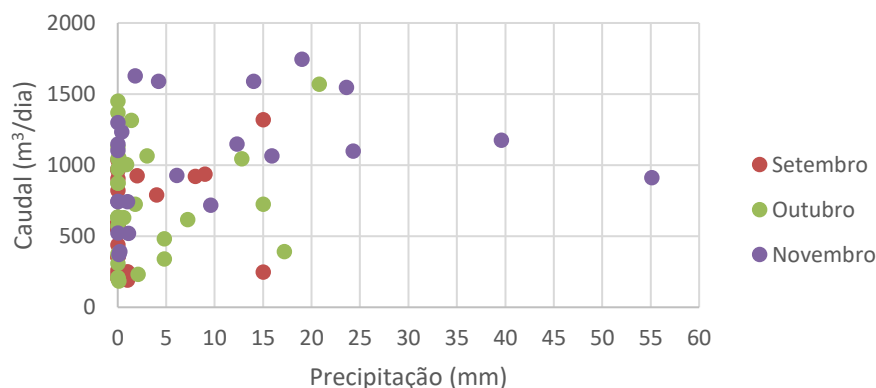


Figura 33 - Relação do caudal total afluente à ETAR do Ameal em função da precipitação.

O gráfico anterior (Figura 33) refere-se ao volume que aflui à ETAR em função da precipitação ocorrida, no entanto, verificam-se que os “picos” de volume podem não coincidir com os de precipitação, pois a entrada destes volumes no sistema ocorre algum tempo depois dada a existência de escoamento.

4.2.3. Caso de estudo da ETAR de Cernache

A ETAR de Cernache, responsável pelo tratamento das águas drenadas pela rede da freguesia, tem um comprimento de, aproximadamente, 45.61km. Para visualizar de uma forma mais direta, aplica-se o método do triângulo para o caso de estudo de Cernache.

4.2.3.1. Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de aflúências na ETAR de Cernache

Fazendo a contagem para o estudo de caso de Cernache, verificou-se que ocorreu precipitação em 8, 9 e 18 dias para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente. Aplicando novamente o método do triângulo, foi possível obter o volume de aflúências indevidas em duas parcelas, ou seja, volume de infiltração e volume de escoamento superficial. Podem, portanto, observar-se os resultados nas figuras 34, 35 e 36 para os meses dos casos de estudo, respetivamente.

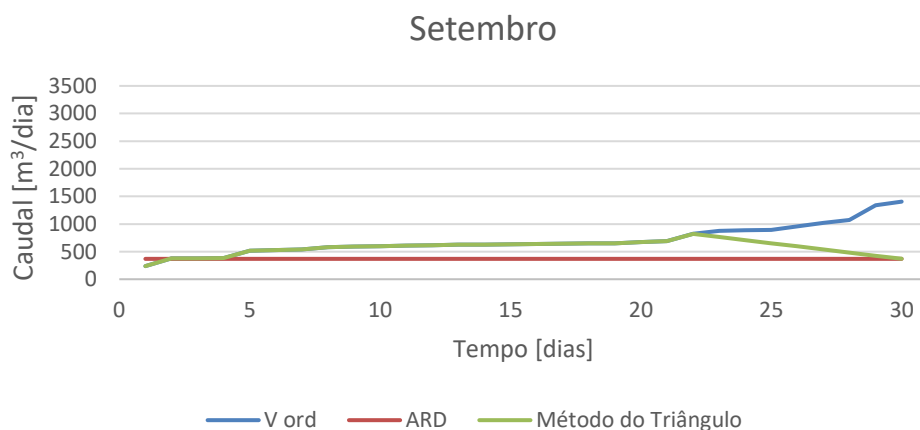


Figura 34 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Cernache no mês de setembro.

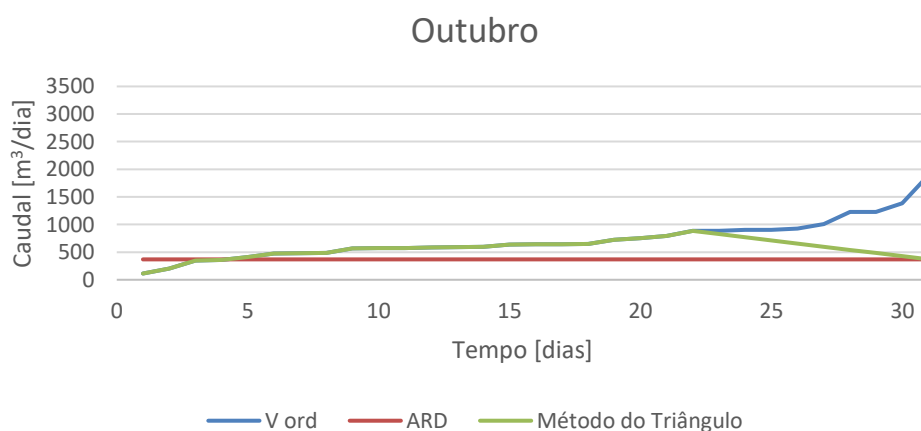


Figura 35 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Cernache no mês de outubro.

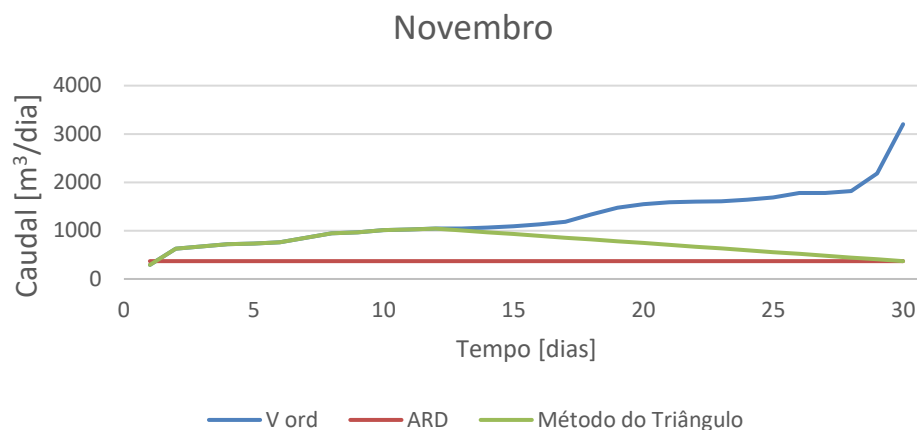


Figura 36 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Cernache no mês de novembro.

Após a aplicação do método do triângulo no caso de estudo da ETAR de Cernache, vemos que as afluências indevidas representam um terço do volume (6887m^3 (33%)), para setembro, 8259m^3 (37%) para outubro e 23838m^3 (62%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: escoamento indireto corresponde a 3527m^3 (51%), enquanto o volume de escoamento direto é de 3360m^3 (49%). Em outubro, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 3898m^3 (47%) e o escoamento direto de 4361m^3 (53%). Por fim, a divisão é feita com 8610m^3 (36%) e 15228m^3 (64%), para o escoamento indireto e escoamento direto, respetivamente. Desta forma, e analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais se mantém praticamente constante, o volume de escoamento indireto tem alguma variação, apesar de ser pouca, e que o volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo do tempo (Figura 37 e Tabela 5).

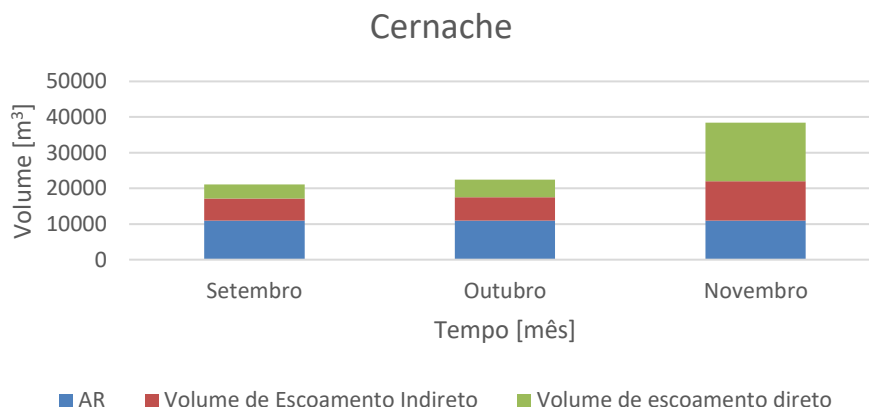


Figura 37 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.

Tabela 5 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de escoamento direto (m³)
Setembro	21056	6887 (33%)	3527 (51%)	3360 (49%)
Outubro	22450	8259 (37%)	3898 (47%)	4361 (53%)
Novembro	38398	23838 (62%)	8610 (36%)	15228 (64%)

4.2.3.2. Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de aflúências na ETAR do Cernache

Para a aplicação do método do mínimo móvel foi necessário utilizar os dados relativos aos caudais diários afluentes à ETARs de Cernache, aos caudais diários residuais de origem doméstica e verificar o valor do caudal de mínimo móvel nos 21 e 7 dias precedentes, respetivamente, tal como se verifica nos gráficos das figuras seguintes (38 e 39). Nesse sentido e, de forma resumida, seguem as tabelas 6 e 7.

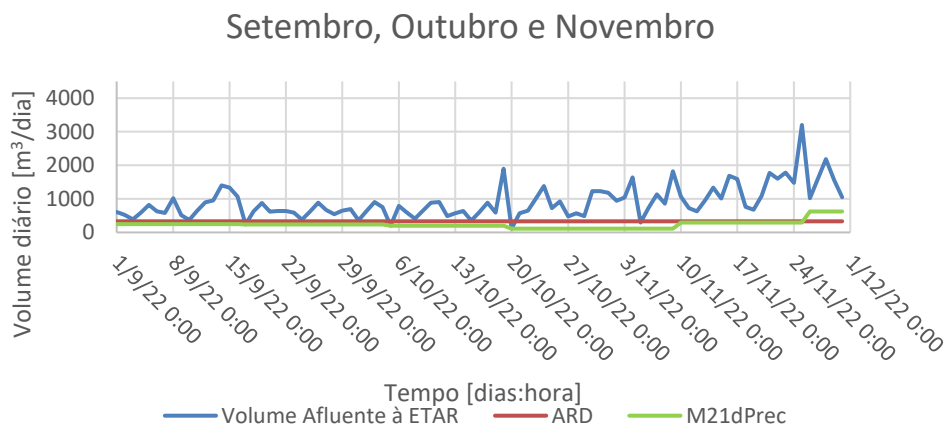


Figura 38 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Cernache, para 21 dias.

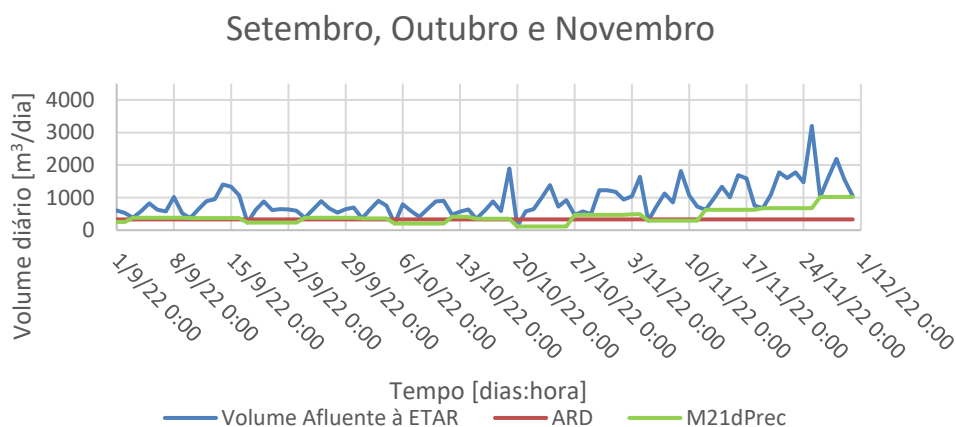


Figura 39 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Cernache, para 7 dias.

Após a aplicação do método do mínimo móvel no caso de estudo da ETAR de Cernache vemos que, as afluições indevidas representam um volume significativo de 11205m^3 (53%), para setembro, 11523m^3 (56%) para outubro e 28493m^3 (74%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: escoamento indireto 0m^3 (0%) e 11205m^3 (100%) de escoamento direto, para o primeiro mês. Para o segundo mês o escoamento indireto corresponde a 0m^3 (0%), enquanto, o volume de escoamento direto é de 12523m^3 (100%). Em novembro, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 1463m^3 (5%) e o escoamento direto de 27029m^3 (95%). Desta forma, analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais diminui, do primeiro para o segundo mês, mantendo-se praticamente constante nos restantes, o volume de escoamento indireto é nulo, e o volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo dos meses (Figuras 40 e 41).

NOTA: A metodologia de análise para o método do mínimo móvel de 7 dias é idêntica, portanto, apresenta-se apenas a tabela resumo (Tabela 7).

De outra forma, na Figura 42, é possível ver a variação do escoamento em função da precipitação.

Tabela 6 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	22056	11205 (53%)	0 (0%)	11205 (100%)
Outubro	22450	12523 (56%)	0 (0%)	12523 (100%)
Novembro	38398	28493 (74%)	1463 (5%)	27029 (95%)

Tabela 7 -Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	21056	11205 (57%)	1015 (9%)	10189 (91%)
Outubro	22450	12523 (65%)	1142 (9%)	11382 (91%)
Novembro	38398	28493 (75%)	8506 (30%)	19987 (70%)

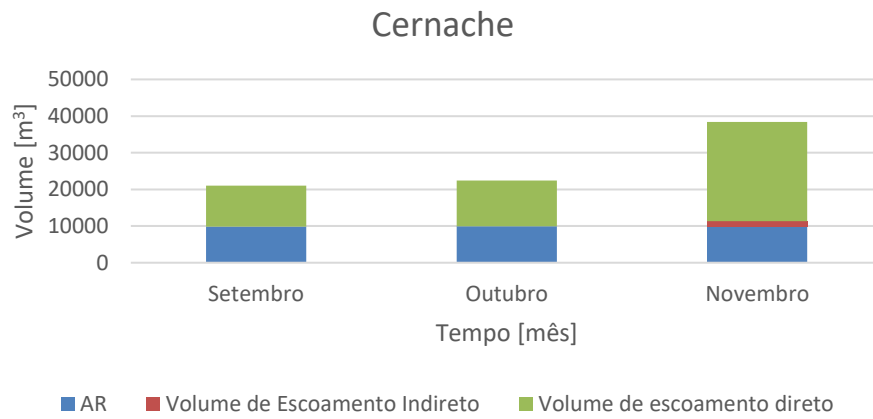


Figura 40 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.

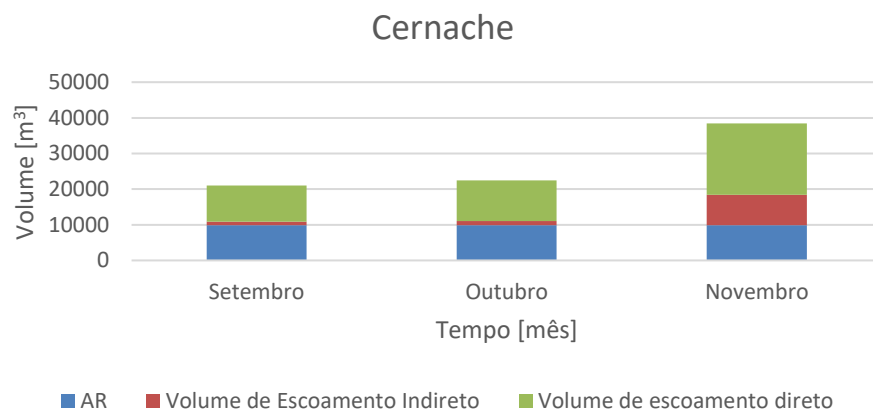


Figura 41 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.

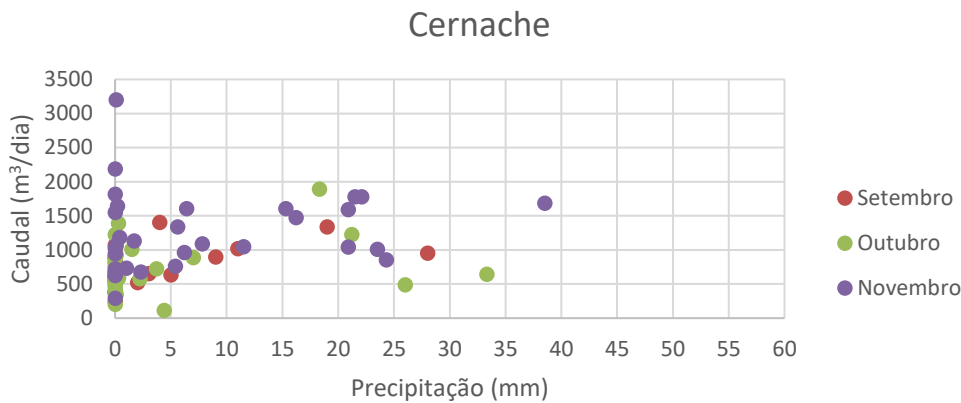


Figura 42 - Relação do caudal total afluente à ETAR de Cernache em função da precipitação.

O gráfico anterior (Figura 42) refere-se ao volume que aflui à ETAR em função da precipitação ocorrida, no entanto, verificam-se que os “picos” de volume podem não coincidir com os de precipitação, pois a entrada destes volumes no sistema ocorre algum tempo depois, dada a existência de escoamento.

4.2.4. Caso de estudo da ETAR de Ribeira de Frades

A rede de Ribeira de Frades, responsável pela drenagem à ETAR da freguesia, com, aproximadamente, 112.21km. Para visualizar de uma forma mais direta, aplica-se o método do triângulo para o caso de estudo de Ribeira de Frades.

4.2.4.1. Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de aflúncias na ETAR de Ribeira de Frades

Fazendo a contagem para o estudo de caso de Ribeira de Frades, verificou-se que nos dias 8, 11 e 18 houve precipitação para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente. Aplicando, mais uma vez, o método do triângulo, foi possível obter o volume de aflúncias indevidas em duas parcelas, ou seja, volume de infiltração e volume de escoamento superficial. Podem, portanto, observar-se os resultados nas figuras 43, 44 e 45 para os meses dos casos de estudo, respetivamente.

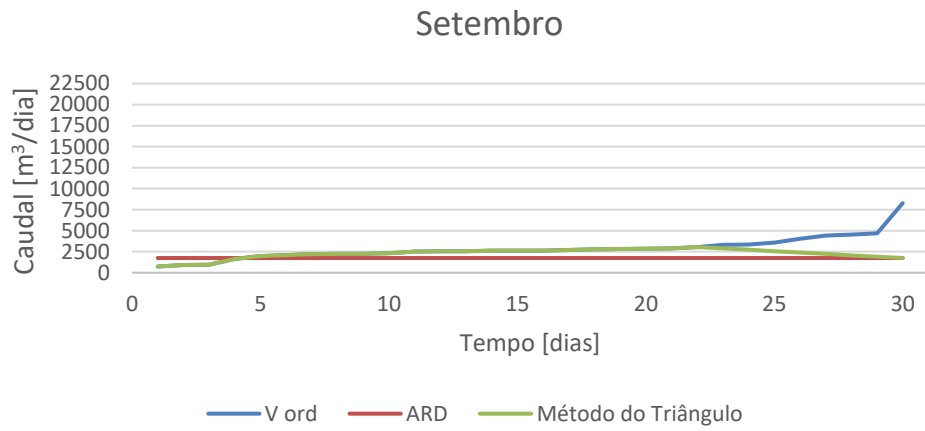


Figura 43 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades no mês de setembro.

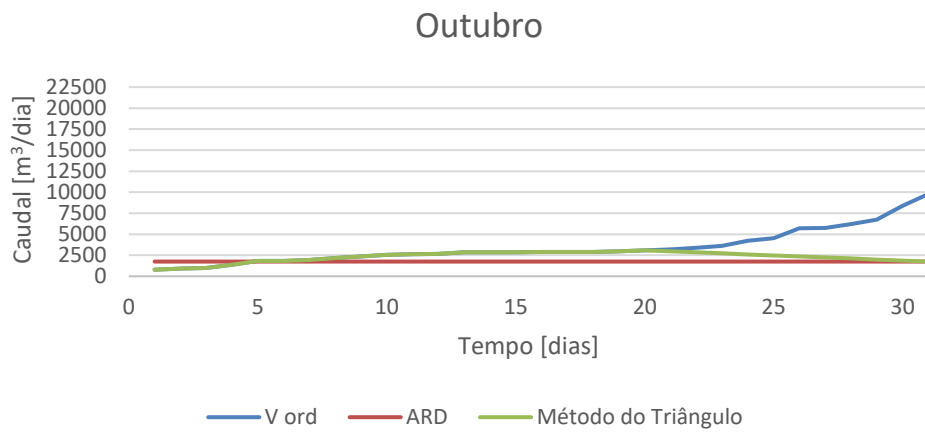


Figura 44 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades no mês de outubro.

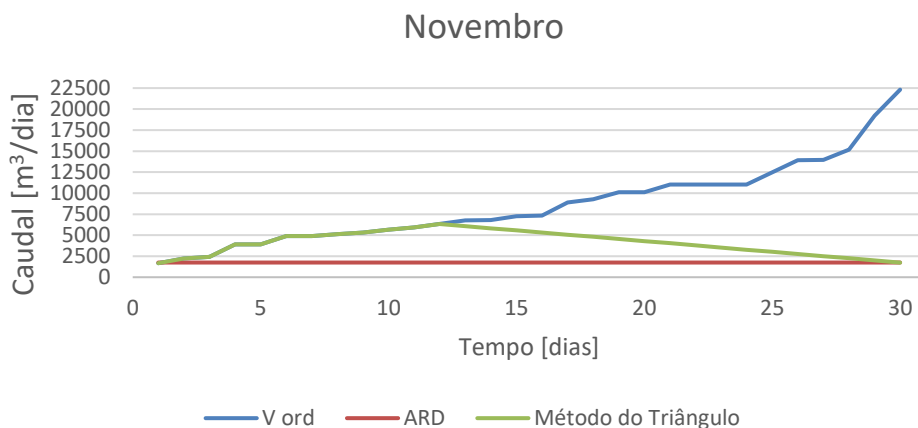


Figura 45 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades no mês de novembro.

Após a aplicação do método do triângulo no caso de estudo da ETAR de Ribeira de Frades vemos que as aflúências indevidas representam uma percentagem significativa do volume (22186m^3 (26%)) para setembro. Para os restantes meses, 41443m^3 (39%) para outubro e 190877m^3 (73%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: o escoamento indireto corresponde a 7175m^3 (32%), enquanto o volume de escoamento direto é de 15010m^3 (68%). Em outubro, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 9348m^3 (23%) e o escoamento direto de 32096m^3 (77%). Por fim, a divisão é feita com 59094m^3 (31%) e 131783m^3 (69%), para o escoamento indireto e escoamento direto, respetivamente. Desta forma, analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais se mantém praticamente constante, o volume de escoamento indireto tem alguma variação, apesar de ser pouca, e que o volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo do tempo (Figura 46 e Tabela 8).

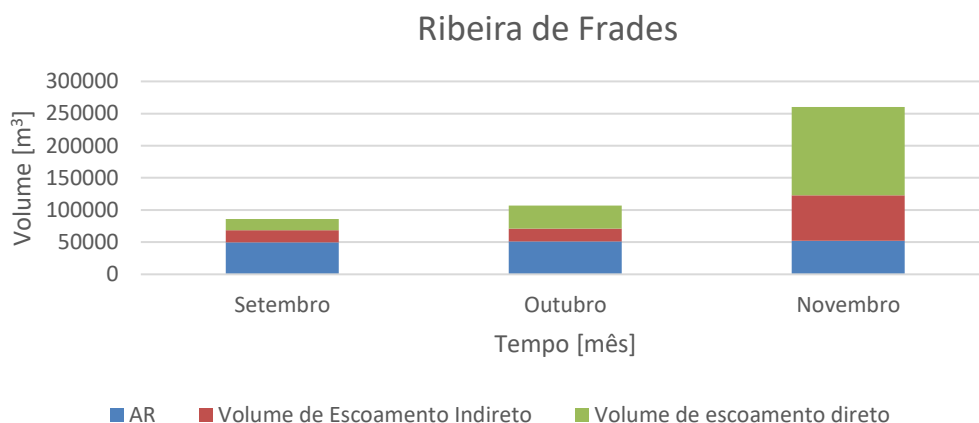


Figura 46 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.

Tabela 8 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de escoamento direto (m³)
Setembro	86185	22186 (26%)	7175 (32%)	15010 (68%)
Outubro	106861	41443 (39%)	9348 (23%)	32096 (77%)
Novembro	260050	190877 (73%)	59094 (31%)	131783 (69%)

4.2.4.2. Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de aflúências na ETAR do Ribeira de Frades

Para a aplicação do método do mínimo móvel foi necessário utilizar os dados relativos aos caudais diários afluentes à ETARs de Ribeira de Frades, aos caudais diários residuais de origem doméstica e verificar o valor do caudal de mínimo móvel nos 21 e 7 dias precedentes, respetivamente, tal como se verifica nos gráficos das figuras seguintes (47 e 48). Nesse sentido e, de forma resumida, seguem as tabelas 9 e 10.

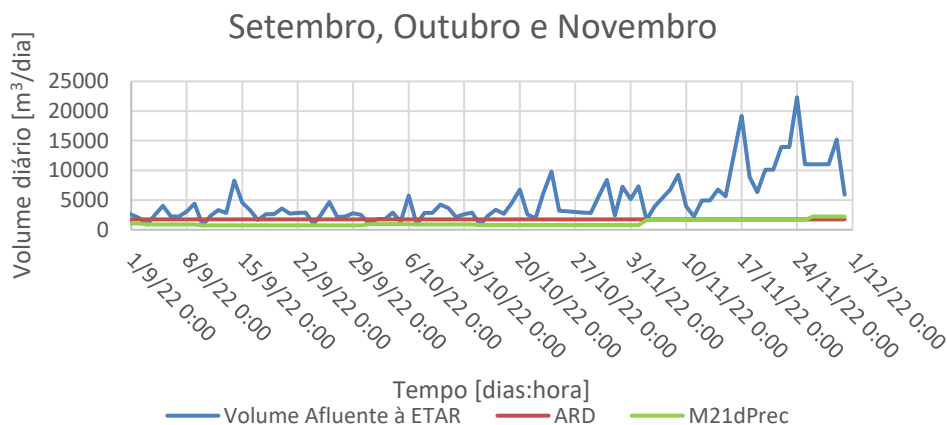


Figura 47 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, para 21 dias.

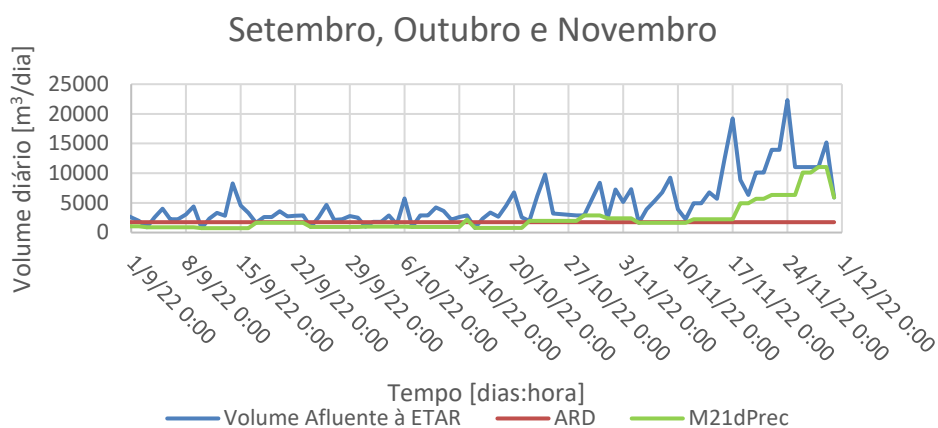


Figura 48 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, para 7 dias.

Após a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias, no caso de estudo da ETAR de Ribeira de Frades vemos que, as aflúências indevidas representam um volume significativo de 36487m^3 (42%) em setembro, 55589m^3 (52%) para outubro e 207682m^3 (80%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: escoamento indireto 0m^3 (0%) e 36487m^3 (100%) de escoamento direto, para o primeiro mês. Para o segundo mês o escoamento indireto corresponde a 0m^3 (0%), enquanto, o volume de escoamento direto é de 55589m^3 (100%). Em novembro, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 2440m^3 (0%) e o escoamento direto de 205242m^3 (100%). Desta forma, analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais diminuiu, do primeiro para o segundo mês, mantendo-se praticamente constante nos restantes, o volume de escoamento indireto é nulo, e o volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo dos meses (Figuras 49 e 50).

NOTA: A metodologia de análise para o método do mínimo móvel de 7 dias é idêntica, portanto, apresenta-se apenas a tabela resumo (Tabela 10).

De outra forma, na Figura 51, é possível ver a variação do escoamento em função da precipitação.

Tabela 9 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	86185	36487 (42%)	0 (0%)	36487 (100%)
Outubro	106861	55589 (52%)	0 (0%)	55589 (100%)
Novembro	260050	207682 (80%)	2440 (1%)	205242 (99%)

Tabela 10 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	86185	36487 (42%)	0 (0%)	36487 (100%)
Outubro	106861	55589 (52%)	5130 (9%)	50459 (91%)
Novembro	260050	207682 (80%)	77580 (37%)	130102 (63%)

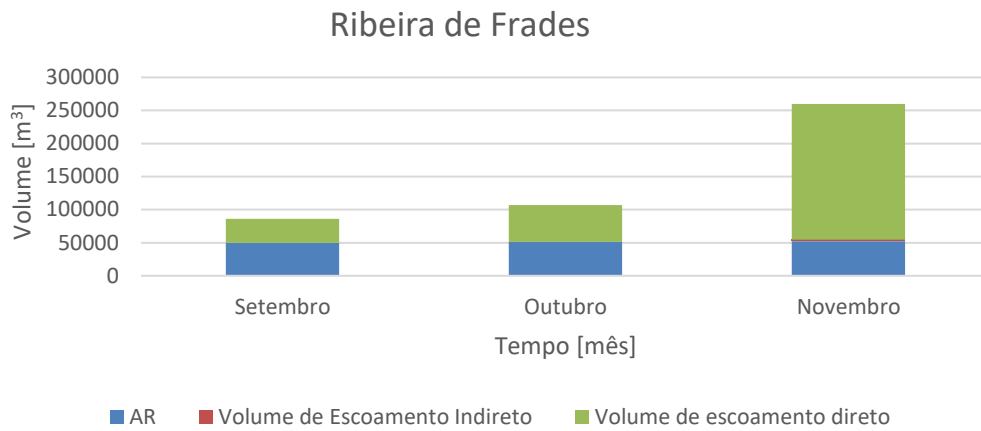


Figura 49 - Volumes afluentes à ETAR de Ribeira de Frades, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.

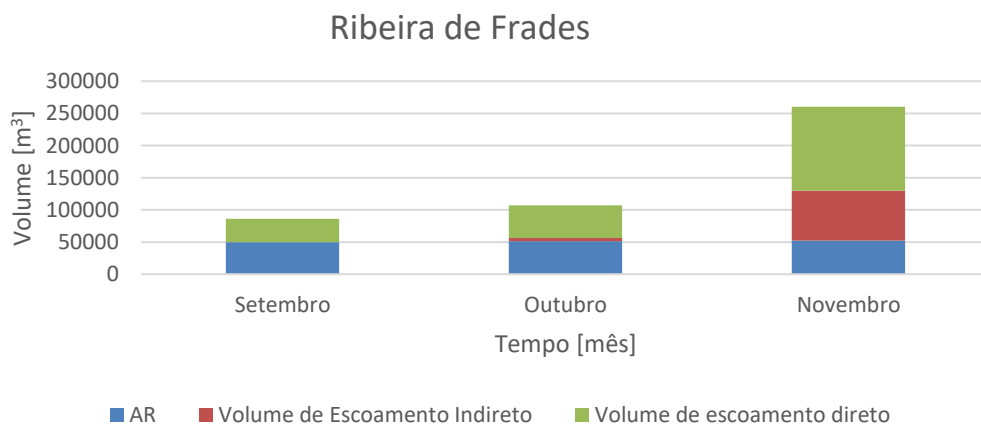


Figura 50 - Volumes afluentes à ETAR de Cernache, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.

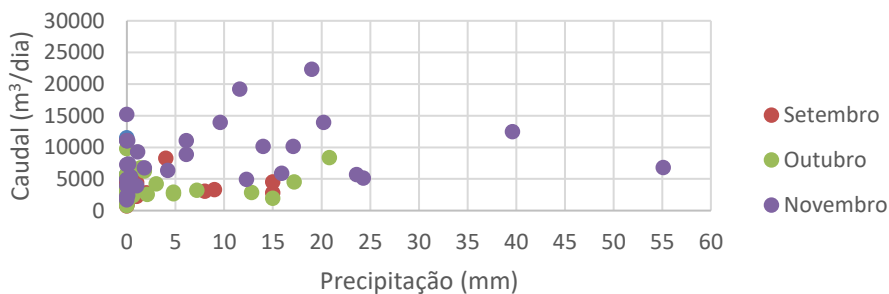


Figura 51 - Relação do caudal total afluente à ETAR de Ribeira de Frades em função da precipitação.

O gráfico anterior (Figura 51) refere-se ao volume que aflui à ETAR em função da precipitação ocorrida, no entanto, verificam-se que os “picos” de volume podem não coincidir com os de precipitação, pois a entrada destes volumes no sistema ocorre algum tempo depois, dada a existência de escoamento.

4.2.5. Caso de estudo da ETAR do Choupal

A rede do Choupal, responsável pelo tratamento das águas drenadas pela rede da freguesia, representa, aproximadamente, 513.31km de comprimento. Para visualizar de uma forma mais direta, aplica-se o método do triângulo para o caso de estudo do Choupal.

4.2.5.1. Aplicação do método do triângulo – quantificação do volume de aflúências na ETAR do Choupal

Fazendo a contagem, para o estudo de caso do Choupal, verificou-se que nos dias 8, 11 e 18 houve precipitação para os meses de setembro, outubro e novembro, respetivamente. Aplicando, de igual modo, o método do triângulo, foi possível obter o volume de aflúências indevidas em duas parcelas, ou seja, volume de infiltração e volume de escoamento superficial. Podem, portanto, observar-se os resultados nas figuras 52, 53, 54 para os meses dos casos de estudo, respetivamente.

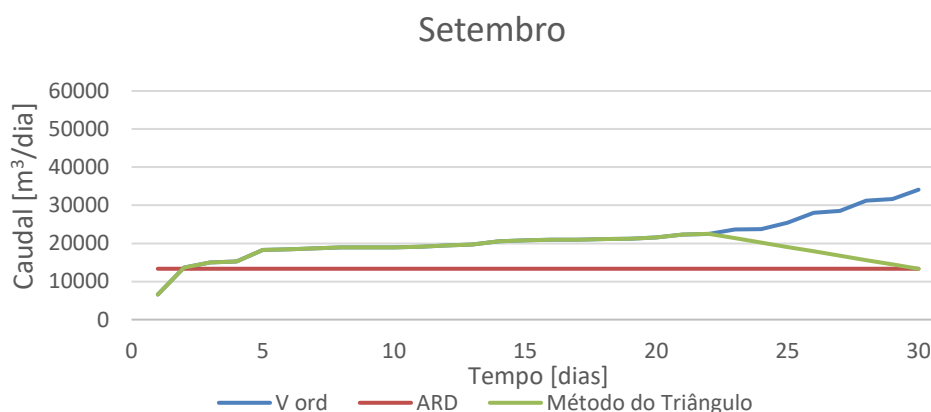


Figura 52 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR de Choupal no mês de setembro.

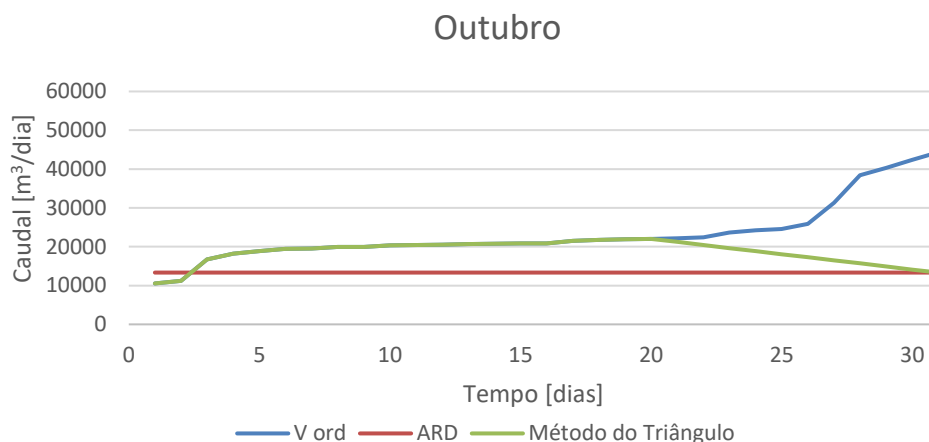


Figura 53 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Choupal no mês de outubro.

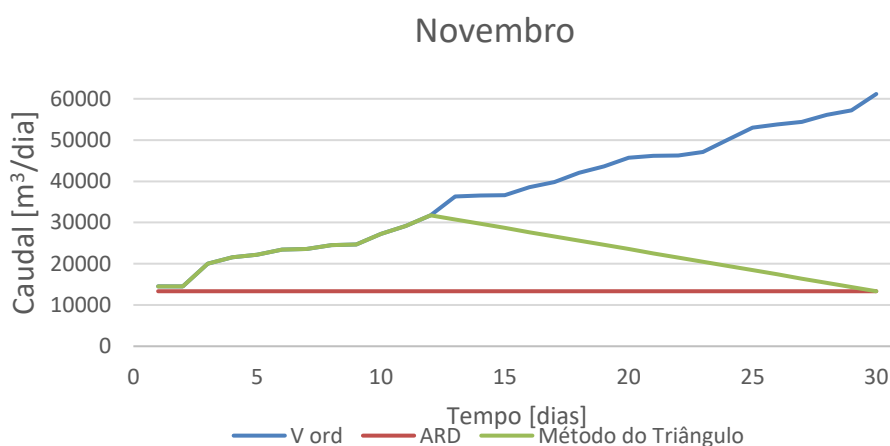


Figura 54 - Aplicação do método do triângulo para os caudais afluentes à ETAR do Choupal no mês de novembro.

Após a aplicação do método do triângulo no caso de estudo da ETAR do Choupal vemos que as aflúências indevidas representam um volume de 126468m^3 (20%) para setembro. Os restantes apresentam um volume de aflúências indevidas de 189129m^3 (26%) para outubro e 594617m^3 (53%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: o escoamento indireto corresponde a 59038m^3 (47%), enquanto o volume de escoamento direto é de 67430m^3 (53%). Em outubro, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 66293m^3 (35%) e o escoamento direto de 122836m^3 (65%). Por fim, a divisão é feita com 189005m^3 (32%) e 405613m^3 (68%), para o escoamento indireto e escoamento direto, respetivamente. Desta forma, analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais se mantém praticamente constante, o volume de escoamento indireto tem alguma variação, apesar de ser pouca, e que o

volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo do tempo (Figuras 55 e Tabela 11).

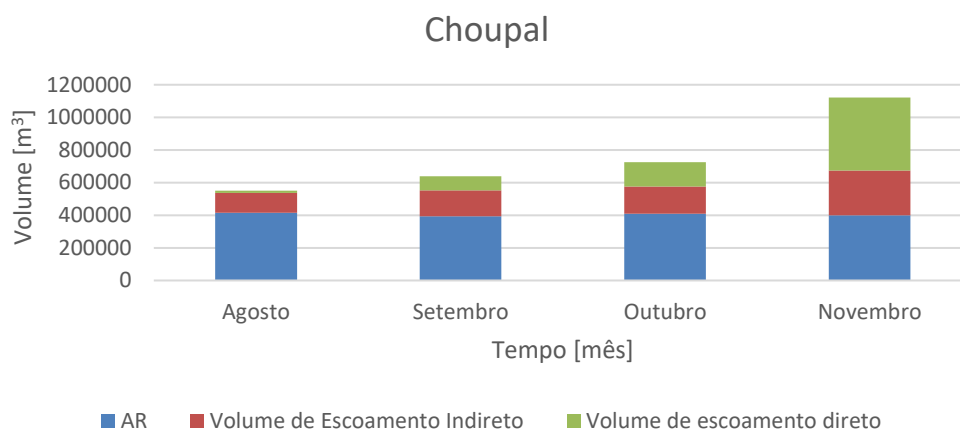


Figura 55 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.

Tabela 11 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do triângulo.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de escoamento direto (m³)
Setembro	639570	126468 (20%)	59038 (47%)	67430 (53%)
Outubro	725690	189129 (26%)	66293 (35%)	122836 (65%)
Novembro	1121815	594617 (53%)	189005 (32%)	405613 (68%)

4.2.5.2. Aplicação do método do mínimo móvel – quantificação do volume de afluições na ETAR do Choupal

Para a aplicação do método do mínimo móvel foi necessário utilizar os dados relativos aos caudais diários afluentes à ETARs de Ribeira de Frades, aos caudais diários residuais de origem doméstica e verificar o valor do caudal de mínimo móvel nos 21 e 7 dias precedentes, respetivamente, tal como se verifica nos gráficos das figuras seguintes (56 e 57). Nesse sentido e, de forma resumida, seguem as tabelas 12 e 13.

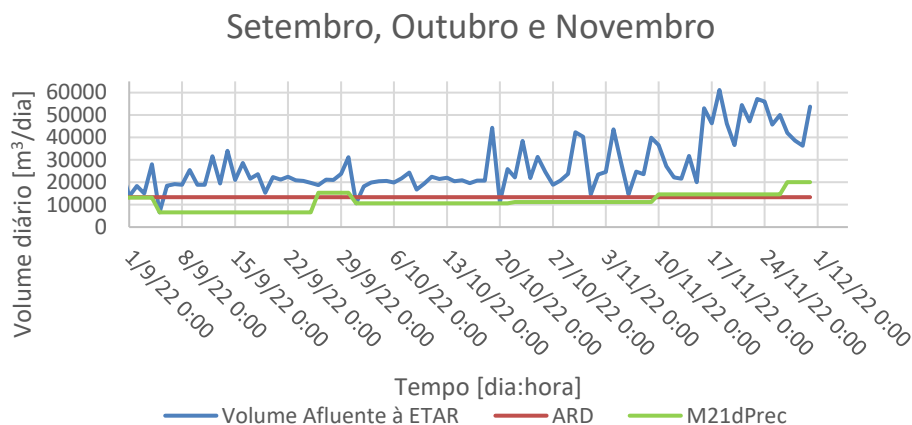


Figura 56 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Choupal, para 21 dias.

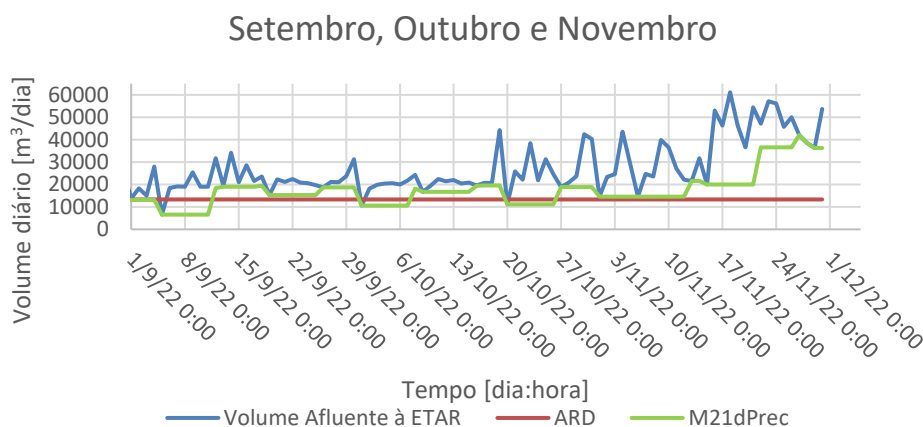


Figura 57 - Aplicação do método do mínimo móvel para os caudais afluentes à ETAR do Choupal, para 7 dias.

Após a aplicação do método do mínimo móvel no caso de estudo da ETAR do Choupal vemos que, as afluências indevidas representam um volume significativo de 246064m^3 (38%) em setembro, 317024m^3 (44%) para outubro e 721540m^3 (64%) para novembro. Relativamente aos volumes afluentes à estação de tratamento, os caudais parasitas estão divididos em duas parcelas: escoamento indireto 9593m^3 (4%) e 236471m^3 (96%) de escoamento direto, para o primeiro mês. Para o segundo mês o escoamento indireto corresponde a 0m^3 (0%), enquanto, o volume de escoamento direto é de 317024m^3 (100%). Em novembro, o escoamento indireto toma valores na ordem dos 47085m^3 (7%) e o escoamento direto de 674455m^3 (93%). Desta forma, analisando o gráfico da precipitação, verificamos que o volume total de águas residuais diminui, do primeiro para o segundo mês, mantendo-se praticamente constante nos restantes, o volume de escoamento indireto é nulo, e o volume de escoamento direto aumenta, significativamente, com o aumento da precipitação ao longo dos meses (Figuras 58 e 59).

NOTA: A metodologia de análise para o método do mínimo móvel de 7 dias é idêntica, portanto, apresenta-se apenas a tabela resumo (Tabela 13).

De outra forma, na Figura 60, é possível ver a variação do escoamento em função da precipitação.

Tabela 12 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	639570	246064 (38%)	9593 (4%)	236471 (96%)
Outubro	725690	317024 (44%)	0 (0%)	317024 (100%)
Novembro	1121815	721540 (64%)	47085 (7%)	674455 (93%)

Tabela 13 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.

	Volume Residual doméstico (m³)	AI (m³)	Volume de Escoamento Indireto (m³)	Volume de Escoamento Direto (m³)
Setembro	639570	246064 (38%)	79451 (32%)	166612 (68%)
Outubro	725690	317024 (44%)	80712 (25%)	236312 (75%)
Novembro	1121815	721540 (64%)	294239 (41%)	427301 (59%)

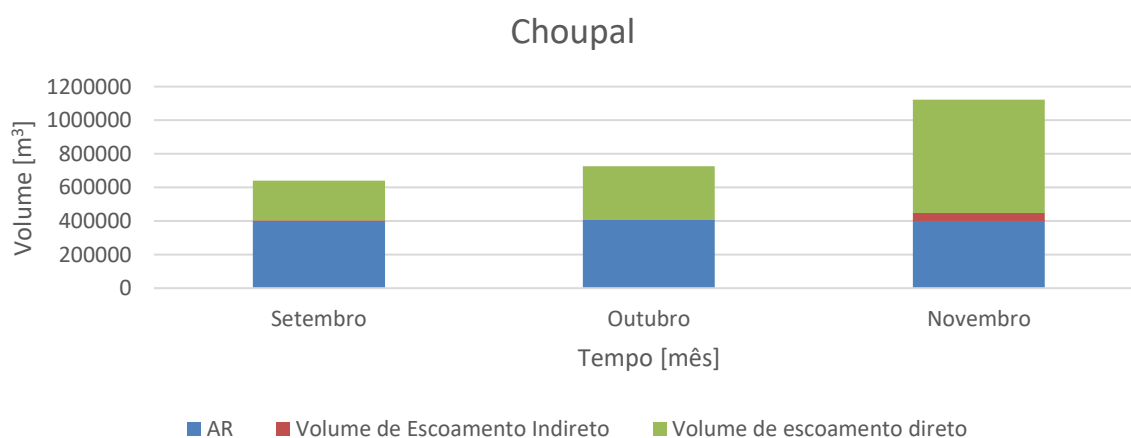


Figura 58 - Volumes afluentes à ETAR de Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 21 dias.

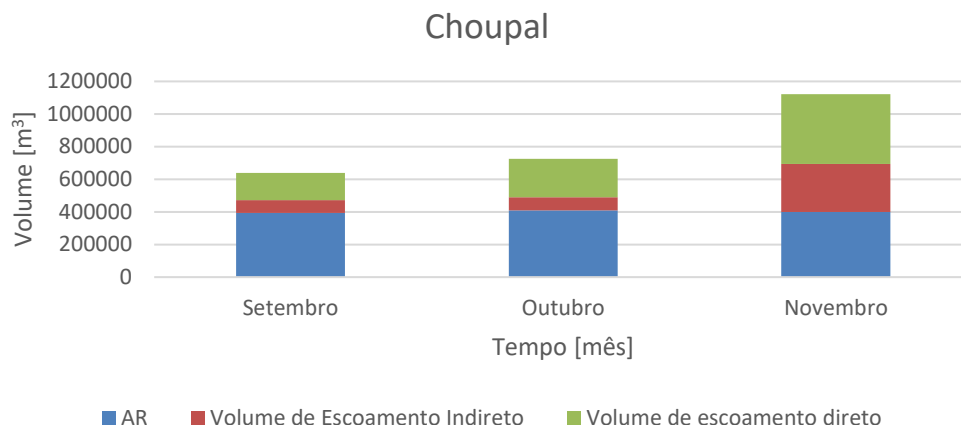


Figura 59 - Volumes afluentes à ETAR do Choupal, em vários meses, segundo a aplicação do método do mínimo móvel, para 7 dias.

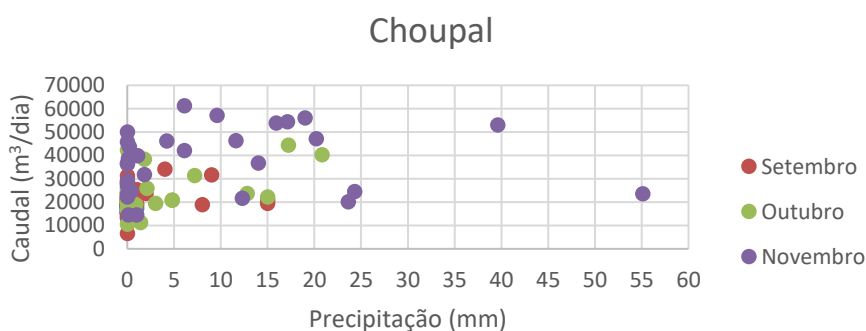


Figura 60 - Relação do caudal total afluente à ETAR do Choupal em função da precipitação.

O gráfico anterior (Figura 60) refere-se ao volume que aflui à ETAR em função da precipitação ocorrida, no entanto, verificam-se que os “picos” de volume podem não coincidir com os de precipitação, pois a entrada destes volumes no sistema ocorre algum tempo depois, dada a existência de escoamento.

4.2.6. Influência da ocorrência de precipitação

Como já vimos anteriormente, afluências indevidas influenciam muito os sistemas de ativos de drenagem. Assim sendo, faz parte do estudo tentar perceber de que forma estas são influenciadas pela precipitação. Para esse efeito, concluiu-se que a sobreposição das variáveis (caudal residual doméstico afluente à ETAR e precipitação), no mesmo gráfico (Figura 61), seria a melhor forma de observar a forma como ambas variavam no tempo. Decidiu-se escolher o período de estudo dos quatro meses de estudo, visto que, seria interessante observar as mais pequenas e maiores variações, que possibilitariam uma análise mais abrangente.

Tendo sido já quantificadas as afluências indevidas, bem como as parcelas que as constituem para as redes dos casos de estudo, trata-se agora de tentar compreender os fatores que influenciam o acontecimento deste fenómeno. De uma forma mais prática, comparando os fenómenos de precipitação aos volumes afluentes às estações de tratamento, estes podem-se analisar através do gráfico das seguintes (Figura 61):

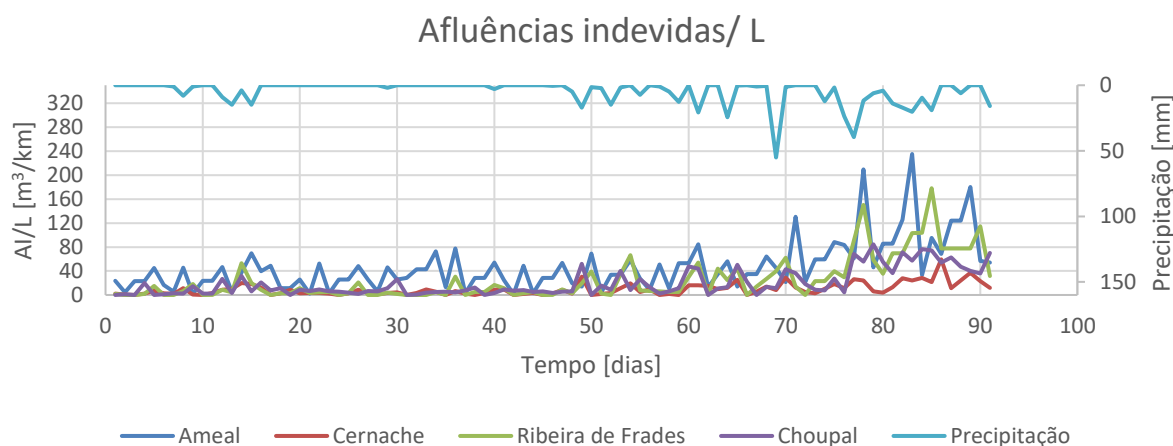


Figura 61 - Relação das afluências indevidas por km de conduta, com a precipitação ao longo dos 90 dias dos casos de estudo.

Verifica-se que existe uma grande influência da precipitação no caudal afluente à ETAR, principalmente após um pico da primeira, ou seja, assim que se nota uma maior intensidade de precipitação, o volume de afluências indevidas à ETAR apresenta um aumento significativo. Assim sendo, como podemos ver no gráfico anterior, temos um volume de caudais parasitas em função do comprimento de rede, em função do tempo (quatro meses), sendo que o comprimento é constante, variando apenas de ETAR para ETAR, pode-se afirmar que a precipitação tem um reflexo notório no aumento destes caudais excedentários afluentes às ETARs e, por conseguinte, nota-se também que as redes do Ameal e de Ribeira de Frades tem um muito fraco desempenho nesta relação. Por outro lado, a rede de Cernache apresenta uma boa relação com as afluências indevidas e a rede do Choupal uma relação razoável.

4.2.7. Estudo do impacto financeiro da ocorrência de afluências indevidas

O impacto financeiro, associado à entrada de afluências indevidas na rede de drenagem, é tido em conta nos custos de operação, nos custos de investimento e nos custos de manutenção. Desta forma, para chegar aos valores acrescidos na tarifa imposta aos utentes, seria necessário o uso de ferramentas muito complexas, das áreas da economia e gestão, que não são tema desta dissertação. No entanto, podem-se estabelecer relações de proximidade entre os custos operacionais, com os tratamentos realizados nas ETARs e custos associados à energia

necessária para bombeamento das águas. Note-se que a parcela energética é bastante influenciada, visto que os volumes a bombear aumentam muito com a presença de aflúências indevidas.

Como já se referiu acima, o rigor na determinação dos impactos financeiros seria muito complexo, portanto, a comparação seguinte está relacionada apenas com os custos a jusante da rede (nas ETAR). Assim, partiu-se do princípio que a tarifa fornecida pela empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal* tem em conta os custos associados ao tratamento das águas residuais. Por conseguinte, observam-se, em seguida (Tabela 14), as comparações entre os custos reais (com aflúências indevidas), o custo apenas das aflúências indevidas e a influencia que os caudais parasitas têm no custo final dos meses de estudo para as entidades. O custo da entrega à entidade gestora do sistema em “alta”, por metro cúbico de água foi de 0.65€, no ano de 2022.

Segundo o método do triângulo, obtiveram-se volumes de 83836m³, 45613m³, 295053m³ e 927261 m³ de aflúências indevidas, para a ETAR do Ameal, para a ETAR de Cernache, para a ETAR de Ribeira de Frades e para a ETAR do Choupal, respetivamente. Sabendo os volumes afluentes às ETARs, fornecidos também pela empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*, foi possível estabelecer a contribuição que os caudais parasitas têm na fatura das Entidades Gestoras (Tabela 14).

Tabela 14 - Faturação do volume de água residual afluente às ETARs.

	Ameal	Cernache	Ribeira de Frades	Choupal
Tarifa (€/m3)			0.6457	
Volume Afluente à ETAR (m3)	103333	101991	561545	3037070
Faturação do Volume afluente à ETAR (€)	66 722.19	65 855.59	362 589.61	1 961 036.10
Volume de Aflúências Indevidas (m3)	83836	45613	295053	927261
Faturação do Volume de aflúências Indevidas (€)	54 133.00	29 452.46	190 515.91	598 732.56
Contribuição das aflúências Indevidas (%)	81%	45%	53%	31%

Fazendo uma análise cuidada dos dados, verificamos que as contribuições das aflúências indevidas afetam em 81% os custos relativos à ETAR do Ameal, 45% na ETAR de Cernache, 53% na ETAR de Ribeira de Frades e 31% na ETAR do Choupal.

Desta análise, pode-se verificar que a problemática das aflúências indevidas é muito grave para as entidades gestoras. Sendo a empresa *Águas de Coimbra – Empresa Municipal*, a responsável pelo tratamento das águas afluentes às ETARs. Pode-se referir que estas acarretam despesas, de uma forma “injusta”, que rondam 872 833, 94€ em apenas quatro meses, dinheiro que podia ser utilizado para melhorar as condições dos ativos, otimizar as tarifas, entre outros.

4.2.8. Verificação segundo o RGDSPPDADAR

Segundo o RGDSPPDADAR, existem requisitos mínimos que as redes e os seus constituintes devem, obrigatoriamente, cumprir aquando do seu funcionamento (Tabela 15). Para as redes do Ameal, Cernache e Ribeira de Frades, a entrada de aflúências indevidas deveria respeitar os valores dos volumes apresentados na seguinte tabela, de forma que estas redes cumprissem o regulamento, caso contrário, poderíamos inferir que seria necessária uma intervenção.

Tabela 15 - Intervalos representativos de volumes aceitáveis de aflúências indevidas, segundo o RGDSPPDADAR

	Valores	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
Ameal	m3/30dias	4971.6	9943.3	14914.9	19886.5	24858.2	29829.8	34801.4	39773.1
Cernache	m3/30dias	14307.8	28615.6	42923.4	57231.2	71539.0	85846.8	100154.6	114462.4
Ribeira de Frades	m3/30dias	35664.3	71358.5	107037.8	142717.0	178396.3	214075.5	249754.8	285434.0

Tabela 16 - Dados de volumes de aflúências indevidas, para os meses de estudo

Ameal	m3/30dias	13851.6	13821.8	18925.07	39674.8
Cernache	m3/30dias	9734.7	10117.2	11467.8	27405.2
Ribeira de Frades	m3/30dias	55291.5	36487.2	55588.9	207682.1

Neste sentido, verificamos que, apesar dos valores dos volumes de aflúências indevidas demonstrados pelo método do triângulo (Tabela 16) parecerem excessivos e bastante preocupantes, pode-se afirmar que cumprem o regulamento e, dessa forma, segundo o RGDSPPDADAR, pode dizer-se que as redes dos casos de estudo estão em bom estado de funcionamento.

4.2.9. Análise crítica dos resultados obtidos

Os métodos do triângulo e mínimo móvel, como quaisquer outros métodos, são falíveis dependendo da origem dos dados para a sua aplicação e da sua veracidade. Posto isto, torna-se imprescindível fazer uma análise que justifique todas as decisões tomadas na sua aplicação. Além disso, o rigor tido em conta nos estudos de caso efetuados é extremamente necessário, sendo que os métodos aplicados, em situações ideais, deveriam chegar a resultados bastante próximos. Nesse sentido, procurou-se fazer uma comparação entre o volume de aflúências indevidas entre o método do triângulo e as duas hipóteses do método do mínimo móvel, tendo-se verificado que os valores, realmente, são díspares, principalmente nas parcelas de escoamento direto e indireto.

Na fase inicial do trabalho, ou seja, no tratamento de resultados, tal como foi mencionado no capítulo 3.3.1, foi necessário recorrer a interpolações de dados, dado que não estavam disponíveis os dados diários. De uma forma rigorosa, o que traria uma maior precisão aos resultados, seria usar os dados diários consecutivos, à mesma hora do dia. Não sendo possível, admite-se que este tratamento de dados, pode causar um desvio dos dados reais.

O facto de se terem usado os valores médios de águas residuais domésticas, influencia os métodos supramencionados, na medida em que estes volumes podem ser superiores ou inferiores. Ou seja, poderiam existir casos em que os volumes de escoamento direto e indireto seriam superiores ou inferiores de acordo com a posição da reta das águas residuais domésticas. Assim sendo, admite-se que há possibilidade de haver um desvio aquando da comparação entre métodos.

Outra consideração que poderá ter originado os desvios de resultados entre métodos, foi o facto de considerar, no método do triângulo (de modo a simplificar), os dias de precipitação ao invés dos dias influenciados pela mesma. Como é um método muito sensível a este dado de entrada, é uma boa justificação desta divergência de resultados entre métodos.

Sabe-se que os sistemas de drenagem são muito complexos, tendo em conta que contém instrumentos necessários ao seu funcionamento que influenciam os volumes escoados. Por exemplo, a existência de descarregadores, principalmente a montante das ETARs, influencia o volume de entrada, visto que se tem apenas em conta, como aflúências indevidas, os caudais tratados pelas mesmas, ao contrário do que pode ser na realidade. Por conseguinte, como os aparelhos medidores de caudais (caudalímetros) se encontram a jusante dos descarregadores, é impossível estabelecer a relação entre os volumes que afluem e os volumes que realmente poderiam fluir e, dessa forma, trata-se de mais uma incerteza neste tipo de estudo. Relativamente aos resultados obtidos na parte financeira, admite-se a possibilidade de algum desvio, igualmente, pela disponibilidade da informação usada. Existem atualizações sucessivas

ao longo dos anos, logo a existência de desvios entre o real e o teórico torna-se bastante possível. A falta de informação para os custos de investimento e custos de manutenção torna os valores estimados de perdas financeiras, possivelmente, menores que os reais. Neste trabalho, como podemos verificar, principalmente no método do mínimo móvel, existem valores de escoamento indireto que tomam valores nulos, porque usamos o valor médio da Águas residuais domésticas, sendo que o caudal afluente à ETAR pode ser menor. No caso do método do mínimo móvel para 21 dias, o valor mínimo tem um impacto muito grande, na medida em que pode arrastar-se durante muito tempo. Portanto, por esta razão, os resultados do método do mínimo móvel são mais próximo do método do triângulo, tendo assim uma maior veracidade. Este fenômeno pode ser justificado pela presença de descarregadores de emergência a montante das ETAR. Portanto, existe a forte possibilidade destes caudais nulos se referirem a caudais efluentes que não são repostos até ao seu destino expetável. No entanto, admite-se que uma realização completamente fidedigna deste estudo possa ser apenas possível por parte das próprias entidades, pois apenas estas conseguem aceder a toda a informação possível necessária.

CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como objetivo principal a determinação da problemática das aflúências indevidas em alguns sistemas de drenagem do concelho de Coimbra. Os estudos de caso abordados serviram para as redes do Ameal, Cernache, Ribeira de Frades e Choupal. Neste estudo, foi possível ter uma ideia dos volumes que entram para as redes de drenagem, inconvenientemente. Foi também possível verificar, através de figuras, como a entrada dos caudais parasitas pode afetar a rede, estruturalmente.

O presente estudo permitiu determinar os volumes parasitas afluentes às quatro ETARs, no passado ano (2022), aplicando o método do triângulo, sendo este um método de simples aplicação que permite a visualização gráfica das aflúências indevidas nas componentes de escoamento direto e indireto, separadamente. Sendo identificadas ambas as componentes, é possível perceber quais os problemas das redes de drenagem e se estas entradas são causadas por sintomas de deterioração do sistema ou por ligações indevidas à rede. Com a obtenção destes resultados foi possível verificar que as aflúências indevidas estão muito presentes, ainda, nos sistemas de drenagem e que é necessário atuar o mais rapidamente possível, para evitar males maiores neste tipo de infraestruturas. Esta presença torna-se responsável pelo agravamento dos custos, tanto para as entidades gestoras como para os utentes da rede.

Para o estudo de caso do Ameal, dos 25833m³ afluentes à ETAR, 20959m³ dizem respeito a aflúências indevidas, em média. Segundo o método do triângulo, destas aflúências indevidas, 64% corresponde a escoamento indireto e 36% a escoamento direto. Sendo o valor de aflúências indevidas correspondente a 79% do volume total, pode-se afirmar que existe um problema gravíssimo nesta rede e que a entidade gestora terá de intervir rapidamente para tentar colmatar esta problemática. Sendo a maioria deste volume causado por infiltrações, a solução passaria por aumentar a frequência de inspeções e o ataque aos danos presentes nas redes.

Na rede de Cernache, com volumes afluentes às ETARs na ordem dos 25498m³, 11403m³ dizem respeito a aflúências indevidas. Desta forma, comparando com a primeira rede, podemos afirmar que esta se encontra em melhor estado ou que é mais controlada. Ou seja, nota-se que apenas 41% do volume total se trata de aflúências indevidas, em que 51% pertencem à parcela de escoamento indireto e 49% a escoamento direto. Assim sendo, pode-se concluir que os problemas de degradação e de ligações indevidas têm, mais ou menos, a mesma magnitude, no entanto, há necessidade de combater de igual forma estas debilidades do sistema de drenagem.

Fazendo agora uma apreciação das redes mais extensas, verificou-se que o subsistema de Ribeira de Frades teve, em média 143861 m³ de aflúências totais à ETAR, sendo 73763m³, correspondentes ao volume parasita, ou seja, uma percentagem média de 44%. Deste volume

indevido, verificou-se que os escoamentos, indireto e direto correspondiam a 41% e 59%, respetivamente. Destes resultados assume-se que o problema desta rede, passa, maioritariamente, pela existência de ligações indevidas, ao contrário dos anteriores que indicavam que eram afetos a problemas de condições estruturais.

Para a rede de maior extensão, Choupal, com 513.31km, sendo aquela que serve um maior número de habitantes do concelho de Coimbra e, por isso, se considerar a mais importante, existem entradas totais, médias, de 759268m³ em que, apenas 231815m³ (25%) destas, se referem a volumes parasitas. Assim sendo, comparativamente às restantes redes dos estudos de caso, nota-se que é o subsistema que desempenha uma melhor resposta aos serviços. Saiba-se que, do volume correspondente às afluências indevidas, 41% correspondem a escoamento indireto e 59% a escoamento direto. Posto isto, analisando rigorosamente a percentagem de volumes parasitas à rede, pode-se afirmar que estes volumes se encontram controlados. Desta forma, seria interessante, por parte da entidade gestora, realizar um controlo mais cuidadoso às outras redes, visto que, tendo esta parcela de volumes indevidos tão bem controlados, para a rede de maior extensão e com maior número de utentes, seria possível otimizar o funcionamento para as restantes redes que apresentam problemas gravíssimos, quando comparados às suas dimensões. Assim sendo, é de salientar que a concentração da importância na rede do Choupal leva a menores complicações.

Seria de prever que, sendo estas redes do tipo separativas, os volumes correspondentes ao escoamento indireto fossem maiores, quando comparados aos volumes de escoamento direto, dado que a sensibilidade destas redes a fenómenos de precipitação é muito menor. No entanto, o que se verificou foi que essa maioria acontecia apenas para as redes do Ameal e de Cernache, sendo para os casos de Ribeira de Frades e do Choupal, o contrário. Esta distribuição pode ter origem no facto de o subsistema do Choupal ter uma parte da sua rede, apesar de se considerar desprezável quando comparado ao comprimento total, de rede unitária, em que é natural verificar-se um escoamento direto maior.

As afluências indevidas, no presente estudo, fomentam a noção dos problemas associados a este setor. Consequentemente, será de extrema importância reforçar o cuidado, tanto ao nível de construção deste tipo de infraestruturas, como ao nível da exploração de novas técnicas que permitam a mitigação desta problemática, sendo este último possível de controlar através do aumento da frequência de inspeções ou da aplicação de instrumentação nas redes de drenagem, que permitam um melhor e mais preciso controlo destes fenómenos. O processo de evolução nesta temática passa por adotar tipologias separativas, garantindo que não há ligações entre rede de drenagem de águas residuais e a rede de drenagem de águas pluviais. A única forma de garantir este bom funcionamento é com inspeções contínuas ao sistema, quer sejam feitas por equipas de inspeção/monitorização, quer com recurso à tecnologia disponível.

Ao nível económico-financeiro da presente dissertação, chegou-se a um valor próximo da realidade. Daí se verifica que o problema da existência de aflúências indevidas afeta as entidades gestoras numa dimensão bastante significativa, ou seja, a despesa 872 833.94€ num período de quatro meses de estudo é o valor acrescido, por estes volumes parasitas, à fatura das entidades gestoras dos seus utentes. Uma das formas para combater estes volumes de entrada é a aplicação de medidores em pontos estratégicos de forma a avaliar os volumes de água afluentes às redes. Nestes pontos poderiam ser realizadas as medições dos caudais de origem doméstica em secções de entrega.

Por fim, conclui-se que o mau estado das redes de drenagem pode originar uma maior entrada de aflúências indevidas que, por sua vez, propiciam uma maior degradação deste tipo de infraestruturas. Portanto, o problema de degradação será tanto maior quanto maiores forem os volumes indevidos afluentes aos subsistemas deste tipo, e vice-versa. Desta forma, um dos principais objetivos neste setor passará pelo aprofundamento do estudo desta problemática, de modo a combater todas as causas associadas e que dão origem a estes caudais parasitas.

Para a aplicação a estudos semelhantes, existem alguns pontos que deveriam ser melhorados para a minimização da componente de aflúências indevidas nos caudais afluentes às ETARs. O estudo contínuo e aprofundado desta temática deve ser realizado para ir de encontro ao melhor aproveitamento das redes de drenagem do tipo separativa. Assim sendo, seria importante estabelecer intervalos aceitáveis para os indicadores de desempenho, para que as entidades pudessem realizar uma avaliação dos sistemas e atuar mediante a mesma. Por outro lado, indo ao encontro das normas regulamentares, a realização de um estudo que permitisse a quantificação de caudais de infiltração, ainda em fase de projeto, sendo que no artigo 126º do DR 23/95, estão apenas presentes os valores dos caudais de infiltração em função das características da rede. Além disso, a criação de uma base de dados fidedigna para sistemas separativos seria de extrema importância de forma a avaliar o desempenho das mesmas. O conhecimento rigoroso das características das redes, bem como dos seus elementos, permite determinar as necessidades da rede, os seus problemas e ter uma noção aproximada dos locais e momentos propícios a novos problemas. Como já foi referido, a importância de inspeções e monitorização da rede torna possível o conhecimento e domínio perante a mesma, dada a possibilidade da recolha de dados relevantes, como por exemplo, os caudais drenados e variações anormais, identificação de zonas com anomalias, entre outros. A tecnologia é uma parte muito importante nesta área de estudo que poderá facilitar a perceção destes sistemas. Portanto, a existência de modelos de simulação que se assemelhem ao sistema permite a previsão da quantidade de infiltrações expectáveis. Ao nível estrutural, é importante referir que a construção de soluções e projetos que possam ir de encontro ao combate dos problemas identificados pelas inspeções é de grande importância, pois é nessa fase que se avalia a

importância de intervenções, como é o caso da ampliação, reabilitação ou conservação, e se encontram as melhores técnicas, onde se discutem os benefícios, entre outros.

Para concluir, seria, de igual forma, importante, para este caso de estudo em particular, aplicar outras metodologias, como por exemplo a aplicação do método das séries temporais que permitiriam a comparação com os resultados obtidos e, assim, pudessem credibilizar ou criar outro ponto de vista dos mesmos. Sabe-se nesta área que quanto maior for a base de dados, desde que fidedigna, maior será a aproximação à realidade e, portanto, maior a precisão das soluções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M., Lucas, J. (2003). *Terminologia geral sobre patologia da construção*. Relatório 326/03 – NCMC, LNEC, Lisboa.
- Albino, C. (2013). *Sistemas urbanos de drenagem de águas residuais e pluviais: contributo para a análise da problemática da interferência dos dois tipos de sistemas-caso de estudo: cidade de Olhão* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente]. Universidade do Algarve.
- Alegre, H. (2006). *Gestão Patrimonial de Infra-Estruturas de Abastecimento de Água e de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. Programa de investigação e programa de pós-graduação para provas de habilitação para o exercício de funções de coordenação científica.
- Almeida, M., Brito, R., Jorge, C., & Cardoso, M. (2021). Performance Assessment System to Wastewater Utilities Strategic Planning. *Water*, 13(18), 2489.
- Almeida, C. & Cardoso, A. (2010). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais*. Série Guias Técnicos, nº 17. ERSAR, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Almeida, S., & Monteiro, P. (2004). *Incidência de caudais de águas pluviais em redes de drenagem de águas residuais-Dois casos de estudo em municípios do Norte de Portugal*. In 7º Congresso da Água.
- APA (2015). *PENSAAR 2020 - Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais*. ISSN 1098-6596.
- AWWA (2012). *Buried no longer: confronting America's water infra-structure challenge, AWWA's infrastructure financing report*. Boulder, CO.
- Baptista, D. (2021). *Afluições Indevidas nas Redes de Drenagem Públicas. Efeitos das Bacias de Retenção* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Civil]. Universidade do Porto.

- Baptista, M. (2016). *Controlo de afluências indevidas em sistemas de drenagem: estudo de bacia piloto* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Civil]. Instituto Politécnico de Setúbal.
- Belez, J. (2016). *Gestão patrimonial de Infraestruturas – Quantificação de Afluências Indevidas na Bacia de Crestuma* [Relatório de Estágio para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Civil]. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Bloetscher, F. (2019). *Public Infrastructure Management: Tracking Assets and Increasing System Resiliency*. J. Ross Publishing, United States.
- Bonito, A. (2014). *Infiltrações na Rede de Drenagem de Águas Residuais – Caso de Estudo da Bacia de Drenagem de Lanheses* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Civil]. Universidade do Porto.
- Brito, R., Almeida, M. & Ribeiro, A. (2022); Enhancing hydraulic data reliability in sewers. *Water Practice and Technology*; 17 (1), 431–444.
- Caradot, N., Sonnenberg, H., Kropp, I., Ringe, A., Denhez, S., Hartmann, A., & Rouault, P. (2017). The relevance of sewer deterioration modelling to support asset management strategies. *Urban Water Journal*, 14 (10), 1007–1015.
- Cardoso, M. (2008). *Avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana* [Tese de doutoramento para satisfação do grau de Doutor em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa.
- Carey, B., & Lueke, J. (2013). Optimized holistic municipal right-of-way capital improvement planning. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 40(12), 1244-1251.
- Coelho, I. (2013). *Variabilidade de Afluências às Redes de Drenagem de Águas Residuais – Causas e Efeitos versus Sustentabilidade Económica* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Civil]. Universidade do Porto.
- Decreto Regulamentar 23/95 (1995). Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais.
- Dirksen, J., Clemens, F., Korving, H., Cherqui, F., Le Gauffre, P., Ertl, T., Plihal, H., Muller, K., & Snaterse, C. (2013). The consistency of visual sewer inspection data. *Structure and Infrastructure Engineering*, 9, 214– 228.

- Duarte, J. (2020). *Afluências Indevidas nas ETAR Aspetos Ambientais e Económicos* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente]. Universidade do Porto.
- Egger, C., Scheidegger, A., Reichert, P., & Maurer, M. (2013). Sewer deterioration modeling with condition data lacking historical records. *Water Research*, 47, 6762–6779
- EN 752-3 (1996). European Standard, Drain and Sewer Systems Outside Buildings, Part 3 – Planning. CEN, European Committee for Standardisation, Bruxelas, Bélgica.
- EN 752-5 (1997). European Standard, Drain and Sewer Systems Outside Buildings, Part 5 – Rehabilitation. CEN, European Committee for Standardisation, Bruxelas, Bélgica.
- EPA. (2018). *Smart Data Infrastructure for wet Weather Control and Decision Support*. U.S.EPA. Office of Wastewater Management, Washington, DC. EPA830-B-17-004, USA.
- ERSAR. (2017). *Desenvolvimento e Implementação de Processos de Gestão Patrimonial de Infraestruturas*.
- European Committee for Standardization (2003). EN 13508-2 Conditions of drain and sewer systems outside buildings - Part 2: Visual inspection coding system. Belgium: CEN.
- Fischmann, A., & Zilber, M. (1999). Utilização de indicadores de desempenho como instrumento de suporte à gestão estratégica. *Encontro da ANPAD, XXIII, Anais*.
- França, D. (2018). *Análise técnico-económica da importância das afluências indevidas nos sistemas de drenagem de água* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Gestão Sustentável do Ciclo Urbano da Água]. Universidade de Coimbra.
- Girão, L. (2014). *Modelação hidráulica e de qualidade da água de sistemas de drenagem em meios urbanos* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre Engenharia Civil]. Universidade de Coimbra.
- Gomes, M. (2015). *Variabilidade de afluências indevidas às redes de drenagem urbanas. Causas e efeitos. Estratégias de controlo e redução* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente]. Universidade do Porto.
- Gonçalves, J., & Valente, J. (2020). Gestão operacional de infraestruturas hidráulicas. Aplicação a casos práticos. *Recursos Hídricos*, 41(2), 11-22.
-

-
- Jorge, C., Almeida, M., & Covas, D. (2020). Impacto de aflúências indevidas no consumo energético em instalações elevatórias em sistemas de drenagem urbana. *Rev. Águas E Resíduos*, 9, 29-40.
- Kleidorfer, M., Moöderl, M., Gratl, F., Hammerer, M., Kinzel, H., & Rauch, W. (2013). Integrated planning of rehabilitation strategies for sewers. *Water Science & Technology*, 68, 176– 183.
- Martins, J. (2015). *Estudo das aflúências indevidas na ZMC de Adaiúfe* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Biológica]. Universidade do Minho.
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A. & Schulz, A. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais*. IWA, Versão portuguesa de: Performance indicators for wastewater services, Instituto Regulador de Águas e Resíduos.
- Mortinho, A. (2011). *Avaliação de Caudais de Infiltração em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Construção Urban]. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- Moura, P., Baptista, M., & Barraud, S. (2009). Avaliação multicritério de sistemas de drenagem urbana. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 6(1), 31-42.
- Muniz, S., Arnesen, A., & Gonçalves, R. (2019). *181 - Análise da execução do ensaio de verificação de estanqueidade para redes de distribuição de água em polietileno*.
- Paixão, J. (2016). *Aflúências indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais* [Dissertação para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Civil]. Universidade de Coimbra.
- Rahman, S., & Vanier, D. (2004). Life cycle cost analysis as a decision support tool for managing municipal infrastructure. In *CIB 2004 triennial congress* (Vol. 2, No. 1, pp. 11-8). Ottawa: National Research Council (NRC).
- Ramos, R. (2018). *Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de redução de aflúências indevidas em redes de saneamento* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente]. Universidade do Porto.
- Riel, W., Bueren, E., Langeveld, J., Herder, P., & Clemens, F. (2016). Decision-making for sewer asset management: Theory and practice. *Urban Water Journal*, 13(1), 57-68.

Riel, W., Langeveld, J., Herder, P., & Clemens, F. (2014). Intuition and information in decision-making for sewer asset management. *Urban Water Journal*, 11(6), 506-518.

Rodrigues, V. (2013). *Avaliação de Infiltração em Drenagem Urbana Recorrendo a Métodos Convencionais e não Convencionais – Aplicação ao Caneiro de Alcântara, em Lisboa* [Dissertação de Mestrado para satisfação do grau de Mestre em Engenharia Civil]. Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa.

Sá Marques, A., Lima, J., Sousa, J., Simões, N. & Pina, R. (2013). *Hidrologia urbana – Sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas*. Série Cursos Técnicos, n.º 2. ERSAR e UC, Lisboa.