

**VARIABILIDADE DE AFLUÊNCIAS ÀS REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS.
CAUSAS E EFEITOS VERSUS SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA.
UM CASO DE ESTUDO**
**Variability of Infiltrations in Wastewater Systems.
Causes and Effects Versus Economical Sustainability.
A Case Study**

INÊS COELHO ⁽¹⁾, FRANCISCO PIQUEIRO ⁽²⁾ e JOSÉ TENTÚGAL-VALENTE ⁽³⁾

⁽¹⁾ Mestre em Engenharia Civil, FEUP,
Rua Dr. Roberto Frias s/nº, 4200-465 Porto, inesircoelho@gmail.com

⁽²⁾ Professor Auxiliar, FEUP,
Rua Dr. Roberto Frias s/nº, 4200-465 Porto, piqueiro@fe.up.pt

⁽³⁾ Professor Associado, FEUP
Rua Dr. Roberto Frias s/nº, 4200-465 Porto, tentugal.valente@adnoroeste.pt

Resumo

As entidades gestoras responsáveis pelo controlo e monitorização das redes de drenagem atuais, têm-se deparado com graves problemas de cariz económico, estrutural e ambiental, associados à ocorrência de infiltrações. Devido às afluências indevidas às redes de coletores, para as quais a entidade gestora da rede deve encontrar uma solução, o custo associado ao seu tratamento é elevado. Desta forma a ETAR fica subdimensionada e sem capacidade de tratamento efetivo. Por outro lado, o excesso de volume efluente, põe em risco a qualidade de tratamento de água pela sobrecarga imposta aos órgãos de tratamento da ETAR, obrigando a descarregar efluentes ainda não totalmente preparados para o meio recetor, provocando impactos a nível ambiental.

Com o intuito de analisar a magnitude desta temática foi analisado o caso do município de Penafiel, sub-bacia das Termas de São Vicente, que apresentava um volume afluente à estação de tratamento bastante superior ao volume mensal faturado, revelando assim fortes indícios de afluências indevidas ao longo de todo o percurso da rede de coletores. Contudo, a falta de dados de qualidade não permitiu uma análise mais exaustiva, em grande parte, pela inexistência de uma base de dados com registos contínuos que permitissem relacionar a precipitação, volume consumido e volume afluente à estação de tratamento. Ainda assim, a rede topográfica local permitiu identificar algumas zonas mais vulneráveis à ocorrência de infiltrações e, conjuntamente com conclusões obtidas em estudos anteriores sobre a vulnerabilidade de elementos da rede, identificar as freguesias mais suscetíveis e críticas. Foi ainda efetuada uma análise do impacto económico deste problema.

Palavras-chave: Redes de drenagem, infiltrações, estações de tratamento, precipitação, custos.

Abstract

The entities responsible for managing, controlling and monitoring the urban drainage systems have been facing serious economical, structural and environmental problems associated with infiltrations. The lease of Wastewater Plants to different regulators entails an increase of money waste, in the sense that the excess of wastewater arriving to the station increases the volume of waste to be treated and overloads the sewerage as well, causing serious structural problems. On the other hand, the excess of inflow/infiltration can cause treatment problems by overloading the wastewater plant's organs, discharging the sewer in the receiving environment and inducing some ecological problems.

The present work aims to analyze the magnitude of the problems mentioned above, by analyzing the case of Penafiel, sub basin of Termas de São Vicente. It was verified that the studied sub basin presented a very high effluent's volume when compared to the one charged every month, which indicates major inflows arriving to the sewerage system. However, the lack of information and the nonexistence of an updated database, didn't allow us to find a correlation between the three main parameters: the rainfall, the billed volume and the affluent volume arriving to the wastewater plant. Nevertheless, the topographic network allowed the identification of some spots more vulnerable to the occurrence of the infiltration. This added to the knowledge obtained from previous studies pertaining the vulnerability of some elements of the network, allowing to identify as well some of the more susceptible places. An economical approach to this problem was also performed.

Keywords: Sewerage, infiltrations, wastewater treatment plants, rainfall, costs.

1. As Entidades Gestoras e as Infiltrações

Atualmente, as entidades gestoras de sistemas de drenagem urbana têm-se debatido com preocupações múltiplas, nomeadamente relação à implementação de estratégias e metodologias de gestão, de modo a preservar e melhorar a qualidade das infraestruturas, sem nunca esquecer as necessidades humanas e ambientais (Marques, 2010).

A nível nacional, as infraestruturas são, de uma forma geral, dimensionadas de forma homogénea de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (DR nº23/95), não se contabilizando, por vezes, algumas características locais (pluviométricas, climáticas, urbanas, entre outras) que podem influenciar o dimensionamento, consumo e/ou a própria drenagem.

O aparecimento de aflúncias imprevistas provoca inúmeros danos, nomeadamente ao nível de operacionalidade da rede de coletores e da estação de tratamento de águas residuais. Destacam-se também os seguintes impactos (Amorim, 2007):

- A nível financeiro: através do aumento dos custos operacionais e de manutenção, acelerando o processo de deterioração de coletores e o acréscimo do volume de água a tratar pela ETAR.
- A nível ambiental e de saúde pública, pelo aumento dos caudais descarregados no meio recetor, fomentando a poluição nas zonas envolventes;
- A nível técnico, causando dificuldades estruturais e operacionais da rede, passando um escoamento de superfície livre a processar-se sob pressão, para o caso das redes de drenagem;
- A nível social, pelas eventuais reparações necessárias, causando transtorno na rotinas diárias dos cidadãos, cortes e desvios, assim como aumentos de tarifário para compensar o prejuízo causado pelo dano na rede de drenagem.

Embora os caudais infiltrados sempre tenham constituído um sério problema para as entidades gestoras, o total desconhecimento da sua magnitude levava a uma desconsideração do problema, atuando-se apenas quando, com o passar do tempo, os sistemas de drenagem foram experimentando dificuldades desta natureza em maior escala.

Atualmente, as infiltrações às redes de drenagem assumem um papel relevante nomeadamente durante o dimensionamento da própria infraestrutura, existindo já legislação específica para a estimativa destes volumes, no caso de não existirem cadastros reais.

De acordo com a sua origem as infiltrações podem ser (Cardoso *et al.*, 2002):

- Diretas, provocadas por fenómenos pluviométricos;
- Indiretas, provenientes de fontes distintas que não resultam de fontes distintas (ligações indevidas, roturas nos coletores, entre outras).

2. Causas e Origem das Infiltrações

Os caudais infiltrados variam espacial e temporalmente, não podendo ser quantificados com exatidão através de um método empírico específico. Ao contrário das infiltrações pluviométricas cujo incremento é rápido e abundante, as aflúncias de águas de outras origens nos sistemas de drenagem urbana apresentam uma variação pequena (Cardoso *et al.*, 2002). As entradas físicas dos volumes afluentes às redes de drenagem de águas residuais por fenómenos diretos e indiretos devem-se a inúmeros fatores, variando de caso para caso. Destacam-se (Merril e Butler, 1994; Cardoso *et al.*, 2002 e Kretschmer *et al.*, 2008):

- Pressão hidrostática sob os elementos da rede;
- Intervalo de tempo que o nível hidrostático se encontra acima da soleira;
- Densidade de ramais;
- Fugas existentes noutros sistemas, por exemplo pluviais;
- Estado físico da rede de saneamento;
- Construção deficiente e manutenção deficitária;
- Idade do sistema;
- Movimentos de terra junto às tubagens, provocando o assentamento de coletores;
- Tipo de solo envolvente;
- Tipo de tubagem e qualidade de construção;
- Ataques químicos, provocando a corrosão de coletores;
- Localização do nível freático;
- Proximidade de aquíferos;
- Regime hidráulico predominante;
- Assentamento de tubagens;
- Tempo de vida útil da rede;
- Qualidade e manutenção do sistema de drenagem;
- Materiais e estado da rede situada em domínio privado;
- Topografia;
- Capacidade de transporte da rede de drenagem;
- Ligações clandestinas;
- Elevados custos de reabilitação e construção.

A quantificação e controlo das infiltrações devem constar no plano de trabalhos em duas fases distintas da obra (Cardoso *et al.*, 2002):

- **Fase de projeto:** aquando do cálculo dos caudais de dimensionamento;
- **Fase de exploração:** avaliação do desempenho do sistema em termos técnicos e económicos.

No caso de se tratar de uma obra de reabilitação o controlo das infiltrações deve ser feito antes e após a intervenção. Repare-se ainda que os volumes infiltrados são facilmente detetáveis, embora não se processem uniformemente ao longo da rede, sendo por isso necessário proceder a uma análise prévia de risco. Cardoso *et al.* (2002) sugerem:

- Identificação das zonas problemáticas;
- Identificação dos caudais e elementos estruturais mais vulneráveis;
- Seleção das tecnologias mais adequadas;
- Reabilitação programada faseada de acordo com o grau de prioridade.

3. Caso de Estudo:

A Sub-bacia das Termas de S. Vicente

3.1. Volumes afluentes versus volumes faturados

Com o intuito de melhor entender este problema recorreu-se a um caso prático correspondente à sub-bacia das Termas de São Vicente, localizada no concelho de Penafiel.

Como suporte, a entidade gestora responsável, Penafiel Verde, disponibilizou alguns dados relativos aos volumes afluentes à estação de tratamento de águas residuais, volumes faturados aos clientes assim como dados locais específicos, nomeadamente, planta topográfica e algumas avaliações locais realizadas pela própria empresa de 2010 a 2012. Verificou-se, a priori, um desfasamento entre o volume faturado e o volume afluente à estação de tratamento da estação de tratamento de águas residuais, o que indica a existência de afluências indevidas ao longo de todo o percurso da rede, Figura 1.

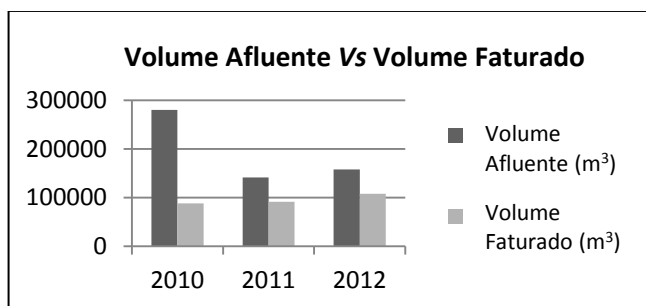


Figura 1. Volume afluente versus volume faturado para o período de estudo (dados disponibilizados por Penafiel Verde).

O regime de concessão de uma estação de tratamento de águas residuais, consiste no pagamento à entidade concessionária de todo o volume que aflui à ETAR para posterior tratamento. A infiltração de volumes ao longo do percurso da rede, desde o seu ponto de recolha à entrega na estação de tratamento, causa um aumento do volume de entrega, obrigando a entidade gestora a pagar um valor superior ao inicialmente previsto.

De acordo com a Figura 1, durante todo o período de estudo o volume afluente assume valores superiores ao volume faturado, o que sugere a existência de uma parcela que não tem sido faturada. O desfasamento parece diminuir significativamente de 2010 para 2011, mas apenas devido a uma avaria do caudalímetro durante um período significativo nos anos de 2011 e 2012.

Sob o ponto de vista económico, e por todas as razões já referidas, a não consideração desta parcela corresponde a um prejuízo para a entidade gestora, podendo assumir uma magnitude bastante elevada sobretudo se se tratar de uma tendência crescente.

Este fenómeno, além de complicar o tratamento das águas residuais na ETAR pela diluição do esgoto, assume por vezes, proporções tais que o efluente nem chega a atingir a estação de tratamento, passando imediatamente pelos descarregadores até ao meio hídrico recetor, podendo causar problemas ambientais.

A significativa discrepância entre os níveis de atendimento das infraestruturas de drenagem e abastecimento não permitiram estabelecer correlações mais exatas sobre a ocorrência de infiltrações nos instantes diários de maior consumo de água, obrigando a considerar os valores diários ou mensais, impedindo o recurso a fatores de afluência à rede.

De forma a minimizar essa dificuldade a faturação de saneamento ao cliente é considerada semelhante ao consumo de abastecimento, admitindo-se assim que todo o volume consumido aflui à rede de drenagem de água residual. No caso de existir um cliente sem abastecimento de água, mas ao qual seja aplicada uma taxa de saneamento, são faturados 10 m³ de água residual.

3.2. Análise da precipitação local

A análise da precipitação apenas consta no Sistema Nacional de Recursos Hídricos até ao ano de 2010, não sendo por isso uma base de dados muito útil para o caso de estudo.

Na ETAR das Termas de S. Vicente o registo diário da precipitação é feito por um operador, através da distinção entre três grandes classes:

- Muita chuva;
- Pouca chuva;
- Sem chuva.

Embora seja a classificação possível para os dados obtidos, na prática revela-se como insuficiente e pouco exata, não permitindo estabelecer limites de precipitação que permitam integrar cada dia no respetivo patamar.

Procedeu-se portanto à análise deste parâmetro segundo períodos de tempo seco, ou seja, períodos nos quais não são registados quaisquer eventos de precipitação durante, pelo menos, 10 dias, em cada mês. Pretende-se assim, detetar uma correlação entre a ocorrência de precipitação com o aumento dos volumes afluentes à estação de tratamento de águas residuais.

3.3. Análise de cartas topográficas

Detetado o desfasamento entre os volumes afluentes à ETAR e faturados pela entidade gestora, é de extrema relevância detetar as possíveis origens para a ocorrência deste fenómeno na rede de saneamento.

As cartas topográficas locais permitem detetar locais classificados como críticos e, a partir desta informação, delinear perímetros geográficos que possam representar um maior perigo, no sentido da potenciação dos volumes infiltrados. Refira-se ainda a utilização de registos de danos/colapsos disponibilizados pela Penafiel Verde para o cruzamento de dados com os pontos abaixo enumerados.

Nesse sentido é de especial relevo a:

- Identificação de pontos baixos;

- Identificação de locais com maior proximidade a níveis freáticos;
- Identificação de locais com maior vegetação;
- Identificação de locais planos;
- Identificação de estradas com maior tráfego.

Ainda que limitada, a análise dos diferentes pontos permitiu identificar as freguesias mais críticas a intervir, Cabeça Santa e Pinheiro.

3.4. Análise do estado atual da rede

O estado atual da rede de drenagem é uma das condições fundamentais para o correto desempenho da infraestrutura. Normalmente, redes que apresentem coletores com alguma anomalia tendem a sofrer mais significativamente fenómenos como infiltrações e exfiltrações (extravasamento de esgoto) para o solo envolvente.

Inserem-se aqui os fatores relativos à idade da rede de saneamento em concordância com os danos/colapsos registados pela entidade gestora. Ainda dentro da situação atual da rede, é de destacar ainda a importância no que diz respeito à identificação de:

- Elementos vulneráveis (juntas de ligação, caixas de visita; descarregadores; ramais domiciliários);
- Locais onde a rede seja unitária;
- Locais com proximidade a grandes obras de escavação.

A informação obtida revelou-se como escassa e pouco precisa, sendo por isso imperativo trabalhar no sentido da realização descritiva e pormenorizada de todos os pontos supracitados. Partindo deste pressuposto, optou-se por uma análise preliminar, com o intuito de entender os eventuais perigos segundo análises prévias de outros autores e alertar para a sua importância prática. Aconselha-se ainda, para eventos futuros, a aplicação da modelação hidráulica.

4. Análise Económica

Sob o ponto de vista económico, de acordo com os dados disponibilizados, simulou-se a privatização da estação de tratamento de águas residuais, segundo um custo por m³ atualmente a ser praticado pela ETAR de Paço-de-Sousa, ou seja, 0.6066 €/m³ de tratamento.

Constatarem-se prejuízos na ordem dos 20 000 € anuais para um ano considerado "regular", ainda que os dados fornecidos não sejam totalmente exatos. Repare-se que, numa empresa de pequenas dimensões, 20 000 € anuais poderão representar recursos humanos, materiais e de equipamentos necessários ao correto funcionamento, manutenção e operação da rede.

Optou-se por uma interpretação física do prejuízo, simulando para diferentes cenários de custo e de recursos, de que forma poderia a empresa lucrar com a intervenção nestes caudais excedentes.

Tratando-se de uma região maioritariamente rural, os valores relativos ao atendimento da zona tendem a ser reduzidos, com tendência a aumentar, por vezes numa proporção superior à capacidade da própria entidade gestora.

Nesse sentido, entende-se que a empresa assume igualmente um papel vital para não só cativar o utente e desmitificar o estigma da fraca qualidade da chamada "água da companhia", como fornecer ao cliente a melhor relação qualidade/serviço possível.

5. Conclusões

Admitem-se como prioritárias todos os métodos/técnicas e planos que permitam simultaneamente:

- Reduzir o volume de infiltrações, desde a sua quantificação até à sua minimização;
- Reduzir custos inerentes ao ciclo de vida da rede de saneamento. Inserem-se neste grupo todos os estudos, análises e técnicas que permitam quantificar e comparar custos antes e após a intervenção, caso ela exista.

O município de Penafiel possui ainda uma grande margem de progressão no que diz respeito à avaliação dos volumes infiltrados nas demais sub-bacias.

Registou-se uma recorrente falta de dados, cadastros e registos contínuos que permitam definir uma base de dados fidedigna e quantificar com maior precisão os volumes excedentes às redes drenagem.

A elaboração e definição de um plano estratégico que permita reduzir de uma forma eficaz as infiltrações indevidas à rede passa pela definição de objetivos iniciais, que, por sua vez, passam por todas as técnicas que permitam reduzir o volume infiltrado e os custos inerentes ao ciclo de vida da rede de saneamento.

Convém, contudo, que as metas sejam realistas e possíveis de atingir. Para tal, é necessária uma avaliação do ponto da situação pelo grupo técnico responsável.

Agradecimentos

Aos Engenheiros Carla Cruz, Vitorino Ferreira e José Gonçalves da Penafiel Verde, por toda a simpatia, disponibilidade, sem os quais não seria possível realizar este trabalho.

Referências

- Amorim, H. (2007). "Afluências Indevidas aos Sistemas de drenagem de Águas Residuais", Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cardoso, Almeida, M. e Coelho, S. (2002). "Evaluation of the infiltration impact on the performance of urban sewer systems". Proceedings of the 9th National Congress on Water, Wastewater and Solid Waste.
- Kretschmer, F., Ertl, T. e Koch, F. (2008). "Discharge Monitoring and Determination of Infiltration Water in Sewer Systems." 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

Marques, M. (2010). "*Metodologia Para Aplicação dos Princípios do Ciclo de Vida a Sistemas de Drenagem de Águas Residuais*", Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Merril, M. e Butler, R. (1994). "*New dimensions in infiltration/inflow analysis*". Global Perspective for Reducing CSOs: Balancing Technologies, Costs, and Water Quality Speciality Conference. ISBN:1881369390.