

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2019/2020

**OTIMIZAÇÃO DE ROTAS DE CONTADORES DE LEITURA MANUAL
ATRAVÉS DA CRIAÇÃO DE NOVOS CIRCUITOS E DE NOVAS ZONAS
– APLICAÇÃO À CIDADE DO PORTO**

PAULO FILIPE DA SILVA FREITAS

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho
(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador académico: Joaquim Manuel Veloso Poças Martins
(Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na empresa: Engenheira Ana Rita Neves Viegas Carrapatoso Oliveira
(Coordenação da Gestão de Clientes na Águas do Porto, EM)

Outubro, 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e Irmão

A goal is a dream with a deadline

Napoleon Hill

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor Joaquim Poças Martins, agradeço a oportunidade de realizar este trabalho em ambiente empresarial. Agradeço ainda a sua orientação, o seu espírito crítico e toda a disponibilidade que sempre demonstrou.

À minha coorientadora, Engenheira Rita Carrapatoso, expresso o meu agradecimento pela disponibilidade, interesse e simpatia. Agradeço também por sempre me proporcionar todos os recursos necessários para a realização das tarefas que me foram propostas.

Ao Valdemar Freitas pela receptividade no esclarecimento de dúvidas, auxílio com o ArcMap e apoio em todos os temas relacionados com o cadastro digital das infraestruturas da AdPorto.

Ao Paulo Magalhães e Carlos Barbosa pela simpatia e ajuda incansável; e a todas as pessoas da Águas do Porto, E.M., que de alguma forma deram o seu contributo, expresso a minha gratidão.

Aos meus amigos e colegas, que me apoiaram nesta caminhada, expresso a minha gratidão.

Aos meus pais, irmão e restante família, o meu especial agradecimento pelo apoio, carinho e suporte.

À Cátia, pelo apoio incondicional e pela dedicação única ao longo dos últimos anos. Obrigada pelas constantes palavras de confiança e motivação.

Resumo

A presente dissertação tem como objetivo principal promover a otimização de rotas de leitura de contadores manuais, tendo em conta a reformulação das zonas de leitura, numa empresa de abastecimento de água, AdPorto, utilizando a cidade do Porto como estudo de um caso à escala real.

A reorganização das zonas de leitura em que a cidade se encontra dividida, possibilita uma poupança nos recursos humanos necessários para a recolha das leituras, assim como, uma diminuição significativa do tempo que os técnicos despendem na execução do percurso. Estes circuitos fazem-se ao longo dos passeios e passadeiras do Porto, locais identificados como possíveis de serem percorridos a pé pelos técnicos de leitura. Para este efeito, recorreu-se a uma aplicação informática de representação e análise geográfica: software ArcGIS denominada ArcMap e sua extensão Network Analyst, desenvolvida para calcular circuitos otimizados entre pontos de interesse.

A aplicação do Network Analyst ao caso de estudo, permitiu concluir que é um software com muito interesse no processo de gestão de sistemas de abastecimento de água, apesar de apresentar algumas restrições de aplicação e que a qualidade/eficácia do procedimento de otimização depende da qualidade dos dados de entrada.

Abstract

This dissertation has as main objective the optimization of new meter reading routes, considering the reformulation of reading areas, in a water supply company, AdPorto, using the city of Porto as a case study at full scale.

The reorganization of reading areas in which the city is divided allows a saving in the human resources necessary for the collection of the readings, as well as a significant decrease in the time that the technicians spend in the execution of the route. These circuits are design along the pavements and road crossings of Porto, sites identified as possible to be travelled on foot by the technicians of meter readings. In order to fulfil this, one uses the ArcMap extension, Network Analyst that belongs to the software ArcGIS, which is developed to create optimized routes.

Network Analyst can be in general very useful software in management of water supply systems. However, there are some restrictions to its use as the efficiency relies on the data inserted by the user.

Índice Geral

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas	xx
Acrónimos	xxiii

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Âmbito	1
1.2. Motivação	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivos Específicos	2
1.4. Estrutura da dissertação	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. História do Abastecimento de Água em Portugal	4
2.2 Caracterização Geral do setor de águas	6
2.3. Caracterização De Um Sistema Público De Abastecimento De Água	7
2.4. Principais intervenientes no setor	10
2.4.1 Entidade Reguladora	10
2.4.2 Outras Entidades	12
2.5 Modelos de Gestão	13
2.5.1 Modelo De Gestão Direta	14
2.5.2 Modelo De Gestão Delegada	15
2.5.3 Modelo De Gestão Concessionada	15
2.6. Dados setor em Portugal	16
2.7. Enquadramento Estratégico do Setor	21
2.8. Principais Problemas do Setor	24
2.9. Contagem de água	25
2.9.1. Administração Do Parque De Contadores	29

2.9.2. Estimativas Dos Consumos	31
2.10. Perdas Sistemas de Abastecimento de Água	32
2.10.1 Balanço Hídrico	33
2.10.2 Perdas Aparentes	36
2.10.3 Perdas Reais.....	40
2.10.4. Redução Das Perdas De Água Para O Desenvolvimento Sustentável	44
2.11. Telemetria.....	45
2.11.1. Constituição Do Sistema.....	46
2.11.2. Potencialidades Dos Sistemas De Telemetria Domiciliária.....	47
2.11.3. Desafios Na Instalação Da Telecontagem	48
2.11.4. Telemetria No Combate Às Perdas Aparentes.....	49
2.12. Aplicabilidade Dos Sistemas De Informação Geográfica Em SAA	50
2.12.1. Análise De Redes E Processamento De Rotas.....	53
2.12.2. Otimização De Rotas Com Network Analyst	55
3. ÁGUAS DO PORTO, E.M.....	59
3.1. Apresentação da Empresa.....	59
3.1.1. Sistema De Abastecimento De Água Do Porto	61
3.1.2. Indicadores Do Serviço De Abastecimento Público De Água	62
3.1.3. Água Não Faturada.....	64
3.1.4. Gestão Operacional	64
3.1.5. Distinções Internacionais	65
4. CASO DE ESTUDO	67
4.1. Descrição do Caso de Estudo.....	67
4.2. Definição Da Rede Viária (Network Dataset).....	72
4.3 Locais De Paragem (Network Locations)	73
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
5.1. Rota da Zona 1 – Nevogilde/Aldoar.....	74
5.2. Rota da Zona 2 – Foz.....	76
5.3. Rota da Zona 3 – Aldoar/Ramalde	78

5.4. Rota da Zona 4 – Ramalde	80
5.5. Rota da Zona 5 – Lordelo do Ouro	81
5.6. Rota da Zona 6 – Cedofeita	83
5.7. Rota da Zona 7 – Massarelos	85
5.8. Rota da Zona 8 – S. Nicolau/Vitória/Miragaia	88
5.9. Rota da Zona 9 – Sé/St. Ildefonso	89
5.10. Rota da Zona 10 – Bonfim/Campanhã	92
5.11. Rota da Zona 11 – Cedofeita/St. Ildefonso	93
5.12. Rota da Zona 12 – Paranhos I	95
5.13. Rota da Zona 13 – Paranhos II	97
5.14. Rota da Zona 14 – Paranhos/Campanhã	99
6. CONCLUSÃO	102
7. RECOMENDAÇÕES	104
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

Índice de Figuras

Figura 1: Evolução do indicador água segura entre 1993 e 2018 (ERSAR, 2019).....	6
Figura 2: Componentes de um sistema de abastecimento de água (ERSAR, 2019a).....	8
Figura 3: Componentes de um sistema de saneamento de águas residuais (ERSAR, 2019a).	9
Figura 4: Ciclo urbano da água (AdPortugal, 2020b).....	9
Figura 5: Distribuição geográfica do setor de abastecimento de água em alta, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).....	18
Figura 6: Indicadores gerais do setor de abastecimento de água em alta, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).....	19
Figura 7: Distribuição geográfica do setor de abastecimento de água em baixa, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).....	20
Figura 8: Indicadores gerais do setor de abastecimento de água em baixa, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).....	21
Figura 9: Visão, eixos e objetivos operacionais definidos no PENSAAR 2020 (adaptado de PENSAAR 2020, 2015).....	22
Figura 10: Princípio físico multijato com esquema de uma câmara velocimétrica (Janz, 2020).	27
Figura 11: Contador monojato e seu princípio físico (Janz, 2020).....	28
Figura 12: Esquema funcionamento de turbina helicoidal (Malheiro, 2011).....	29
Figura 13: Diagrama de análise do período óptimo de substituição de um contador (Malheiro, 2011).....	30
Figura 14: Localização das perdas de água no SAA (Alegre et al., 2005).....	32
Figura 15: Matriz do BH proposto pela IWA (adaptado de (Alegre et al., 2005)).....	34
Figura 16: 4 pilares de gestão de perdas aparentes (Martins, 2016).....	37
Figura 17: Causas dos erros de medição relativos aos contadores (Martins, 2016).....	37
Figura 18: Causas dos erros de medição relativos às leituras (Martins, 2016).....	39
Figura 19: Relação entre o tipo de perda real e o volume perdido e os tempos de deteção, localização e reparação. De cima para baixo, fugas comunicadas, fuga não comunicadas e fugas invisíveis (adaptado Farley et al. (2008)).....	41
Figura 20: Relação entre pressão para orifícios de diferentes tamanhos e receita anual perdida em perdas de água (Martins, 2016).....	43
Figura 21: Metodologia de redução de perdas reais (Martins, 2016).....	44
Figura 22: (1) – Contador e emissor de impulsos; (2) – Concentrador; (3) – Sistema Drive-by; (4) – Descarga dos dados na EG; (5) – EG (Malheiro, 2011).....	47
Figura 23: Exemplo de uma modelação da rede de abastecimentos de água (AdPorto).....	52
Figura 24: Exemplo de um grafo (Mac, 2020).....	54
Figura 25: Algoritmo de Dijkstra (Duarte et al., 2019).....	56

Figura 26: Esquema de uma rede viária com os locais de Paragem (AdPorto).	57
Figura 27: Gestão integrada do ciclo urbano da água (AdPorto, 2018).	59
Figura 28: Organograma AdPorto (AdPorto, 2020a).	60
Figura 29: Sistema de Abastecimento de Água do Porto (AdPorto, 2020b).	62
Figura 30: Evolução da água não faturada (m ³ /dia) entre 2013 e 2018 (AdPorto 2018).	64
Figura 31: Evolução das leituras reais e das leituras em atraso (2013-2018) (AdPorto, 2018).	65
Figura 32: Representação gráfica do município do Porto e respetivas freguesias.	67
Figura 33: Representação gráfica dos contadores com telemetria na cidade do Porto (Cunha, 2017).	68
Figura 34: Divisão atual das zonas de leitura dos contadores manuais (Oliveira, 2013).	69
Figura 35: Localização dos prédios a visitar pelos leitores.	70
Figura 36: Reformulação das zonas de leitura.	70
Figura 37: Rede viária da cidade do Porto.	72
Figura 38: Itinerário zona 1.	75
Figura 39: Itinerário zona 2.	77
Figura 40: Itinerário zona 3.	79
Figura 41: Itinerário zona 4.	81
Figura 42: Itinerário zona 5.	83
Figura 43: Itinerário zona 6.	85
Figura 44: Itinerário zona 7.	87
Figura 45: Itinerário zona 8.	89
Figura 46: Itinerário zona 9.	91
Figura 47: Itinerário zona 10.	93
Figura 48: Itinerário zona 11.	95
Figura 49: Itinerário zona 12.	97
Figura 50: Itinerário zona 13.	99
Figura 51: Itinerário zona 14.	101

Índice de Tabelas

Tabela 1: Modelo de gestão dos serviços de água em Portugal (ERSAR, 2019a).	14
Tabela 2: Quadro geral das EG que compõe o serviço de abastecimento público de água relativamente aos modelos de gestão (adaptado de ERSAR, 2019a).	17
Tabela 3: Evolução do n.º de clientes por tipologia de consumo (AdPorto, 2018).	60
Tabela 4: Avaliação da AdPorto em relação aos indicadores da entidade reguladora (ERSAR, 2018).	63
Tabela 5: Descrição das zonas de leitura.	71
Tabela 6: Variáveis utilizadas no cálculo dos itinerários (Oliveira, 2013).	71
Tabela 7: Caracterização da rota da Zona 1.	74
Tabela 8: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 1.	76
Tabela 9: Caracterização da rota da Zona 2.	76
Tabela 10: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 2.	77
Tabela 11: Caracterização da rota da Zona 3.	78
Tabela 12: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 3.	79
Tabela 13: Caracterização da rota da Zona 4.	80
Tabela 14: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 4.	81
Tabela 15: Caracterização da rota da Zona 5.	82
Tabela 16: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 5.	83
Tabela 17: Caracterização da rota da Zona 6.	84
Tabela 18: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 6.	85
Tabela 19: Caracterização da rota da Zona 7.	86
Tabela 20: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 7.	87
Tabela 21: Caracterização da rota da Zona 8.	88
Tabela 22: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 8.	89
Tabela 23: Caracterização da rota da Zona 9.	90
Tabela 24: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 9.	91
Tabela 25: Caracterização da rota da Zona 10.	92
Tabela 26: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 10.	93
Tabela 27: Caracterização da rota da Zona 11.	94
Tabela 28: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 11.	95
Tabela 29: Caracterização da rota da Zona 12.	96
Tabela 30: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 12.	97
Tabela 31: Caracterização da rota da Zona 13.	98
Tabela 32: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 13.	99

Tabela 33: Caracterização da rota da Zona 14.	100
Tabela 34: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 14.	101

Acrónimos

AC - Autoridade da Concorrência

AdPorto – Águas do Porto

AdPortugal – Águas de Portugal

AdDP – Águas do Douro e Paiva

AES – Água de Entrada no Sistema

AF – Água Faturada

ANF – Água Não Faturada

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

APDA - Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas

BH – Balanço Hídrico

CA – Consumo Autorizado

CAF - Consumo Autorizado Faturado

CANF – Consumo Autorizado Não Faturado

CNA - Conselho Nacional da Água

DGC - Direção-Geral do Consumidor

DN – Diâmetro Nominal

EG – Entidades Gestoras

EM – Empresa Municipal

EPAL – Empresa Portuguesa Águas Livres

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ETA – Estação de Tratamento de Águas

IGAMAOT - Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território

IWA – InternationalWaterAssociation

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ONU - Organização das Nações Unidas

OP – Objetivo Operacional

PA – Perdas Aparentes

PCV – Problema do Caixeiro Viajante

PE – Pontos de Entrega

PENSAAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

PR – Perdas Reais

RASARP - Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal

SAA - Sistema De Abastecimento De Água

SAR – Saneamento Águas Residuais

SI – Sistemas de Informação

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

STD – Sistemas de Telemetria Domiciliária

WRI - WorldResourcesInstitute

1

INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO

Esta dissertação foi concebida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, e realiza-se em ambiente empresarial, na Águas do Porto, EM. Pretendeu-se com isso tirar partido da experiência que a entidade possui no sector do abastecimento de água e ao mesmo tempo beneficiar-se do acesso a dados reais que a mesma facultou. Esses dados viabilizaram o estudo que é apresentado nos capítulos seguintes.

1.2. MOTIVAÇÃO

A água é um dos bens mais importantes que nós temos, extremamente precioso para todos, contudo escasso para alguns. É indispensável à vida e essencial para qualquer ecossistema.

Apesar da aparente disponibilidade de água no planeta, dados do World Resources Institute (WRI) apresentam uma percentagem de água disponível e própria para consumo humano de aproximadamente 1% da água do planeta. Essa pequena quantidade ainda é repartida pela agricultura, indústria e consumo individual, destinando-se a este último apenas cerca de 8% do total da água disponível para consumo.

Para além disto, relatórios anuais da Organização das Nações Unidas (ONU) mostram previsões futuras adversas. Estima-se que em 2025 cerca de 60% da população mundial viverá em regiões com escassez de água. Atualmente, já existem dados estatísticos que contam com cerca de 1.1 mil milhões de pessoas praticamente sem acesso à água.

Com o constante aumento da população, alteração das exigências de consumo e contaminação dos aquíferos o clima de caos aproxima-se a uma velocidade ameaçadora. Revela-se cada vez mais urgente o empenho do máximo número de entidades responsáveis, de modo, a reverter o acentuado declínio de água disponível através de meios aos quais têm acesso.

Com a perspetiva da melhoria da qualidade do serviço prestado aos seus clientes, no intuito de contribuir para o aumento da eficiência e a diminuição significativa das perdas, as Entidades Gestoras (EG) portuguesas, públicas ou privadas, enfrentam novos desafios colocados pela União Europeia, procurando atender múltiplos aspetos da gestão operacional e estratégica dos sistemas, de modo a alcançar a eficiência máxima.

Deste modo, denota-se um intento de algumas EG em apostar em soluções inovadoras, com recurso a uma análise multidisciplinar, fruto de desenvolvimentos tecnológicos e da evolução das prioridades da gestão efetuada. Neste sentido, surge a motivação para abordar o desenvolvimento de novas técnicas como as que são demonstradas ao longo da presente dissertação, mais concretamente na otimização de percursos e rotas.

1.3. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo principal promover a otimização de rotas de leitura de contadores manuais, tendo em conta a reformulação das zonas de leitura, numa empresa de abastecimento de água, AdPorto, utilizando a cidade do Porto como estudo de um caso à escala real.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Perante a definição do objetivo principal, descrito anteriormente, procedeu-se à identificação dos seguintes objetivos específicos:

- Avaliação da aplicabilidade de algoritmos de otimização sobre redes na melhoria da eficiência de leitura de contadores de uma EG;
- Reformular as zonas em que a cidade do Porto se encontra dividida em relação à leitura dos seus contadores, de vinte zonas para catorze, tendo em conta os seguintes critérios, área, número de prédios, número de contadores, bem como, o rácio do número de contadores por prédio;
- Definição de circuitos de leituras das catorze zonas em que a cidade do Porto se encontra dividida em relação à leitura dos seus contadores, recorrendo-se, para tal, a algoritmos de otimização;
- Divisão dos circuitos de leitura em quarenta itinerários equivalentes, para que o leitor consiga proceder à leitura de todos os contadores, da zona a que está destinado, num espaço de dois meses. Uma vez que as leituras são bimensais.
- Avaliação da aplicação da nova metodologia de definição de roteiros. Esta realiza-se ao nível da distância percorrida, a fim de estimar o ganho em extensão e, consequentemente, em redução do tempo.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma:

- Capítulo 2: O capítulo inicia com uma contextualização histórica do abastecimento de água em Portugal, bem como a caracterização geral e os dados do setor e dos sistemas de abastecimento de água. De seguida são expostos os diversos modelos de gestão e os principais intervenientes, assim como, o enquadramento estratégico e principais problemas.
- Além disso, neste capítulo, é apresentado o estado da arte atual acerca das perdas de água em sistemas de abastecimento. Inicia com uma contextualização acerca das perdas de água e das dimensões deste problema, através da análise do balanço hídrico. São

ainda apresentados os principais instrumentos de medição de caudais, os erros de medição associados e uma análise aos sistemas de telemetria domiciliária, onde se explica o funcionamento e principais potencialidades.

- Por fim, apresentam-se os SIG e a sua aplicabilidade nos sistemas de abastecimento de água. É também estudado o tema da otimização de percursos sobre redes com recurso a algoritmos existentes.
- Capítulo 3: É neste capítulo que se definem com clareza o âmbito e os objetivos específicos da dissertação depois de toda a pesquisa bibliográfica e conhecimentos terem sido adquiridos.
- Capítulo 4: Em primeiro lugar, este capítulo inicia-se com uma apresentação da Águas do Porto, EM, empresa sobre a qual o estudo incide. Em seguida, realiza-se a descrição do sistema de abastecimento de água da EG. Além disso, é realizada uma avaliação da qualidade do serviço referente a 2018, nomeadamente, através de indicadores desenvolvidos pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). Bem como, a evolução da água não faturada pela EG, ao longo dos últimos anos, medidas da sua gestão operacional e, por fim, evidencia-se as distinções internacionais pelo reconhecimento do sucesso da gestão promovida pela empresa AdPorto.
- Capítulo 5: É neste capítulo que é apresentado o caso de estudo elaborado na dissertação.
- Capítulo 6: Neste capítulo encontram-se descritos os resultados obtidos, nomeadamente, as rotas para cada zona de leitura, bem como o primeiro itinerário de cada zona e respetiva análise dos resultados.
- Capítulo 7: Neste capítulo encontram-se as conclusões retiradas com a realização deste trabalho.
- Capítulo 8: Apresentam-se recomendações e propostas para desenvolvimentos futuros relacionados a esta temática.

2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1. HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL

Os contornos essenciais das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas começam a definir-se em Portugal em finais do século XIX. O reconhecimento científico da correlação entre diversas doenças infecciosas e a inexistência de sistemas de abastecimento e saneamento de águas capazes de garantir o acesso a água potável e condições mínimas de higiene à população, a par da observação de elevadas taxas de mortalidade e morbilidade, nomeadamente infantil, apresentavam-se como argumentos para justificar uma reforma desejavelmente capaz de redefinir as orientações fundamentais das políticas de saúde pública e de garantir as condições técnicas, administrativas e materiais necessárias à sua implementação à escala de todo o território nacional (Pato, 2011).

O processo de infra-estruturação de aglomerados habitacionais com sistemas de abastecimento de água e de esgotos, entendido como seu pressuposto material, deveria seguir os preceitos técnicos mais avançados que vinham sendo implementados em algumas cidades europeias e norte-americanas. No entanto, para que estas infra-estruturas produzissem os efeitos desejados, seria igualmente necessário desenvolver uma série de outras funções: a expansão da rede de laboratórios de saúde pública, essenciais à fiscalização da qualidade da água e à determinação das causas de mortalidade e morbilidade; a formação de técnicos competentes em engenharia e medicina sanitária, capazes de planear as infra-estruturas, gerir os respectivos serviços e desenvolver as atribuições de administração e inspeção (Pato, 2011).

A década de 1930 assinala um esforço de diagnóstico – realizando-se três inquéritos às condições sanitárias do país – que parecia indiciar um renovado interesse político neste domínio de governação. No entanto, as décadas que se seguiram não contrariam de forma significativa as tendências que se vinham observando desde o início do século (Pato, 2011).

Dos três inquéritos realizados, nenhum abrangia a totalidade da população, persistindo a visão urbana sobre o problema, reforçada em 1944 com a apresentação do Plano de Abastecimento de Águas às Sedes dos Concelhos: seria necessário esperar até 1960 para que fosse apresentado um Plano de Abastecimento de Águas às Populações Rurais (Pato, 2011).

O país chega assim ao início da década de 1970 numa situação de enorme atraso sanitário consubstanciado na persistência de elevadas taxas de mortalidade e morbilidade por doenças infecciosas relacionadas com a falta de condições de higiene e na evolução das percentagens de

população servida com redes de água e esgotos: se em 1941 se determinara que apenas 26% da população tinha acesso a sistemas de distribuição domiciliária de águas (não existiam dados nacionais acerca das redes de esgotos), em 1972 esta percentagem seria de 40%, e de 17% para as redes de esgotos (Pato, 2011).

O processo de infra-estruturação, para além de muito lento, não era complementado pelo reforço de meios laboratoriais e de fiscalização de qualidade das águas: as infra-estruturas de distribuição de água poderiam assim transformar-se em veículo de contágio de doenças infecciosas (Pato, 2011).

A partir de Abril de 1974 assiste-se a um investimento político muito significativo na resolução dos problemas sanitários, que se iria manifestar de formas distintas. Primeiro, com as intervenções realizadas um pouco por todo o país, logo após a revolução, num esforço conjunto entre vários ministérios e autarquias locais: o surto de cólera identificado em Tavira a 24 de Abril de 1974, e que rapidamente se expandiu em direcção a norte, reforçava a necessidade de uma intervenção urgente. Pouco depois, a criação da primeira pós-graduação em engenharia sanitária, na Universidade Nova de Lisboa, e do Núcleo de Engenharia Sanitária no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), procuravam contribuir para a resolução do problema de carência de recursos técnicos e científicos no sector. Já em 1976, a criação da Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos e Saneamento Básico e da Direcção-Geral de Saneamento Básico, a que se seguiria a negociação de dois empréstimos internacionais exclusivamente destinados a investir no sector, assinalavam a intenção do governo de reformular os pressupostos essenciais deste domínio de governação. Finalmente, o esforço muito significativo dos municípios no processo de infra-estruturação, que iria resultar numa evolução quantitativa sem precedentes num curto espaço de tempo: entre 1975 e 1990 os níveis de atendimento da população com serviços de águas e esgotos passam de 40% e 17%, respectivamente, para 80% e 62%. (Pato, 2011).

O ano de 1993 marca o arranque de uma verdadeira revolução no abastecimento de água e no saneamento de águas residuais em Portugal. Em resultado da integração na Comunidade Económica Europeia, foi possível implementar uma gestão empresarial, liderada pela Águas de Portugal em parceria com os municípios. Através de soluções supramunicipais, que geraram economias de escala e permitiram uma utilização mais eficiente dos recursos, foi possível prosseguir os objetivos de melhorar a qualidade da água e os níveis de atendimento das populações colocando Portugal entre os melhores desempenhos ambientais da Europa comunitária. (AdPortugal, 2020a).

Com a integração europeia, e com a conseqüente disponibilidade de fundos comunitários, começam a definir-se os contornos da primeira grande reforma deste domínio de governação nacional, que nos seus traços essenciais persiste ainda hoje. As primeiras experiências de implementação de sistemas de âmbito regional dariam lugar à criação de empresas regionais (sistemas multimunicipais cujo capital seria detido maioritariamente pelo Estado em parceria com os municípios) e de uma holding de capitais públicos que se constitui atualmente como referência empresarial no sector (Pato, 2011).

Preconizando a intervenção direta do Estado num domínio até então reservado exclusivamente às Autarquias, dividiram-se os respetivos sistemas em 'alta' (sistemas multimunicipais e intermunicipais) e em 'baixa' (sistemas municipais). As Autarquias passaram a poder

concessionar os respetivos serviços a empresas públicas (nos sistemas multimunicipais) e a empresas públicas ou privadas (nos sistemas municipais), criando-se ao mesmo tempo a figura de uma entidade reguladora, a atual ERSAR (Pato, 2011).

Atualmente, a percentagem de alojamentos em Portugal continental servidos por sistemas públicos de abastecimento de água é de 96% (ERSAR, 2020a).

A Figura 1 apresenta a evolução do indicador água segura entre 1993 e 2018.

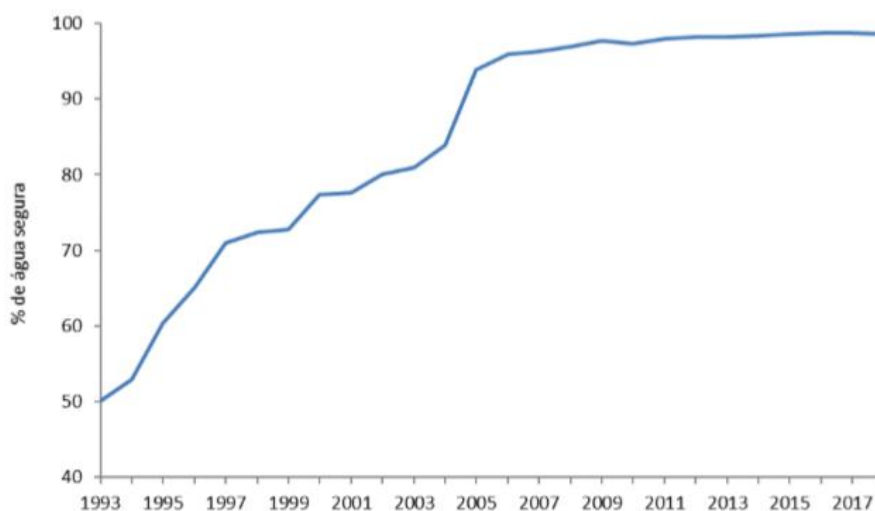


Figura 1: Evolução do indicador água segura entre 1993 e 2018 (ERSAR, 2019).

De acordo com a figura supra, importa registar a evolução significativa que o setor do abastecimento público de água em Portugal continental sofreu nos últimos anos, em especial nos níveis da qualidade da água fornecida na torneira dos consumidores, podendo garantir-se hoje que 99% da água é controlada e de boa qualidade (água segura), quando em 1993 este indicador se cifrava apenas nos 50 % (ERSAR, 2019b)

2.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SETOR DE ÁGUAS

O setor das águas subdivide-se em dois serviços distintos: o de abastecimento de água para consumo humano e o de saneamento de águas residuais urbanas. Estes constituem serviços públicos de carácter estrutural, essenciais ao bem-estar geral, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente (ERSAR, 2020a). Devem por isso obedecer a um conjunto de princípios, entre os quais se destacam a universalidade de acesso, a continuidade e a qualidade do serviço, a eficiência e a equidade de preços (Miranda, 2018).

A análise dos principais intervenientes no setor, revela um setor dinâmico mas também complexo, com um número muito elevado de entidades prestadoras de serviços, com dimensão e capacidade muito diferenciada, um tecido empresarial envolvente com significativo potencial de crescimento e uma sociedade civil crescentemente atenta e participativa (Gonçalves, 2013).

O setor é, hoje, composto por um conjunto alargado de realidades, com modelos de gestão distintos, escalas diferentes, em diversos estádios de desenvolvimento e com níveis de serviço muito diferenciados. Esta diversidade de situações tem contribuído para que não se tenham ainda atingido todos os objetivos de política do setor. Em alguns sistemas está ainda a completar-se a infraestruturização necessária para garantir o acesso da população a estes serviços. Outros, estão já numa fase de consolidação e de melhoria do desempenho, estando o enfoque na otimização da gestão dos sistemas por forma a melhorar a sua eficácia e eficiência. Tradicionalmente, a gestão do abastecimento de água teve como objetivo prioritário salvaguardar a oferta, muitas vezes sacrificando a qualidade em detrimento da quantidade. Muitas das infraestruturas criadas foram concebidas para necessidades de água superiores às reais exigências. Essa realidade, que ainda permanece, tem vindo a ser substituída por uma gestão mais eficiente (Gonçalves, 2013).

Do ponto de vista da estrutura do mercado, o setor das águas constitui um caso típico de indústria de rede, tanto ao nível da atividade em alta como ao nível da atividade em baixa, configurando a gestão destas infraestruturas situações de monopólio natural. Neste setor a escala dos monopólios é regional, na medida da abrangência geográfica de cada rede explorada, tanto na atividade em alta como em baixa. Sendo o monopólio natural uma falha de mercado, por não ser concorrencial, a regulação é uma forma de reduzir a distorção de mercado e consequentes ineficiências resultantes da existência de um monopólio natural (ERSAR, 2020a).

Portugal apresenta um número muito elevado de sistemas para assegurar quer os serviços de abastecimento de água, quer os serviços de saneamento de águas residuais. Este número resulta não só da atribuição de competências autárquicas nesta matéria, mas também como resposta à elevada dispersão populacional verificada no País. Esta situação dificulta, em grande medida, a gestão técnica e económica dos sistemas, tanto pelo elevado número de sistemas de muito pequena dimensão, como pelo grande número de entidades gestoras sem escala para assegurar níveis adequados de qualidade do serviço e economias na exploração (ERSAR, 2020a).

Posto isto, torna-se necessária uma supervisão do setor, de forma a satisfazer necessidades essenciais dos cidadãos, pelo que a regulação visa garantir a proteção dos interesses dos utilizadores, sem prejuízo da salvaguarda dos direitos das entidades gestoras. Por esse motivo existe uma entidade reguladora destes serviços, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), que procura evitar possíveis abusos decorrentes dos direitos de exclusivo, por um lado, no que se refere à garantia e ao controlo da qualidade dos serviços públicos prestados e, por outro, no que respeita à supervisão e ao controlo dos preços praticados (ERSAR, 2020b). Embora coexistem numerosos e diversificados tipos de intervenientes do setor, que serão abordados posteriormente.

2.3. CARACTERIZAÇÃO DE UM SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A atividade de um sistema público de abastecimento de água (SAA) é um conjunto de várias partes integrantes que, interligadas entre si, preconizam uma distribuição adequada de águas às

populações servidas. Embora devidamente interligados, cada componente de um SAA tem a sua função/objetivo específico, podendo ser dividido nas seguintes etapas – Figura 2: a captação, o tratamento, a elevação, o transporte, o armazenamento, a distribuição e a utilização da água. Nesta atividade, são designados sistemas em alta os constituídos por um conjunto de componentes a montante da rede de distribuição, fazendo a ligação do meio hídrico ao sistema em baixa. Por sua vez, os sistemas em baixa são constituídos por um conjunto de componentes que permitem prestar aos consumidores o serviço de abastecimento de água. Os sistemas podem ser integrados quando a ligação entre o meio hídrico e o consumidor é assegurada pelo mesmo sistema (ERSAR, 2020c).



Figura 2: Componentes de um sistema de abastecimento de água (ERSAR, 2019a).

A atividade de saneamento de águas residuais urbanas compreende as seguintes etapas – figura 3: a descarga, a drenagem, a elevação, o transporte e o tratamento das águas residuais de origem urbana, bem como a sua rejeição no meio hídrico. Esta atividade é fundamental para garantir a salvaguarda da qualidade das massas de água, sendo determinante no condicionamento dos outros usos do domínio hídrico, designadamente a captação de água para consumo humano. O sistema de saneamento de águas residuais em baixa assegura a drenagem de águas residuais urbanas junto ao produtor, rejeitando-as num sistema em alta, ou, caso se trate de um sistema integrado, rejeitando-as em destino final adequado. Um sistema em alta é constituído por um conjunto de componentes que permite a ligação do sistema em baixa ao ponto de rejeição (ERSAR, 2020c)



Figura 3: Componentes de um sistema de saneamento de águas residuais (ERSAR, 2019a).

O ciclo urbano da água engloba todas as fases referidas para as atividades de abastecimento de água e saneamento de águas residuais, desde a captação da água até à rejeição final da água residual na natureza (ERSAR, 2019c).



Figura 4: Ciclo urbano da água (AdPortugal, 2020b).

2.4. PRINCIPAIS INTERVENIENTES NO SETOR

O facto de os serviços de águas e resíduos constituírem um monopólio natural, de base local ou regional, condiciona naturalmente a concorrência no setor, não podendo o utilizador escolher a entidade gestora que deseja, nem a relação preço-qualidade que considera mais conveniente, a regulação deve assim ter como principal objetivo a proteção dos interesses dos utilizadores destes serviços, através da promoção da qualidade de serviço prestado pelas entidades gestoras e da garantia da moderação dos tarifários praticados (ERSAR, 2020d).

Deve, no entanto, fazê-lo tendo em conta a salvaguarda da viabilidade económica e dos legítimos interesses das entidades gestoras, assegurando a sustentabilidade do serviço no médio e no longo prazo, e considerando ainda a promoção do restante setor económico através do reforço do tecido empresarial, bem como a contribuição destes serviços para a sustentabilidade ambiental (ERSAR, 2020d).

No atual estágio de desenvolvimento do país, a consolidação da regulação, enquanto instrumento moderno da intervenção do Estado, é imprescindível ao crescimento harmonioso deste setor. Com efeito, a regulação constitui um verdadeiro indicador de transição, no país, da atual fase de grande investimento infraestrutural, para uma nova fase de estabilização e de elevada qualidade de serviço prestado aos utilizadores (ERSAR, 2020d).

A regulação, enquanto instrumento para a melhoria da eficiência e da eficácia dos serviços públicos de águas e resíduos, pode resultar num claro ganho para os utilizadores destes serviços, para o setor em geral e, em última instância, para o país (ERSAR, 2020d).

2.4.1 ENTIDADE REGULADORA

A atual responsável pela regulação do setor de abastecimento de água é a ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Com a aprovação da Lei n.º 67/2013, de 28 de agosto, que institui a Lei-Quadro das entidades administrativas independentes com funções de regulação da atividade económica dos setores privado, público e cooperativo, a ERSAR passou a estar integrada no conjunto das entidades administrativas independentes. A Lei n.º 10/2014, de 6 de março, aprovou os Estatutos da ERSAR, operando a transformação desta entidade de instituto público para entidade administrativa independente. De acordo com os novos estatutos, a ERSAR mantém-se adstrita ao ministério com atribuições na área do ambiente, dotada de autonomia de gestão, administrativa e financeira e de património próprio, não estando sujeita a superintendência ou tutela governamental no âmbito do exercício das suas funções de regulação e de supervisão. Para além da regulação e supervisão do setor do serviço de abastecimento de água, a ERSAR é responsável pelos setores de serviços de sistemas de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos, incluindo o exercício de funções de autoridade competente para a coordenação e a fiscalização do regime da qualidade da água para consumo humano. A atividade da ERSAR estende-se a todas as entidades gestoras, independentemente do modelo de gestão.

2.4.1.1 Modelo de regulação

O modelo de regulação desenvolvido pela ERSAR passa pela regulação estrutural do setor, pela regulação comportamental das entidades gestoras prestadoras dos serviços de águas e resíduos e por atividades complementares (ERSAR, 2020d), (ERSAR, 2019a).

Ao nível da regulação estrutural do setor, a ERSAR:

- Monitoriza as estratégias nacionais para o setor, acompanhando a sua implementação e reportando periodicamente as evoluções e os condicionamentos;
- Elabora propostas legislativas e regulamentares, por exemplo ao nível dos regimes jurídicos dos sistemas municipais e multimunicipais, da legislação técnica sobre os serviços de águas e resíduos e do regime jurídico da regulação.

Ao nível da regulação comportamental das entidades gestoras prestadoras dos serviços de águas e resíduos, a ERSAR:

- Assegura a monitorização legal e contratual das entidades gestoras ao longo do seu ciclo de vida, nomeadamente através da análise de processos de concurso e contratualizações, de modificação dos contratos, de resolução dos contratos e de reconfigurações e fusões de sistemas, fazendo o acompanhamento da execução dos contratos e intervindo quando necessário na conciliação entre as partes;
- Assegura a regulação económica das entidades gestoras, promovendo a regulação de preços para garantir tarifas eficientes e socialmente aceitáveis, sem prejuízo da sustentabilidade económica e financeira das entidades gestoras, designadamente através da:
 - Fixação das tarifas para os sistemas de titularidade estatal;
 - Avaliação da aplicação de tarifas nos sistemas de titularidade municipal, qualquer que seja o modelo de gestão, bem como da fiscalização e sancionamento do incumprimento da legislação e demais regulamentos aplicáveis;
 - Emite instruções vinculativas quanto às tarifas praticadas pelos sistemas de titularidade municipal que não se conformem com as disposições legais e regulamentares em vigor.
- Assegura a regulação da qualidade de serviço prestado pelas entidades gestoras, avaliando o serviço aos consumidores e comparando as entidades gestoras entre si, através da aplicação de um sistema de indicadores, de forma a promover a eficiência;
- Assegura a regulação da qualidade da água para consumo humano, avaliando a qualidade da água fornecida aos consumidores, comparando as entidades gestoras entre si e acompanhando os incumprimentos em tempo real, promovendo assim a melhoria da qualidade da água;
- Realiza a análise de reclamações e pedidos de informação de consumidores e promove a sua resolução entre consumidores e entidades gestoras.

Ao nível das atividades complementares, a ERSAR:

- Elabora e divulga regularmente informação rigorosa e acessível a todos os intervenientes do setor;

- Apoia tecnicamente as entidades gestoras, promovendo edição de publicações e ações de formação, frequentemente em parceria com centros de saber;
- Dá resposta a questões diversas colocadas por todos os intervenientes dos setores regulados.

Em síntese, a consolidação da regulação deste mercado em Portugal surge como instrumento imprescindível ao seu desenvolvimento harmonioso, num cenário de abertura ao setor privado, em que é necessário acautelar os interesses dos utilizadores. É assim indispensável, que a ERSAR disponha do enquadramento, dos meios, das capacidades e das competências necessários para o exercício da sua atividade com isenção e transparência. Neste sentido, é importante superar constrangimentos, em especial a carência de recursos humanos, criando condições para manter e atrair em número e qualificação os profissionais melhor preparados disponíveis no mercado (ERSAR, 2019a).

2.4.2 OUTRAS ENTIDADES

Para além da entidade reguladora, importam referir outros organismos públicos ao nível da Administração Central com relevância para o setor da água. Entre estes encontram-se a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT), o Conselho Nacional da Água (CNA), a Direção-Geral do Consumidor (DGC), a Autoridade da Concorrência (AC), a Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), a Águas de Portugal (AdP) e os municípios (ERSAR, 2019a). Por fim, não só associado à operação dos SAS, a empresa Águas de Portugal (AdP) possui um papel bastante relevante e estruturante no desenvolvimento do setor.

De seguida, são apresentadas as principais competências dos organismos públicos mais relevantes do setor:

- APA: Propor, desenvolver e acompanhar a gestão integrada e participada das políticas de ambiente e de desenvolvimento sustentável, de forma articulada com outras políticas setoriais e em colaboração com entidades públicas e privadas que concorram para o mesmo fim, tendo em vista um elevado nível de proteção e de valorização do ambiente e a prestação de serviços de elevada qualidade aos cidadãos (Cunha, 2017);
- IGAMAOT: Exercer o controlo, auditoria e fiscalização para as áreas compreendidas na missão e atribuições dos organismos e serviços sujeitos à tutela do Ministro da Administração Interna, do Ministro do Ambiente, do Ministro da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural e da Ministra do Mar; avaliar a sua gestão e os seus resultados, através do controlo de auditoria técnica, de desempenho e financeira, bem como assegurar o permanente acompanhamento e avaliação do cumprimento da legalidade nas áreas do ambiente e do ordenamento do território por parte de entidades públicas e privadas (Cunha, 2017);
- CNA: Acompanhar a elaboração e a execução de planos e projetos com relevância nos usos da água e no domínio hídrico e pronunciar-se sobre as medidas que permitam a melhor articulação das ações deles decorrentes. Além de, contribuir para o estabelecimento de opções estratégicas da gestão e controlo dos sistemas hídricos e para

a harmonização de procedimentos e de metodologias de intervenção nos recursos hídricos (Cunha, 2017);

- APDA: Defender os interesses das entidades e organismos responsáveis pelos sistemas públicos de águas e de todos os restantes intervenientes neste domínio e promover o progresso dos conhecimentos e dos estudos relacionados com a quantidade e qualidade dos serviços de abastecimento de águas, drenagem e destino final das águas residuais, constituindo um fórum para profissionais de diversas formações com intervenção no domínio das águas (Cunha, 2017);
- AdP: instrumento empresarial do Estado para a concretização de políticas públicas e de objetivos nacionais nestes domínios do setor do ambiente, visa promover a universalidade, a continuidade e a qualidade do serviço; a sustentabilidade do setor e a proteção dos valores ambientais (ERSAR, 2020d).

2.5 MODELOS DE GESTÃO

O quadro legal da gestão dos serviços de abastecimento de água em Portugal é partilhado entre o Estado e os municípios, ou seja, pelos sistemas multimunicipais e sistemas municipais, respetivamente. São considerados multimunicipais os sistemas de titularidade estatal que sirvam pelo menos dois municípios e exijam a intervenção do Estado em função de razões de interesse nacional, e sistemas municipais todos os outros, relativamente aos quais cabe aos municípios, isoladamente ou em conjunto, através de associações de municípios, ou em parceria com o Estado, definir o modo de organização e gestão (também designados de titularidade municipal). (ERSAR, 2019a).

A Lei de Delimitação de Setores (Lei n.º 88-A/97, de 25 de julho, alterada pela Lei n.º 35/2013, de 11 de junho) define as situações em que se admite o acesso da iniciativa privada à gestão destes serviços, assim, no caso de sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, os operadores privados apenas podem assumir uma posição minoritária no capital das empresas concessionárias dos sistemas multimunicipais, restrição que não existe para as concessionárias de sistemas municipais. (Cunha, 2017).

Deste modo, em Portugal, subsistem entidades de natureza distinta atuando no quadro de diferentes modelos de gestão (Tabela 1), que se descrevem a seguir.

Tabela 1: Modelo de gestão dos serviços de água em Portugal (ERSAR, 2019a).

Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal		
Modelo	Entidade gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Estado (não existe atualmente qualquer caso)	Não aplicável
Gestão delegada	Empresa pública (existe apenas o caso da EPAL)	Não aplicável
Gestão concessionada	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora concessionária, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados no caso dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais ou maioritária no caso dos serviços de gestão dos serviços urbanos.
Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal		
Modelo	Entidade gestora	Tipo de colaboração
	Serviços municipais	Não aplicável
Gestão direta	Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	Colaboração entre dois ou mais municípios no caso de serviços intermunicipalizados
	Associação de municípios	Constituição de uma pessoa coletiva de direito público integrada por vários municípios
Gestão delegada	Empresa constituída em parceria com o Estado (integrada no setor empresarial local ou do Estado)	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria
	Empresa do setor empresarial local sem participação do Estado (constituída nos termos da lei comercial)	Eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço intermunicipal, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados
	Junta de freguesia	Acordos ou protocolos de delegação entre município e junta de freguesia
Gestão concessionada	Entidade concessionária municipal	Parceria Público-Privada (municípios e outras entidades privadas)

2.5.1 MODELO DE GESTÃO DIRETA

A gestão direta dos sistemas de titularidade municipal pode ser realizada através dos respetivos serviços municipais, municipalizados ou intermunicipalizados, os quais se regem pelo regime jurídico de funcionamento dos órgãos dos municípios e das freguesias. A diferença entre os serviços municipais e municipalizados consiste no grau de autonomia administrativa e financeira (maior no segundo caso, em que existe orçamento próprio), embora em ambos os casos se tratem de serviços integrados no município, cujas tarifas são fixadas pelos respetivos órgãos (ERSAR, 2019a).

2.5.2 MODELO DE GESTÃO DELEGADA

Este modelo de gestão pressupõe a celebração de um contrato de gestão que defina os objetivos a prosseguir pela empresa e a política de preços a seguir, tem um prazo mínimo de vigência de 10 anos e neste deve constar o âmbito da delegação, especificando os serviços, a tipologia de utilizadores e o espaço territorial abrangido. Os municípios podem ainda constituir parcerias público-privadas institucionais, selecionando, através de procedimentos de contratação pública, parceiros privados para o capital das empresas sob forma comercial (mantendo, naturalmente, a influência dominante pública) (ERSAR, 2019a).

Desde a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, em acréscimo às exigências do regime do setor empresarial local, os contratos de gestão delegada a celebrar entre os municípios e as empresas devem definir objetivos, iniciativas, investimentos e tarifário a seguir por estas, sendo os mesmos sujeitos a revisões de cinco em cinco anos. Sempre que os municípios pretendam estabelecer uma parceria com privados, deve ser definido um período de permanência mínima do parceiro privado, assim como opções de compra e de venda das respetivas ações, com vista a permitir a sua saída por iniciativa própria ou do município. A regulamentação deste modelo de gestão é minimalista, remetendo para o nível contratual a definição das regras de relacionamento entre os parceiros e entre estes e a entidade gestora (Cunha, 2017).

2.5.3 MODELO DE GESTÃO CONCESSIONADA

Conforme acima referido, enquanto as concessionárias de sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais se mantêm sujeitas à regra de controlo acionista público (pelo Estado e/ou pelos municípios servidos pelo sistema), a alteração da lei de delimitação de setores em 2013, passou ainda a admitir que a exploração e gestão de sistemas multimunicipais de resíduos sejam atribuídas a empresas cujo capital social seja maioritariamente ou integralmente subscrito por empresas do setor privado (ERSAR, 2019a).

Com a entrada em vigor da Lei n.º 10/2014, de 6 de março, foram atribuídas à ERSAR responsabilidades acrescidas na fixação das tarifas e na supervisão dos aspetos económico-financeiros dos sistemas de titularidade estatal. As bases dos contratos de concessão dos sistemas multimunicipais permitem a subconcessão e o trespasse, desde que autorizados pelo concedente, para uma entidade de capitais maioritariamente públicos. No primeiro caso a concessionária mantém os direitos e as obrigações resultantes do contrato de concessão e, no segundo, transmite-os definitivamente para a trespessária (ERSAR, 2019a).

Com vista a melhorar o processo de tomada de decisão, passou a exigir-se que a decisão de concessionar seja precedida de estudo que demonstre a viabilidade financeira da concessão e a racionalidade económica e financeira acrescida decorrente do desenvolvimento da atividade através deste modelo de gestão, designadamente em função de expectáveis ganhos de eficiência e de transferência para o concessionário de riscos passíveis de por este serem melhor geridos (ERSAR, 2019a).

A concessão, de acordo com o disposto no n.º 1 do artigo 410.º do Código dos Contratos Públicos, não pode exceder, incluindo a duração de qualquer prorrogação, 30 ou 15 anos consoante haja ou não investimento significativo de expansão, modernização ou reabilitação a

cargo do concessionário. O contrato de concessão deve conter, obrigatoriamente, o tarifário a aplicar, o plano de investimentos, o caso base do modelo financeiro e os proveitos mínimos anuais. O caderno de encargos deve incluir, entre outros, os objetivos e metas a alcançar no exercício de atividades, o modelo de partilha de riscos, eventuais investimentos da responsabilidade do concedente ou de terceiros, o regime de multas contratuais e exigências do concedente (Cunha, 2017).

2.6. DADOS SETOR EM PORTUGAL

Relativamente aos dados do setor em Portugal, estes encontram-se descritos no Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP) da ERSAR, sendo que este documento sintetiza a informação mais relevante referente à caracterização do setor no ano de 2018, referenciada a 31 de dezembro, abordando a sua caracterização e evolução, os principais intervenientes, os principais números em termos de recursos do setor, os resultados da avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores, a análise económica e financeira, a análise da relação das entidades gestoras com os utilizadores dos serviços e a monitorização legal e contratual. Apresenta ainda uma avaliação comparada das entidades gestoras, vulgo benchmarking, que constitui uma poderosa ferramenta de regulação do setor.

O número total de EG que compõe o serviço de abastecimento público de água é de 314. As EG referentes ao abastecimento de água em alta são 15 e as responsáveis pelo abastecimento de água em baixa são 306. Na Tabela 2, encontram-se expostos os números de EG correspondentes a cada modelo de gestão. De notar, que a coluna “Total” não se refere à soma das colunas “Alta” e “Baixa”, uma vez que existem EG que, em alguns municípios, prestam serviços em alta e noutros prestam serviços em baixa, como é o caso da EPAL (ERSAR, 2019a).

Tabela 2: Quadro geral das EG que compõe o serviço de abastecimento público de água relativamente aos modelos de gestão (adaptado de ERSAR, 2019a).

Modelo de gestão	Submodelo de gestão	Abastecimento de água		
		Alta	Baixa	Total
Gestão concessionada	Concessões multimunicipais	6	1	6
	Concessões municipais	4	29	30
Gestão delegada	Delegações estatais	1	1	1
	Parcerias Estado/municípios	1	2	3
	Empresas municipais ou intermunicipais	1	22	23
	Juntas de freguesia	0	48	48
Gestão direta	Associações de municípios	0	0	0
	Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	1	19	19
	Serviços municipais	1	184	184
Total		15	306	314

Nas Figuras 5 e 6 observam-se a distribuição geográfica e os indicadores gerais do setor de abastecimento público de água em baixa, por submodelo de gestão, respetivamente. Pela análise destas figuras a pura-seque o modelo de gestão direta é aquele que mais se destaca, abrangendo 70% do total de municípios e aproximadamente 52% da população de Portugal continental, com especial destaque para o submodelo dos serviços municipais. Os restantes modelos de gestão localizam-se predominantemente no litoral ou nos grandes centros urbanos (ERSAR, 2019a).

A Figura 5 apresenta a distribuição geográfica das entidades gestoras do serviço de abastecimento público de água em alta, por submodelo de gestão a 31 de dezembro de 2018.

Observando a figura supramencionada, verifica-se que, em Portugal continental, na maior parte do território, o serviço de abastecimento em alta é executado por entidades concessionárias (a verde no mapa da Figura 5). Estas entidades abrangem cerca de 72 % da população e 79 % do número de municípios abrangidos por entidades gestoras que prestam o serviço de abastecimento público de água em alta, com especial enfoque para o submodelo das concessionárias multimunicipais (ERSAR, 2019a).

A análise do mapa da Figura 5 permite também verificar a existência de municípios em que o serviço de abastecimento é verticalizado, ou seja, as entidades que realizam o abastecimento público de água têm toda a cadeia de valor incorporada nas suas operações, realizando a captação e o tratamento de água assim como a sua distribuição ao utilizador final (consumidor). Em Portugal continental a verticalização do serviço abrange um universo de 119 municípios e um total de 3 milhões de habitantes, concentrando-se sobretudo no Centro e Norte do País. (ERSAR, 2019a).

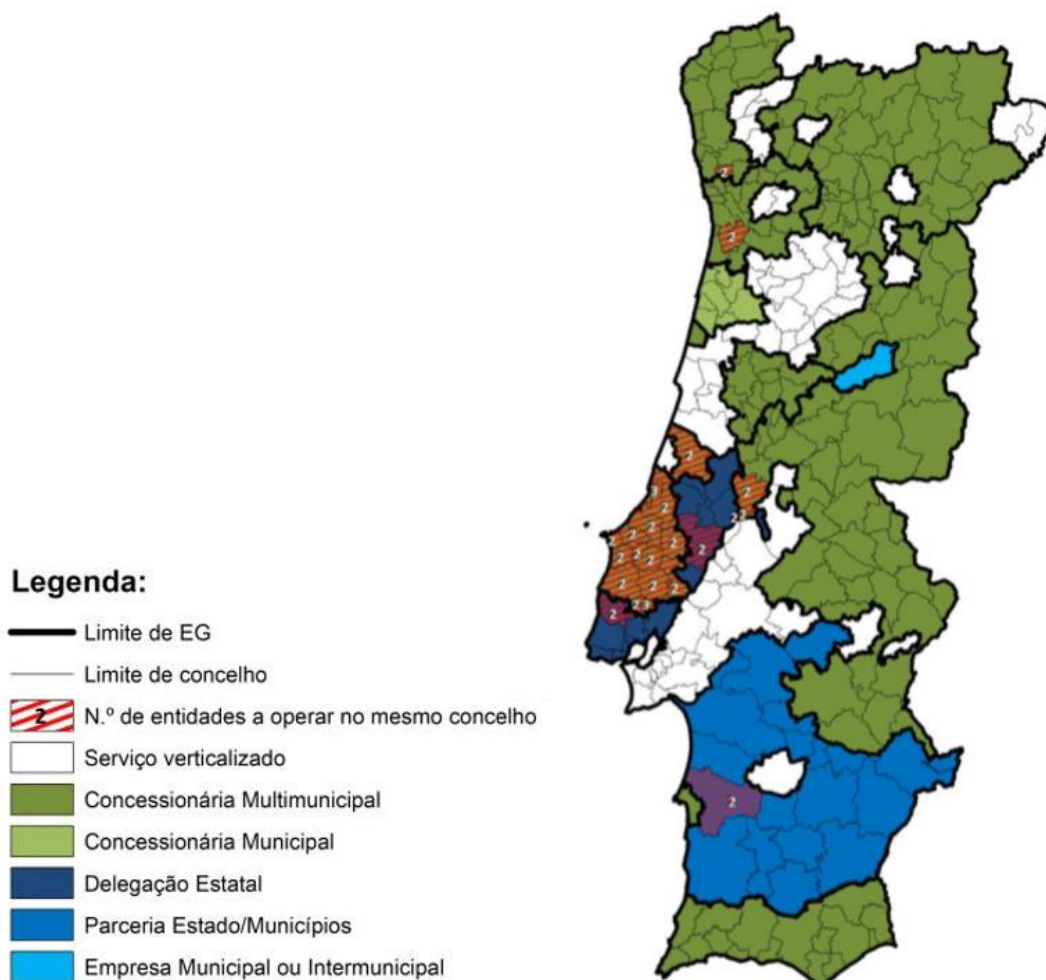


Figura 5: Distribuição geográfica do setor de abastecimento de água em alta, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).

Na Figura 6 estão representados os indicadores gerais que caracterizam o peso percentual dos diferentes modelo de gestão do setor de abastecimento público de água em alta, concretizados no número de entidades gestoras envolvidas, os concelhos abrangidos e a sua abrangência em termos territoriais e populacionais.

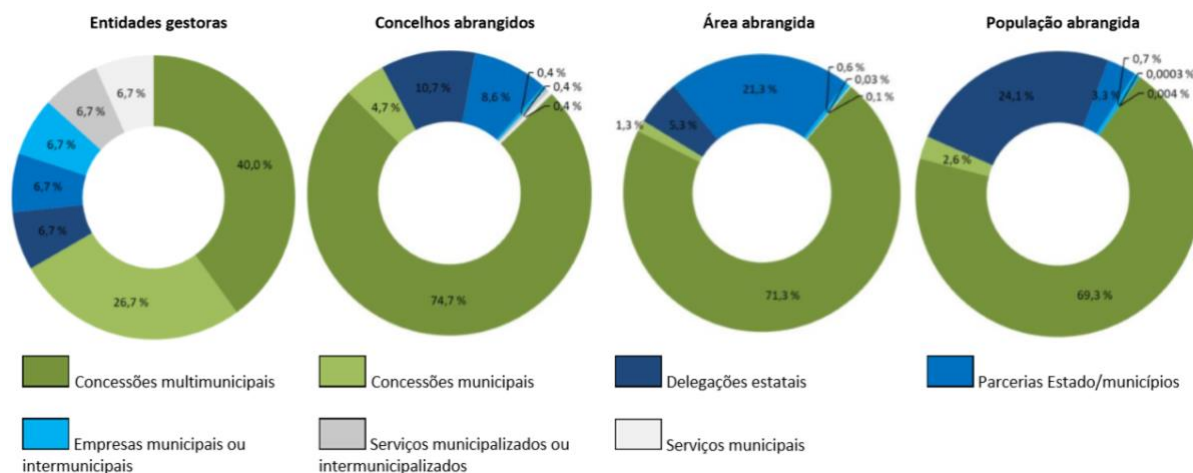


Figura 6: Indicadores gerais do setor de abastecimento de água em alta, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).

As concessões multimunicipais são o submodelo de gestão largamente predominante no setor em alta, abrangendo um total de 174 municípios (75 %) e mais de 5,1 milhões de habitantes (69 %). As delegações estatais têm também algum peso no setor: embora só com uma entidade (EPAL), a grande concentração de população existente na sua área de intervenção torna este submodelo no segundo mais relevante do setor em alta, com 25 municípios (11 %) e uma população de aproximadamente 1,8 milhões de habitantes (24 %). Os restantes submodelos têm uma representatividade muito mais baixa, servindo, na tua totalidade, apenas 7 % da população portuguesa (ERSAR, 2019a).

O abastecimento de água em baixa é marcado pelo elevado número de entidades gestoras, 306, na sua maioria com uma área de intervenção igual ou menor do que a municipal. O modelo de gestão direta é aquele que mais se destaca (a cinzento no mapa da Figura 7), abrangendo 66 % do total de municípios e aproximadamente 52 % da população de Portugal continental. Os restantes modelos de gestão localizam-se predominantemente no litoral ou nos grandes centros urbanos (ERSAR, 2019a).

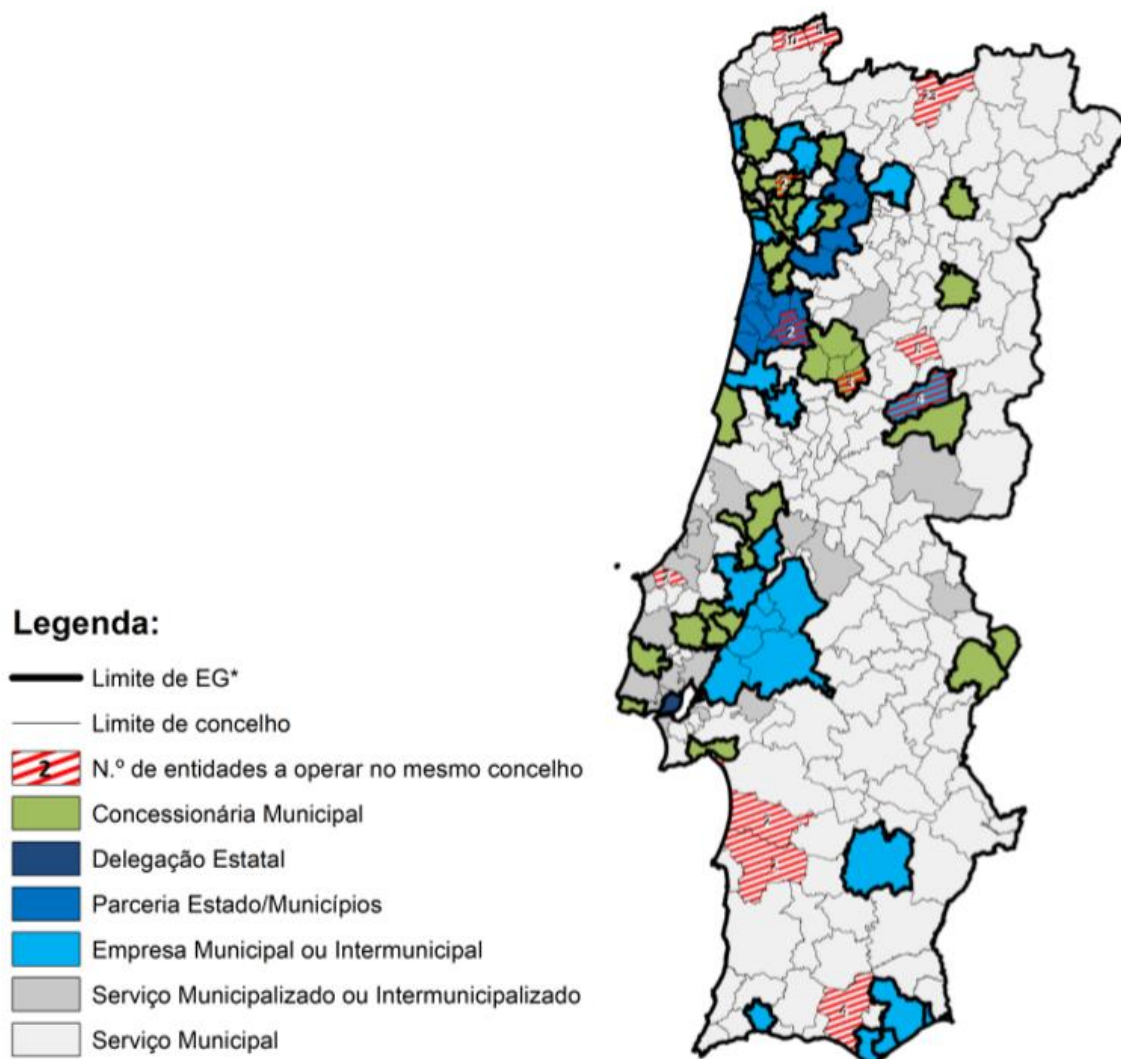


Figura 7: Distribuição geográfica do setor de abastecimento de água em baixa, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).

Na Figura 8 estão representados os indicadores gerais do setor de abastecimento público de água em baixa que caracterizam o peso percentual dos diferentes modelos de gestão, concretizado no número de entidades gestoras envolvidas, os concelhos abrangidos e a sua abrangência em termos territoriais e populacionais.

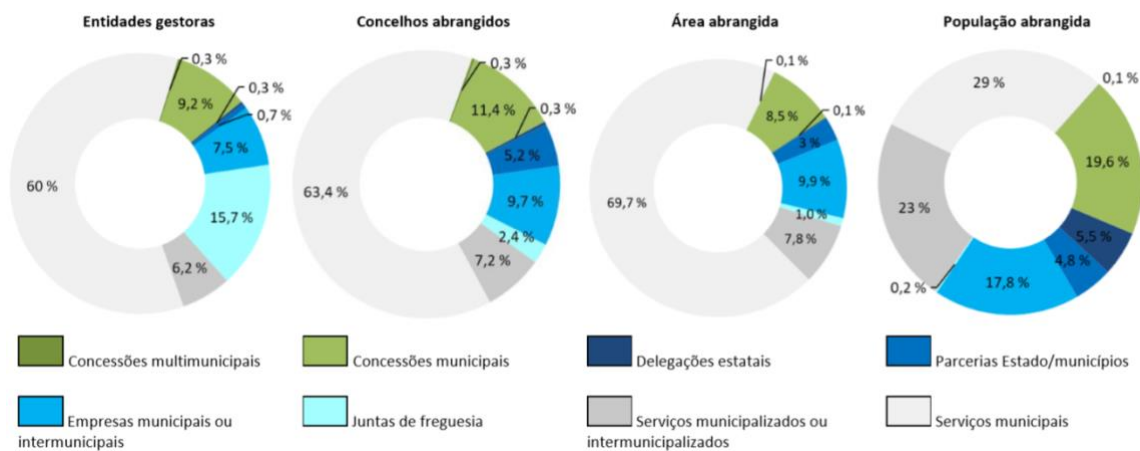


Figura 8: Indicadores gerais do setor de abastecimento de água em baixa, por submodelo de gestão (ERSAR, 2019a).

Analisando a figura acima, verifica-se que os serviços municipais são o submodelo de gestão com maior representatividade, com 184 municípios (63 % do total de municípios) e abrangendo 2,9 milhões de habitantes. Embora com 29 % do total da população, esta tipologia é predominante em zonas rurais com menor densidade populacional (juntamente com as juntas de freguesia, este é o submodelo com menor densidade populacional). Esta característica pode ser confirmada no mapa da Figura 7, onde se observa que a maior parte dos serviços municipais se localiza no interior do País, em áreas tipicamente com menor população. Por outro lado, na situação oposta surgem as delegações estatais (EPAL), com uma densidade populacional elevada, prestando o serviço na área urbana do concelho de Lisboa (ERSAR, 2019a).

As concessionárias municipais, as empresas municipais ou intermunicipais e os serviços municipalizados ou intermunicipalizados são também submodelos de gestão com peso no setor do abastecimento de água em baixa, abrangendo 1,9 milhões de habitantes (20 %), 1,7 milhões de habitantes (18 %) e 2,2 milhões de habitantes (23 %), respetivamente. Apesar de abrangerem muito menos municípios que os serviços municipais, as características mais urbanas das suas áreas de intervenção justificam o elevado número de habitantes abrangidos por estes modelos de gestão, num total de 6 milhões de habitantes (60 % da população de Portugal continental) (ERSAR, 2019a).

2.7. ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO DO SETOR

Os investimentos realizados nas últimas décadas permitiram uma evolução notável nos serviços públicos de água e saneamento. É por isso fundamental assegurar a sustentabilidade desses investimentos a longo prazo, garantindo a melhoria do ambiente, o aumento da eficiência e promovendo simultaneamente a evolução do setor para um patamar de excelência que pode, de forma muito expressiva, contribuir para o crescimento da economia verde em Portugal. (PENSAAR 2020, 2015).

A política pública de acesso à água deve assegurar uma abordagem global e integrada e contemplar a existência de estratégias de âmbito nacional e a médio prazo, correspondendo à visão do Estado para o setor e para a sociedade (Cunha, 2017)

No seguimento dessas políticas surge o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR 2020) que se apresenta como uma nova estratégia para o setor, que constitui o instrumento estratégico para o abastecimento de água e saneamento de águas residuais (SAR) para Portugal continental, para o período de 2014 a 2020, tendo sucedido o PEAASAR II (2007 - 2013). A partir do balanço do PEAASAR II e da avaliação da situação atual, o PENSAAR 2020 apresenta uma visão, cinco objetivos estratégicos, também designados como eixos, e dezanove objetivos operacionais (OP), que se encontram apresentados no esquema da Figura 9.



Figura 9: Visão, eixos e objetivos operacionais definidos no PENSAAR 2020 (adaptado de PENSAAR 2020, 2015).

Relativamente aos SAA, o Eixo 1, visa a proteção do ambiente e melhoria da qualidade das massas de água, enquanto estratégia para um setor que é parte integrante da área mais vasta que é o ambiente, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida das populações mas garantindo, ao mesmo tempo, a sustentabilidade ambiental de todas as ações propostas pela estratégia. Deste modo, a proteção do ambiente e a melhoria da qualidade das massas de água estarão, do ponto de vista da perceção dos utilizadores, interligadas com a qualidade dos serviços. As ações a desencadear dentro da estratégia e, em particular, neste Eixo, permitirão um desenvolvimento equilibrado de ambas as vertentes – a prestação de serviços à população e o

potenciar do capital ambiental e da economia verde de uma forma articulada. Propõe também, uma perspetiva de repartição justa e equilibrada dos custos das ações a desencadear, que terão de ser repercutidos sobre os utilizadores, incluindo os do ciclo urbano da água (PENSAAR 2020, 2015).

No que respeita ao abastecimento de água, no Eixo 2, o objetivo operacional (OP) 2.1 relaciona-se com SAA no sentido da melhoria da sua qualidade. As fragilidades do serviço resultam de três tipos de causas (PENSAAR 2020, 2015):

- Deficiências ou mau estado funcional das infraestruturas, nomeadamente por falta de manutenção e/ou reabilitação;
- Fiabilidade do serviço e garantia da segurança dos sistemas insuficiente;
- Gestão deficiente dos sistemas devido a recursos – técnicos, humanos e/ou financeiros insuficientes e/ou modelos de gestão não profissionalizados.

Nesse sentido, é fundamental uma evolução para níveis adequados de conhecimento do património infraestrutural, bem como a adoção de boas práticas de manutenção e renovação de redes. Ou seja, as ações infraestruturais têm de ser acompanhadas por intervenções a nível da organização e gestão para reduzir ou eliminar a já referida dicotomia de níveis de desempenho e sustentabilidade entre EG. Torna-se por isso, essencial atuar ativamente na minimização destas debilidades, de modo a que a população servida apresente uma opinião favorável sobre a qualidade do serviço, com vista a estar predisposta a pagar um preço justo que cubra o seu custo sem pôr em causa a acessibilidade económica ao serviço, bem como, proporcionar aos utilizadores serviços de qualidade, contribuindo igualmente para a economia, em virtude do impacto em termos de saúde pública e da imagem do País como destino turístico de topo. (PENSAAR 2020, 2015).

Os objetivos operacionais definidos no Eixo 2 são completados pelos objetivos do Eixo 3 que visam contribuir para eliminar as fragilidades mencionadas atrás, nomeadamente as insuficiências ao nível dos ritmos de reabilitação ou renovação de redes e a gestão deficiente dos sistemas. Uma vez que, o nível de infraestruturização é já elevado, justifica-se a necessidade da mudança de paradigma, recentrando as prioridades de ação no melhor aproveitamento dos meios e dos recursos já disponíveis, aumentando a eficiência do serviço (PENSAAR 2020, 2015).

Na perspetiva do abastecimento de água, o Eixo 4 apresenta como maior desafio a recuperação sustentável dos gastos porque o valor dos serviços prestados não é corretamente assumido e entendido pela população em geral. Apesar do SAA ser vital para a sobrevivência humana e ter que ser garantido com grande continuidade e com uma qualidade constante, para evitar riscos de saúde pública, com custos de investimento muito elevados, a vontade que os clientes têm para pagar (willingness-to-pay), a partir do momento em que o serviço é garantido, decresce. A recuperação integral dos gastos deve ser conseguida através da adoção do conceito definido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) de recuperação sustentável, ou seja, através dos recursos financeiros geridos pelos 3T (PENSAAR 2020, 2015):

- Tarifas (Tariffs) pagas pelos utilizadores dos serviços de abastecimento de água e SAR;
- Impostos (Taxes), ou Taxas municipais, do contribuinte nacional que alimentam o orçamento do Estado, com transferência para as autarquias;

- Transferências (Transfers), que correspondem aos fundos comunitários alimentados pelos contribuintes europeus via orçamento da Comissão Europeia.

Outra questão relacionada com a recuperação dos gastos do serviço de abastecimento de água é a redução da parcela de água para consumo humano que é produzida com custo, mas que não gera receita: a água não faturada (ANF) (OP 4.3). (PENSAAR 2020, 2015).

Por último, no Eixo 5 pretendem-se assegurar condições básicas para que os problemas que são transversais ao setor e que se articulam com todos os outros eixos venham a ser resolvidos, garantindo ao mesmo tempo a prossecução dos demais objetivos. A disponibilidade de informação de qualidade é um aspeto vital para a boa gestão dos SAA pelas EG, nomeadamente, o cadastro dos seus ativos, a otimização do período de vida útil desses ativos e o uso da sua capacidade instalada, a qualidade dos serviços prestados, a eficiência na gestão dos sistemas e a otimização dos custos. A inovação é juntamente uma prioridade para o sector do ciclo urbano da água, seja nas soluções técnicas, ambientais, comerciais ou na qualidade dos serviços prestados. A prossecução dos objetivos relacionados com a inovação permitirá não só a adoção de soluções mais eficientes e económicas como também de qualidade mais elevada e maior fiabilidade e resiliência. A melhoria do quadro operacional de gestão e de serviços é outro dos objetivos operacionais a considerar, sendo que se deve ter presente a ideia de que a abordagem one size fits all não se aplica a este setor. Daí que, ao contrário do PEAASAR II, onde se apontavam soluções concretas, que se materializaram de uma forma bastante limitada ou parcial, com um risco de insucesso neste último caso, no PENSAAR 2020 não se propõem soluções, mas sim objetivos que devem guiar e sustentar as opções a reter. (PENSAAR 2020, 2015).

O setor gera benefícios de carácter transversal em paralelo com outros setores e que são importantes para o desenvolvimento económico do país, a internacionalização e exportação de serviços das empresas do setor, a competitividade, a criação de emprego e a capacitação de recursos humanos são outros dos objetivos que foram incluídos no Eixo 5. (PENSAAR 2020, 2015).

2.8. PRINCIPAIS PROBLEMAS DO SETOR

O setor de águas e resíduos contribui significativamente para o desenvolvimento económico e social do País, tanto pela capacidade de gerar atividade económica e de criar emprego e riqueza, como pela crescente melhoria que tem conferido às condições de vida da população, gerando externalidades económicas noutros setores.

As especificidades deste setor, aliado ao elevado número de entidades gestoras existentes, tornam problemática a definição e a aplicação de um modelo único capaz de responder de forma eficaz à sua natureza multidisciplinar e intersectorial. Trata-se de serviços que funcionam como exemplos típicos de monopólio natural na medida em que, por razões tecnológicas, uma única entidade presta esses serviços em cada área geográfica, não havendo praticamente possibilidade de escolha de alternativas para os utilizadores (Miranda, 2018)

Apesar de terem sido registados progressos no contexto da implementação do PEAASAR I (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000-2006) e o PEAASAR II para o período 2007-2013, existem ainda problemas por resolver no que

respeita ao setor de abastecimento de água. Deste modo, o PENSAAR 2020 necessita de identificar e clarificar de uma forma consistente e com base em dados concretos as causas dos problemas que afetam o setor, de forma a assegurar o seu sucesso (Cunha, 2017). Os problemas mais críticos que afetam o setor são (PENSAAR 2020, 2015):

Fragmentação do sector: elevado número de EG com pequena dimensão e repercussões negativas a seguir indicadas;

- O fraco desempenho de um grande número de EG;
- Ineficiência: Baixos níveis de eficiência operacional em muitos sistemas municipais conforme indicado no diagnóstico da situação atual;
- Baixa adesão da população aos sistemas em determinadas regiões suburbanas e rurais;
- A insustentabilidade económico-financeira de um grande número de EG, refletida nos valores insatisfatórios de cobertura de gastos e água não faturada, devido a: i) aplicação de tarifas baixas por parte dos decisores utilizando as EG como instrumentos de política social sem compensação para as contas das entidades através da transferência de subsídios à exploração; ii) custos unitários elevados devido a vários fatores, em particular a dimensão da população servida e a sua densidade;
- Falta de conhecimento: dos ativos, gastos com os serviços, etc;
- Reabilitação insuficiente de ativos: devido ao desconhecimento das infraestruturas e recursos financeiros limitados por tarifas insuficientes para cobrir custos;
- A dependência do setor de recursos financeiros, nomeadamente o acesso a endividamento, para poder realizar investimentos, devido à fragmentação;
- Vulnerabilidade à manipulação da opinião pública, nomeadamente da política de preços devido à relevância social dos serviços prestados e o baixo valor económico que lhe é atribuído pela população (um serviço garantido);
- Estagnação da reorganização operacional do setor, nomeadamente dos serviços em baixa;
- Número elevado de perdas de água nas redes de abastecimento de água, que se traduz num elevado valor de água não faturada;
- Aumento das tarifas para a recuperação de gastos proporcional à quantidade de ANF pela EG, o que pode representar um problema de falta de equidade nas áreas onde haja uma parcela importante de consumo ilegal ou consumo autorizado não faturado;
- Subutilização/ Sobredimensionamento da capacidade instalada de infraestruturas;
- Pouca resiliência dos SAA no que respeita à escassez de água, problema cada vez mais relevante.

2.9. CONTAGEM DE ÁGUA

A utilização de contadores é a forma mais lógica e que as EG entendem adotar. Assim, apresentar-se-á uma abordagem geral ao vasto leque de possíveis contadores que o mercado disponibiliza, com um especial enfoque para os mais utilizados para a medição dos consumos num sistema de abastecimento de água. No entanto, apesar das entidades de distribuição disporem desta excelente ferramentas de medição, nem sempre as suas potencialidades são exploradas ao máximo. Pelos mais diversificados motivos, um contador pode não funcionar corretamente, seguidamente serão apresentados alguns motivos. O facto de a leitura não ser

recolhida também será abordado, ou seja, o que a entidade gestora faz, e como faz, quando carece saber o consumo de um cliente e não conhece a leitura indicada no seu contador, neste caso, está-se, obviamente, a falar em estimativas. (Malheiro, 2011).

De acordo com a bibliografia, um contador de água é um instrumento concebido para, de forma contínua, registar e indicar o volume de água que passa através dele, nas condições normais de funcionamento. O contador é o elemento chave na relação comercial entre o consumidor e a entidade gestora do serviço de abastecimento de água, pois é ele que permite medir o produto fornecido, a água, de modo a que o respetivo consumo possa ser faturado. A existência do contador permite, por um lado, a aplicação do princípio do consumidor pagador e, por outro lado, a utilização mais eficiente da água pelo consumidor, o que é vital para a preservação do importante recurso natural que é a água. (Malheiro, 2011).

Os contadores são classificados segundo algumas características, nomeadamente, características construtivas e o seu princípio de funcionamento (tipos de contadores) e a capacidade de medição ou classe metrológica. Dependendo destas características faz-se a escolha do contador adequado a ser instalado/utilizado (Sousa, 2011).

Um contador inclui, normalmente, um transdutor da medição, um calculador e um dispositivo indicador (Fernandes, 2014). São conhecidas várias classes de contadores, sendo os equipamentos mais empregados pelas EG os seguintes:

- Contadores Volumétricos;
- Contadores Velocimétricos;

A medição de água em edificações residenciais pode ser feita de forma directa, através de contadores volumétricos ou de forma indirecta, através de contadores de velocidade ou velocimétricos. Estes são classificados em pequeno e grande calibre, consoante se trate de consumo doméstico e industrial/comercial, respectivamente. Normalmente considera-se esta transição no diâmetro 50 mm, embora seja um conceito subjetivo. Os parâmetros precisão na medição, o custo e o tempo de vida útil, são directamente afetados dependendo de se tratar de um contador volumétrico ou de um contador velocimétrico, sendo o primeiro mais preciso (Sousa, 2011).

Além da funcionalidade, também o custo e o modo de instalação podem distinguir estes diferentes grupos de contadores. Analisando o mercado de contadores de água, é da preferência da EG adotar um que apresente uma ótima amplitude de medição dentro da gama de caudais previstos, que seja de fácil instalação e que apresente um custo de aquisição baixo. Cabe à EG analisar o perfil de consumos de um cliente de forma a perceber qual o melhor contador a instalar no local (Fernandes, 2014).

Tipos de contadores (Janz, 2020):

- Contadores de água volumétricos:

Dentro do grupo dos contadores volumétricos encontram-se ainda dois diferentes tipos de contadores, os que possuem o pistão rotativo e os de disco nutante. A forma de medição é extremamente parecida, no entanto, o mecanismo de funcionamento diverge nos dois casos. Nos de pistão rotativo, o fluxo é dividido em pequenos êmbolos de volume conhecido e que são posteriormente contados. Os êmbolos giram excentricamente dentro de uma câmara cilíndrica. Os contadores de disco nutante possuem uma câmara esférica com um disco no interior que se

movimenta com a passagem da água. O volume consumido é dado pelo totalizador através da contagem das movimentações do disco (Janz, 2020).

Os contadores volumétricos são mais precisos que os contadores de velocidade, mas são menos eficientes quando há a passagem de baixos caudais. Relativamente à sua forma construtiva, os contadores volumétricos são mais susceptíveis a defeitos de funcionamento devido à existência de impurezas existentes na água que podem causar o bloqueio do contador e, conseqüentemente, a falta de água para os consumidores, devendo ser feita a respectiva manutenção. Deste modo, é possível recorrer-se à colocação de filtros para evitar que estas impurezas passem para o contador, evitando assim o bloqueio deste (Sousa, 2011).

No entanto os contadores volumétricos apresentam maior tempo de vida útil, são mais duráveis e são mais exactos. De referir que estes estão menos sujeitos a problemas de instalação devido ao facto de não ser tão importante a posição da montagem, comparando com os contadores de velocidade (Sousa, 2011).

- Contadores Velocimétricos:

Similarmente, os velocimétricos podem ser subdivididos em diferentes tipos. Os mais comuns são os contadores do tipo monojato, do tipo multijato e do tipo hélice ou Woltmann. A tipologia multijato foi a primeira a surgir, sendo este modelo constituído por uma carcaça metálica e um kit de medição, composto por uma turbina, uma câmara de medição, uma placa separadora e um totalizador. Relativamente aos contadores monojato, a grande diferença a nível funcional entre estes dois medidores é o contacto da água, que, neste caso, é realizada em vários pontos ao invés de um. Esta diferença é proveniente da introdução de uma câmara velocimétrica, equipada com tubeiras de orientação de fluxo, que envolve a turbina, sendo a saída de água feita pela parte superior (Figura 10). A grande vantagem é a indiferença da qualidade de medição relativamente à carcaça. O totalizador limita-se a girar em função do movimento transmitido pelos mecanismos que fazem a ligação com a turbina, como se verifica na figura seguinte (Malheiro, 2011), (Janz, 2020).

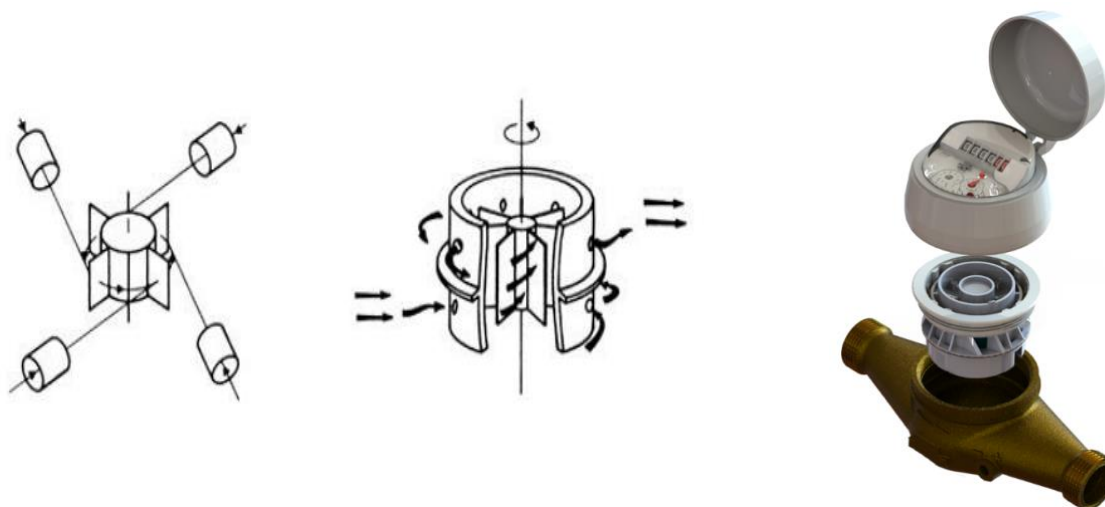


Figura 10: Princípio físico multijato com esquema de uma câmara velocimétrica (Janz, 2020).

Além da vantagem supramencionada, um contador multijato apresenta uma maior durabilidade e uma melhor resistência devido à sua robustez. As desvantagens intrínsecas ao seu uso são, o custo de aquisição e a fraca adequabilidade a instalar-se inclinado. Porém, é um instrumento de medição de difícil manutenção (Fernandes, 2014).

Com a procura de um contador mais simples e compacto foi desenvolvido um medidor do tipo monojato. Nesta tipologia a câmara de medição foi eliminada permanecendo a turbina sob ação de um jacto único, a água atua tangencialmente num único ponto (Figura 11) (Malheiro, 2011).

Nestes medidores, o arranque da turbina só se verifica após atingida uma velocidade considerável de passagem da água. A exatidão a pequenos caudais é, por isso, menor comparativamente aos contadores volumétricos (Fernandes, 2014).

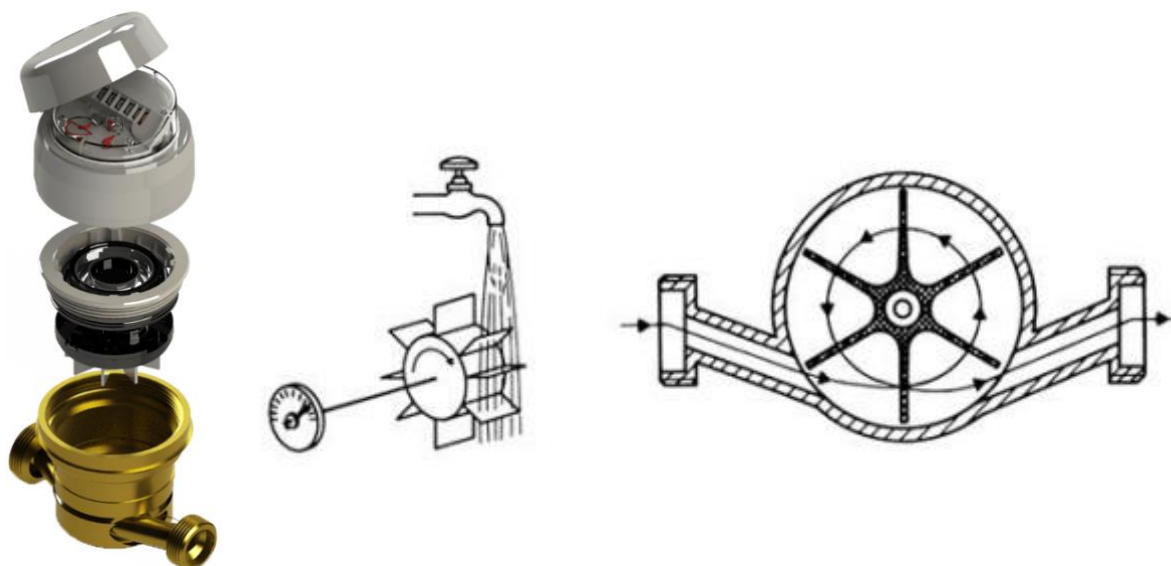


Figura 11: Contador monojato e seu princípio físico (Janz, 2020).

O preço mais baixo relativamente aos contadores multijacto é uma das vantagens desta tipologia, no entanto não é exclusiva, também o seu tamanho compacto, a maior resistência a sólidos de suspensão e a maior variabilidade de inclinação da instalação são características deste tipo de contadores (Malheiro, 2011).

Por fim os contadores do tipo Woltmann, com turbina helicoidal (Figura 12), mais utilizados para grandes diâmetros (acima de 50 mm), caracterizam-se pela baixa perda de carga que provocam sobre o escoamento e a resistência a caudais maiores. Estes tipos de contadores predominam em clientes com grandes consumos (Fernandes, 2014).

O elemento primário dos contadores do tipo Woltmann, como em todos os contadores velocimétricos, é uma hélice sobre a qual incide o fluxo de água, na direção axial (Figura 12). A velocidade de giro da hélice dá-se em função do caudal que entra, das características construtivas da hélice e do ângulo que a água faz sobre as lâminas (Sousa, 2011)



Figura 12: Esquema funcionamento de turbina helicoidal (Malheiro, 2011).

Este tipo de contadores pode funcionar com eixo de rotação segundo a horizontal ou vertical. A principal diferença entre estes dois tipos é que os segundos são mais adequados para escoamentos com turbulência, enquanto os primeiros facultam maior facilidade de escoamento (Malheiro, 2011).

Este tipo de contadores caracteriza-se pela sua notável sensibilidade a baixos caudais, não afetação pelo perfil de velocidades e não sofrerem interferência do ângulo de instalação. As suas desvantagens relacionam-se com o custo de aquisição, a sua sensibilidade a sólidos na água e o seu elevado peso e volume (Malheiro, 2011).

Os contadores podem ainda ser mecânicos, onde os movimentos da turbina são transferidos mecanicamente ao conjunto de engrenagens que compõe o totalizador, fazendo uso de um eixo, ou do tipo magnéticos, em que a transmissão dos movimentos da turbina dá-se através de um par de ímãs, posicionado acima e abaixo da placa separadora. O ímã propulsor é fixado na ponta do eixo da turbina e aciona o ímã propelido que se aloja no outro lado da placa separadora. Quando gira a turbina, gira também o mecanismo (totalizador) acoplado ao ímã propelido (Janz, 2020).

2.9.1. ADMINISTRAÇÃO DO PARQUE DE CONTADORES

Através dos tópicos abordados até agora já se entendeu a grande diversidade de contadores disponíveis no mercado, algumas das principais vantagens e inconvenientes dos modelos mais utilizados pelas entidades gestoras. Sabe-se também, que uns contadores apresentam um custo de aquisição mais elevado, outros mostram-se mais acessíveis, mas falta saber mais sobre um outro tema, nomeadamente, o tempo de vida útil do parque de contadores de uma EG. A subcontagem de um contador é um dos principais aspetos que conduz ao aumento das perdas aparentes, torna-se, por isso, imprescindível que a EG procure gerir de uma forma eficaz o seu parque de contadores, por esta razão, é fundamental compreender o momento em que um contador deve dar lugar a um novo, mais eficiente (Malheiro, 2011).

Segundo previsões regulamentares, nomeadamente, o Regulamento de Controlo Metrológico de água Potável Fria (Portaria nº 331/87), existe um limite para o qual um contador merece ser sujeito a uma verificação periódica. Tratando-se de contadores de tarifa doméstica com diâmetro nominal (DN) 15 e DN 20 é indicado um período de 15 e 10 anos, conforme se trate de contadores volumétricos ou de velocimétricos, respetivamente (Portaria nº 331/87).

Apesar destas recomendações, é do conhecimento das entidades gestoras que a subcontagem não se inicia nestas idades exatas, antes depende de uma grande variedade de fatores, iniciando-se bem antes destes períodos de referência e com o decorrer do tempo de utilização vai aumentando.

A perda de precisão pode ser causada por diversos fatores, tais como: (i) pelo desgaste do contador; (ii) pelo tempo de instalação; (iii) por elevados volumes de água atravessados; (iv) por fatores que podem estar relacionados com a qualidade da água (provocando erosão na turbina), mas também, o ambiente de instalação ou posição de montagem; (iv) existência de ar excessivo na rede, provoca um aumento da rotação do mecanismo de medição. Frequentemente a idade do contador ou o volume por ele escoado é o indicador usado para sua substituição ou verificações programadas (Sousa, 2011).

Como a prática refere, os limites apresentados pela legislação não devem ser tomados como uma referência exaustiva a seguir, mas cada EG deve antes achar o período de verificação ou substituição do seu parque de contadores, em função dos parâmetros que considera mais relevantes. Uma substituição precoce acarreta consigo custos que não garantem o reembolso, no caso de ser atrasada, a empresa perde receita que muitas vezes teria já pago a permuta. No momento do estudo da substituição a entidade deve fazer uma análise que conte com todos os custos associados ao processo. Naturalmente, os mais perceptíveis são o custo de aquisição do novo contador, ou de reparação do antigo, e os custos de recursos humanos que estão associados ao processo. Do outro lado da balança de ponderação podem colocar-se os custos pertencentes à perda de faturação e exploração da água. Estes custos sofrem um crescimento no decorrer do tempo de funcionamento do contador, como é sabido. Contabilizam-se ainda neste custos, aqueles que são provenientes da ação de intervenção programada de substituições, ou seja, o custo unitário de permuta de um contador é diferente daquele que se pode obter ao mudar um elevado número. Juntando estes dois principais fatores, torna-se assim possível fazer uma análise comparativa, designadamente elaborando um diagrama, este terá uma forma como a que se expõe na Figura 13.

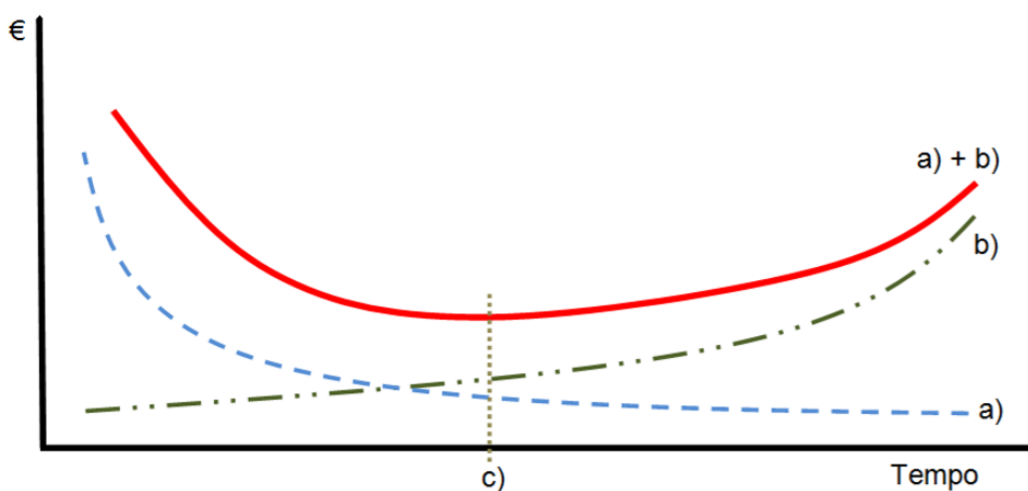


Figura 13: Diagrama de análise do período óptimo de substituição de um contador (Malheiro, 2011).

Neste diagrama entenda-se a curva a) como a representação da evolução no tempo dos custos de substituição. Na curva b) representa-se a variação das perdas por subcontagem. Somando estes dois fatores a) + b) obtém-se a curva que nos permite saber qual o momento ideal de substituição, instante em que os custos são mínimos, maximizando a rentabilidade da permuta, ponto c) (Malheiro, 2011).

O conhecimento do período de vida útil de um contador deve assim ser fruto de uma análise pormenorizada, tendo em consideração todos os parâmetros que estão associados ao processo. Dependendo de cada caso, existem critérios e custos a ter em conta, como por exemplo, o custo de produção da água, onde se engloba todos os custos de produção ou de compra a terceiros, o custo combinado de manutenção do parque de contadores, estando associados os custos de aquisição dos novos contadores ou a reparação dos antigos, mas também os custos referentes às despesas operacionais de todo o processo de substituição, onde se engloba a mão-de-obra, o transporte, a armazenagem, e reparações, etc. Como se tornou já perceptível, não existe um prazo que seja comum a todos os contadores, apesar disso, estudos já realizados em Portugal apontam para um período médio de substituição dos contadores domésticos volumétricos de 10 a 12 anos. Naturalmente, este período de referência não pode ser considerável para todo o tipo de contadores, os velocimétricos de monojato, por exemplo, ainda não foram tão estudados nacionalmente, mas estudos efetuados no estrangeiro, onde estes contadores são mais comuns, referem idades entre 5 e 8 anos (Malheiro, 2011).

2.9.2. ESTIMATIVAS DOS CONSUMOS

Tendo em conta que, uma EG não dispõe de recursos suficientes para fazer recolha mensal de todas as leituras, derivado dos elevados custos que essa medida acarretava, nos meses em que um contador não é lido, a faturação do consumo terá que ser feita por estimativa. O processo de estimativa é consideravelmente simples, normalmente, a EG dispõe de um software que procede a uma análise do histórico do consumo do cliente. Com base num consumo médio de um período de referência é estimado o consumo para o intervalo em questão. O procedimento geral nas várias entidades de distribuição não varia do referido. Uma maior dissemelhança, verifica-se sim, nos períodos de referência utilizados, usualmente, os softwares aplicados permitem optar por uma diversidade de períodos de referência bastante diversificada, deste modo, a EG poderá optar por aquela que mais se ajuste aos padrões de consumo dos seus clientes. Por exemplo, em alguns casos, o consumo é estimado em função do consumo médio apurado entre as duas últimas leituras reais efetuadas pela Entidade Gestora, ou em função do consumo médio de utilizadores com características similares no âmbito do território municipal verificado no ano anterior, na ausência de qualquer leitura subsequente à instalação do contador. Os valores faturados com base em estimativas devem ser sujeitos a correções sempre que as leituras posteriores apurem consumos reais diferentes dos estimados (ERSAR, 2012).

De referir que a EG, ao abrigo do n.º 2 do artigo 67.º do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, é forçada a realizar leituras reais aos contadores (por intermédio de agentes devidamente credenciados), com uma frequência mínima de duas vezes por ano e um distanciamento máximo entre duas leituras consecutivas de oito meses (ERSAR, 2012).

2.10. PERDAS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As perdas de água constituem uma das principais fontes de ineficiência das EG de abastecimento de água. Efetuando uma análise comparativa com outros setores produtivos, verifica-se que são muito poucos os que permitem perder, no processo de transporte e distribuição, parcelas tão significativas do produto produzido (Alegre et al., 2005).

As perdas referem-se a água que não é faturada nem utilizada para outros usos autorizados, mas que é captada, tratada, transportada em infraestruturas de valor patrimonial elevado e com custos de operação e manutenção expressivos. Na prática, não existem redes totalmente estanques, as fugas e extravasamentos são inevitáveis, no entanto uma rede bem construída e mantida tem poucas perdas (Alegre et al., 2005).

A diminuição das perdas de água representa, muitas vezes, uma alternativa económica à exploração de novos recursos através de medidas de elevado custo, tais como, novas barragens, poços profundos ou dessalinização (Teixeira, 2014).

As perdas de água são definidas como o volume de água correspondente à diferença entre a água de entrada no sistema (AES) e o consumo autorizado. Ao longo do SAA, as perdas podem localizar-se, em vários pontos, como é possível observar na Figura 14.

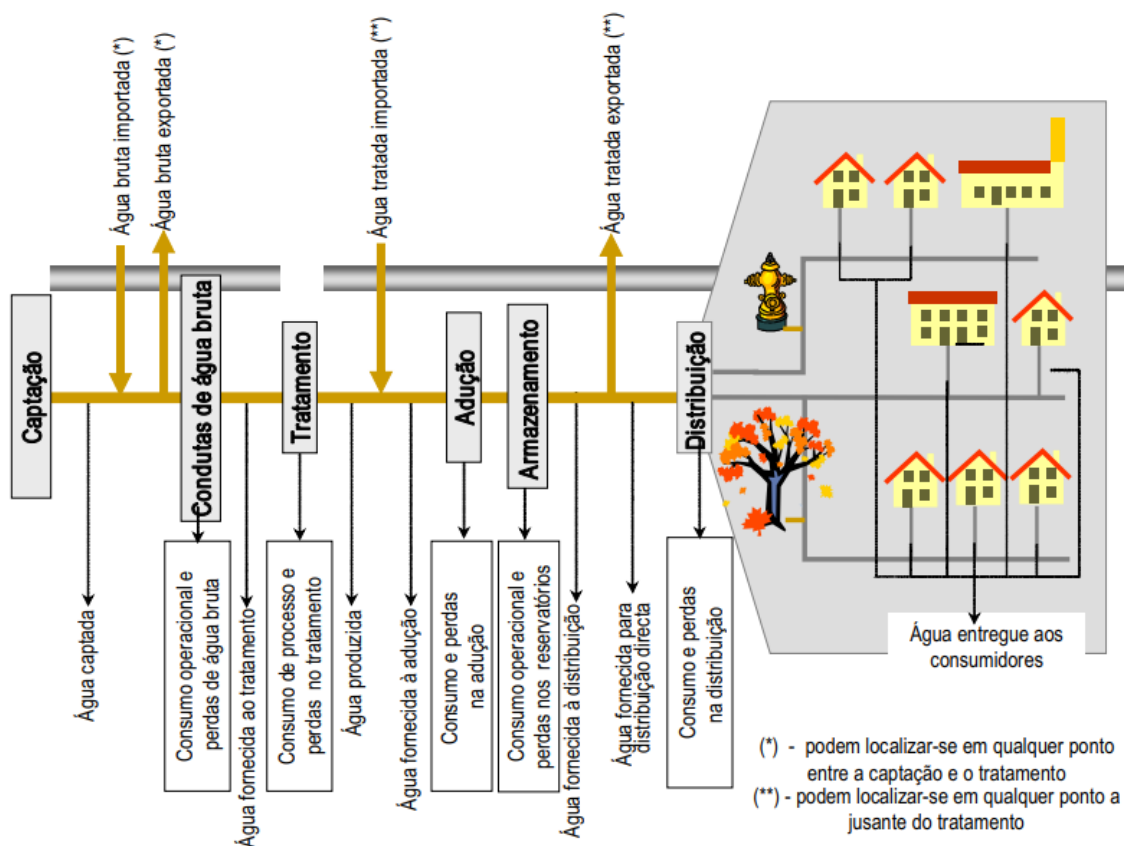


Figura 14: Localização das perdas de água no SAA (Alegre et al., 2005).

O problema das perdas de água apresenta cinco dimensões distintas, que são (Alegre et al., 2005):

- Dimensão económico-financeira: como referido, as perdas de água correspondem a água que não é faturada nem utilizada para outros usos autorizados, mas que acarreta custos de captação, tratamento e transporte significativos;
- Dimensão técnica: não existem redes totalmente estanques, por isso é inevitável que existam algumas fugas ou extravasamentos. Contudo, se uma rede for bem construída e mantida, a quantidade de perdas é baixa. Ao invés, as redes em condições precárias inferem um elevado número de perdas. De modo a controlar esta situação, deve-se intervir de duas formas: em termos físicos, reparar pontualmente ou reabilitar os sistemas ou parte deles e em termos de operação, minimizar a probabilidade de ocorrência de contaminações e gerir as pressões, de modo a serem as adequadas;
- Dimensão ambiental: tem grande relevância em regiões onde existe escassez de água com qualidade adequada para o consumo humano, dado que, com a entrada em vigor da Diretiva Quadro da Água, existem mais restrições para a construção de novas captações, não sendo ambientalmente aceitável reforçar captações existentes ou construir novas, se a jusante os níveis de perdas forem elevados;
- Dimensão da saúde pública: os locais onde ocorrem fugas são potenciais fontes de contaminação da água fornecida aos consumidores. Quando todo o sistema está pressurizado, com pressões internas superiores às externas, a probabilidade de contaminação é baixa. No entanto, quando o fornecimento de água é interrompido por alguma razão, a pressão interna baixa e a probabilidade de ocorrência de contaminações aumenta consideravelmente. Deste modo, torna-se necessário, mesmo que o investimento não compense o valor económico da água perdida, garantir a pressão adequada na rede;
- Dimensão social: as tarifas devem refletir os custos reais, o que implica aumentos significativos no preço da água em locais onde existam elevadas perdas de água. Outro aspeto relacionado com a dimensão social, prende-se com o papel do cidadão comum, que quando devidamente informado e motivado a participar, pode prestar auxílio na localização de fugas visíveis e na melhor monitorização dos consumos domésticos.

2.10.1 BALANÇO HÍDRICO

A IWA – International Water Association, confrontada com a necessidade de avaliar o volume das perdas de água e os seus componentes e, assim, permitir uma comparação internacional entre os desempenhos de diferentes entidades gestoras, desenvolveu uma série de investigações neste sentido, no âmbito do grupo Water Loss Task Force. Em 2000 apresentou a ferramenta que veio a constituir-se como base de toda a análise que se efetua em torno desta temática – o balanço hídrico. Agregado ao conceito de balanço hídrico (BH) surge um conjunto de definições das componentes relativas aos consumos e perdas de água nos sistemas de abastecimento, que são particuladas e esquematizadas na respetiva matriz do balanço hídrico, que se encontra apresentada na Figura 15. (Miranda, 2018).

Balanço hídrico					
Água entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada	
			Consumo faturado não medido		
	Consumo autorizado	Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido		
			Consumo não faturado não medido		
	Perdas de água	Perdas aparentes (comerciais)		Uso não autorizado	Água não faturada
				Erros de medição	
Perdas reais (físicas)			Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição		
		Fugas e extravasamentos nos reservatórios da adução e/ou distribuição			
			Fugas nos ramais		

Figura 15: Matriz do BH proposto pela IWA (adaptado de (Alegre et al., 2005)).

No balanço hídrico verifica-se que as perdas de água se dividem em perdas aparentes e perdas reais, que são definidas e abordadas detalhadamente nos subcapítulos seguintes.

De acordo com a IWA, cada um dos parâmetros constituintes da matriz do BH é definido como (Alegre et al., 2005), (Miranda, 2018).

- Água de entrada no sistema (AES): volume anual introduzido na parte do SAA que é objeto do cálculo do BH;
- Consumo autorizado (CA): volume anual de água, medido ou não, faturado ou não, fornecido a consumidores registados, a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais ou industriais e à própria EG. Inclui a água exportada. Note-se que o consumo autorizado pode incluir água para combate a incêndio, lavagem de condutas e coletores, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, alimentação de fontes e fontanários, proteção contra congelação, fornecimento de água para obras, entre outros. Para além disso, inclui ainda as fugas e o desperdício, por parte de clientes registados, que não são medidos;
- Consumo autorizado faturado (CAF): é a componente do CA que é medida e produz receitas, ou seja, corresponde à água faturada (AF). É igual à soma do consumo autorizado medido e do consumo autorizado não medido;
- Consumo autorizado não faturado (CANF): é uma componente do CA que é legítimo, mas não é faturado, logo não gera receita. É equivalente à soma do consumo não faturado medido e do consumo não faturado não medido;
- Perdas de água: definidas anteriormente neste capítulo;
- Perdas aparentes (PA): esta parcela das perdas contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não

autorizado (por furto ou uso ilícito). É de notar que os registos por defeito dos medidores de água produzida, bem como registos por excesso em contadores de clientes, levam a uma subavaliação das perdas reais. As perdas físicas a jusante do contador do cliente podem contribuir significativamente para o aumento das perdas aparentes;

- Perdas reais (PR): volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga. Note-se que apesar das perdas físicas localizadas a jusante do contador do cliente se encontrarem excluídas do cálculo das PR, são muitas vezes significativas e relevantes para a EG (em particular quando não há medição);
- Água não faturada (ANF): volume de água correspondente à diferença entre os totais anuais da AES e do CAF. A ANF inclui não só as PR e PA, mas também o CANF, isto é, tudo aquilo que não produz receita.

Preferencialmente, o BH deverá basear-se na medição efetiva de volumes. No entanto, sempre que a medição não for fiável, dever-se-á avaliar da forma mais rigorosa possível cada componente dos volume se consumos de água, estimando, de forma realista, as componentes do balanço. Os volumes calculados ou estimados são passíveis de erro e incertezas que podem ter uma maior ou menor extensão e são considerados na parcela do volume relativo à ANF e PR (Sardinha et al., 2017). De modo a valorizar a componente das PR e das PA, devem ser utilizadas duas abordagens complementares para que o cálculo e os resultados apurados sejam fiáveis. As abordagens consensualmente aceites para determinação de perdas são (Sardinha et al., 2017), (Cunha, 2017):

- Abordagem Top-Down: diz respeito à construção do BH de cima para baixo. Assim, inicia-se por uma macro análise das perdas de água que avalia a necessidade de intervenção para a globalidade da rede. Para isso são analisados os volumes de AES através de medição, os CAF e CANF e as PA devidas a ligações ilegais e potenciais erros de medição. A análise evolui da globalidade do sistema para os grandes subsistemas e progressivamente para áreas menores, o que implica a determinação gradual das perdas atuais em vários níveis de discretização. Em resumo, nesta abordagem as PR são calculadas a partir da medição das diversas entradas do sistema, deduzidos os valores obtidos pelos sistemas de faturação de clientes. Trata-se de uma abordagem realizada com base na informação existente, ou seja, é suportada essencialmente por trabalho de gabinete, não existindo praticamente trabalho de campo. (Cunha, 2017), (Miranda, 2018).
- Abordagem Bottom-Up: refere-se à construção do BH de baixo para cima. Assim, inicia-se pela determinação dos valores de caudais noturnos nos casos de sistemas setorizados e dotados de medição em contínuo, de modo a determinar as PR. Esta abordagem serve como contraponto ao valor de PR que são calculadas pela abordagem Top-Down e baseia-se na análise do Caudal Mínimo Noturno obtido do terreno com um determinado valor de certeza. De salientar, que esta abordagem implica um elevado conhecimento da rede, bem como, um nível de gestão mais sofisticado em termos do

controle da mesma, e dos consumos noturnos da parte de clientes e estabelecimentos que funcionem à noite (Cunha, 2017), (Miranda, 2018).

2.10.2 PERDAS APARENTES

As PA referem-se à água que é efetivamente consumida, mas que não é faturada. Estas perdas podem também ser designadas como perdas económicas ou comerciais. As PA apresentam um impacto financeiro superior ao das PR, uma vez que as primeiras deveriam ser faturadas (tarifa) e as segundas não, apenas têm em conta os custos de produção. A tarifa da água é claramente superior aos custos de produção da mesma e por vezes chega a ser quatro vezes maior. É também de salientar que, a tarifa praticada engloba não só os custos de água fornecida como também, proporcionalmente, os custos das tarifas de drenagem de águas residuais, resíduos sólidos urbanos (quando aplicável) e a taxa de recursos hídricos. Assim, mesmo um pequeno volume de PA irá traduzir-se num elevado impacto financeiro. De acordo com o BH, as PA dividem-se em duas componentes: uso não autorizado e erros de medição. As perdas aparentes relativas ao uso não autorizado dizem respeito a consumos ilícitos e a usos fraudulentos (Sardinha et al., 2017).

Os consumos ilícitos podem ser efetuados através de ligações diretas, ligações por bypass (conduta adicional instalada ao redor do contador), ligações por derivação de ramal e da violação do contador. Os usos fraudulentos referem-se à utilização abusiva de hidrantes e bocas-de-rega. O consumo ilícito através de ligações diretas ocorre principalmente em áreas com construção clandestina e em áreas com baixa segurança, enquanto, as ligações por bypass são mais frequentes em instalações comerciais e industriais (Cunha, 2017)

O uso fraudulento de hidrantes ou bocas-de-incêndio ocorre frequentemente para o enchimento de tanques de veículos destinados à rega e lavagem de ruas e para o consumo em locais de construção, quando deveriam ser operados exclusivamente pelos serviços de bombeiros. Perante estas situações, mesmo que o contexto externo afete os resultados, a EG pode e deve aplicar algumas medidas para mitigar os efeitos destas situações (Alegre et al., 2005).

As estratégias de redução de perdas aparentes, de acordo com a IWA Task Force, consistem nas metodologias apresentadas na Figura 16.

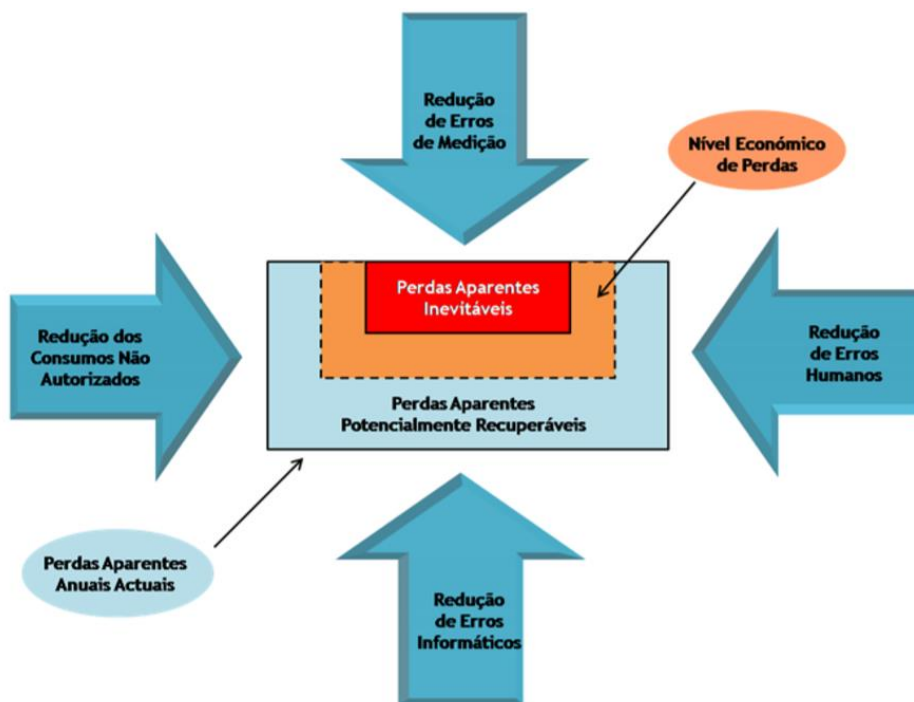


Figura 16: 4 pilares de gestão de perdas aparentes (Martins, 2016).

a) Erros de medição

Os contadores de água podem não medir com precisão a água que passa através deles devido a várias causas, expostas na Figura 17.

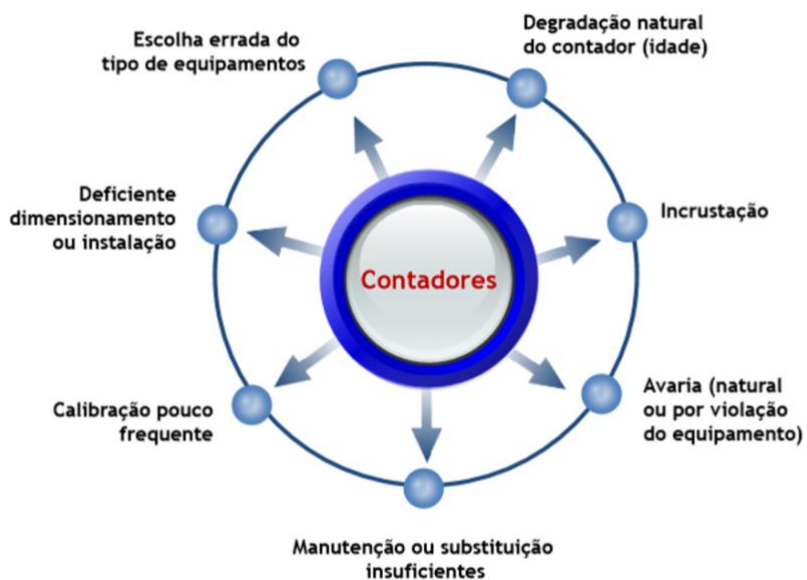


Figura 17: Causas dos erros de medição relativos aos contadores (Martins, 2016).

A grande maioria dos contadores são do tipo mecânico, assim sendo, as peças que os constituem realizam movimentos que poderão ser afetados pela idade, qualidade da água e pela presença de areias no mecanismo. Por estas razões, quanto mais antigos forem estes contadores, maior o erro por defeito do mesmo. Estes erros podem facilmente exceder os 10% quando o contador atinge os 10 anos de idade. Nestas condições, faz sentido substituir os mesmos ao fim de 5 ou 6 anos (Martins, 2014).

Os contadores digitais (telemetria) permitem a medição do volume de água e a comunicação da informação com a entidade gestora, não sendo necessário recorrer a um funcionário (ou técnico) para efetuar a leitura da água. Contudo, apresentam a desvantagem que consiste na necessidade de recarregar as baterias. É aconselhável que os contadores estejam em bom estado e que se proceda à substituição dos mesmos no tempo desejável de acordo com uma análise de custo benefício. Os grandes consumidores devem ter uma especial atenção no que diz respeito à escolha do tipo de contador, à frequência de leitura e, se necessário, deve-se colocar um “datalogger”.

As medidas para reduzir os erros de medição são (Martins, 2016), (Cunha, 2017):

- A instalação de contadores de acordo com as especificações dos fabricantes, em locais de fácil acesso e de fácil identificação do proprietário;
- A monitorização da qualidade da água e a limpeza dos equipamentos mecânicos de modo a minimizar a incrustação e a promover uma correta medição pelos contadores;
- A criação e manutenção de uma robusta base de dados de forma a conhecer o cliente e o seu padrão de consumo e assim, instalar um contador com o calibre adequado;
- A substituição planeada dos contadores, começando pelos mais antigos e pelos que estão em piores condições, ou seja, por aqueles que refletem uma maior submedição da água;
- A formação e motivação dos leitores de contadores para que registem e reportem corretamente as medições;
- A utilização de ferramentas informáticas de gestão de dados que possibilitem uma melhor monitorização, análise e armazenamento de dados.

b) Erros Humanos

Estes erros ocorrem principalmente durante a leitura dos contadores (Figura 18). Alguns desses erros podem ser detetados no gabinete através da análise de consumos anteriores. No entanto, qualquer alteração de uma leitura real do contador deve ser feita com cuidado: uma leitura anormalmente alta pode resultar de uma fuga no interior da habitação do cliente. Por outro lado, um consumo quase zero pode acontecer em diferentes situações: quando o cliente não está a utilizar a habitação ou quando o mecanismo do contador está bloqueado. Assim sendo, é importante realizar um controlo sistemático do histórico do consumo do cliente e fazer uma comparação com a dos seus vizinhos para identificar anomalias ou tendências. É também necessário identificar todas as moradas dos clientes e fazer corresponder as mesmas ao programa de faturação (Cunha, 2017)



Figura 18: Causas dos erros de medição relativos às leituras (Martins, 2016).

c) Erros informáticos

O tratamento de dados e os erros informáticos de contabilidade ocorrem essencialmente no processamento de dados de faturação, na maior parte dos casos devido a estimativas de consumos realizadas na impossibilidade de leitura real do contador. Estas estimativas são feitas com base no histórico de consumo do cliente e são corrigidas nas seguintes leituras reais dos contadores. O uso de um bom programa de faturação é essencial para evitar erros e reclamações do cliente. Estes programas devem conseguir detetar potenciais erros e reportá-los (Cunha, 2017).

d) Consumo não autorizado

Haverá sempre cidadãos que conseguem obter água através de ligações ilícitas ou manipulando os contadores. A definição de uma estratégia para reduzir as perdas aparentes deve incluir a análise de dados dos consumos dos clientes de modo a ser possível detetar eventuais anormalidades. Também é aconselhável observar os contadores dos clientes várias vezes ao ano para se conseguir identificar defeitos ou ligações ilegais. O consumo não autorizado tem um grande impacto económico na receita das entidades gestoras. À semelhança da estratégia de redução de perdas reais, a estratégia de redução de perdas aparentes deve responder às seguintes perguntas: Quanta água está a ser perdida? Onde está a ser perdida? Porque está a ser perdida? Como resolver o problema de forma sustentável?

Outras medidas passíveis de serem tomadas são (Martins, 2016), (Cunha, 2017):

- A inspeção e o controlo das redes prediais pelos leitores de contadores tendo em vista a deteção e participação de ilícitos, como ligações diretas e contadores manipulados;
- A instauração de processos de contraordenação nos casos de deteção de consumos ilícitos;

- A implementação de contadores com telemetria, ou seja, que emitem alertas na ocorrência de anomalias, tais como desmantelamento do contador, paragem ou remoção;
- A rotação dos colaboradores que efetuam a leitura de contadores (leitores), de modo a evitar situações de ocultação de ilícitos perante incentivos monetários;
- A criação de programas e medidas para a educação e consciencialização dos clientes, que devem ser encorajados a não incorrer e a reportar ilícitos.

2.10.3 PERDAS REAIS

As PR ou perdas físicas correspondem ao volume de água perdido na rede e nas infraestruturas de uma EG (Sardinha et al., 2017).

Recorrendo à matriz do BH, as PR são divididas em três tipos: fugas e roturas em condutas (adutoras e distribuidoras), fugas e extravasamentos em reservatórios e fugas e roturas em ramais (a montante do contador ou ponto de medição). O primeiro e o segundo tipos de PR são usualmente visíveis pelo público ou pelos funcionários das EG e, por isso, são facilmente detetadas e rapidamente reparadas. O terceiro tipo de perdas é mais difícil de detetar, pelo que tende a levar maiores volumes de água perdida (Sardinha et al., 2017).

As fugas de água podem ser distinguidas nas seguintes categorias (Cunha, 2017), (Miranda, 2018):

- Fugas invisíveis: são fugas de grande duração temporal que normalmente se localizam nas ranhuras, juntas e encaixes das condutas e equipamentos. Estas fugas não são detetáveis por equipamentos acústicos tradicionais. Os esforços para a sua deteção não são frequentemente aplicados, uma vez que os encargos monetários necessários não justificam a redução da perda. Caracterizam-se por caudais baixos, longa duração e grandes volumes.
- Fugas não comunicadas: ocorrem normalmente no subsolo e não são visíveis à superfície. São passíveis de serem identificadas através da deteção ativa de fugas e caracterizam-se por caudais médios e duração e volumes dependentes da política de controlo ativo de perdas seguida;
- Fugas comunicadas: fugas de grandes caudais, mas de curta duração. Por serem visíveis à superfície podem ser rapidamente comunicadas à EG que consequentemente deverá proceder à sua reparação.

Assim, para além da classificação das PR quanto à sua localização, é possível classificá-las quanto à sua deteção. Na Figura 19 apresenta-se a duração e o volume de água perdido para cada um dos tipos de fugas apresentados anteriormente.

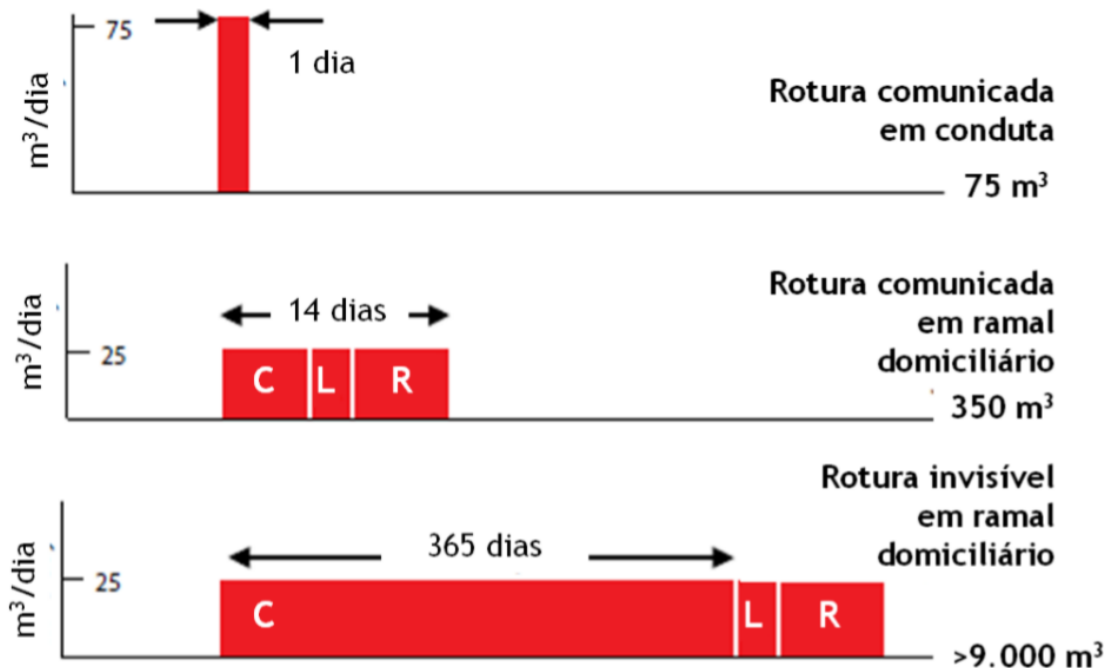


Figura 19: Relação entre o tipo de perda real e o volume perdido e os tempos de deteção, localização e reparação. De cima para baixo, fugas comunicadas, fuga não comunicadas e fugas invisíveis (adaptado Farley et al. (2008)).

As PR ocorrem em todos os sistemas de abastecimento, mas o volume anual destas varia em função das características da rede de distribuição e da política de deteção e reparação das fugas e roturas praticada pela EG. Entre os fatores influenciadores das PR destacam-se (Farley et al., 2008), (Martins, 2014), (Sardinha et al., 2017):

- Idade, estado de conservação e material das condutas: a idade apresenta-se como um parâmetro muito significativo, no sentido que muitos dos fatores envolvidos nas perdas têm um efeito potenciado pelo aumento da idade. Outro problema que se impõe neste ponto é a corrosão, tanto interna como externa, das condutas metálicas. Deste modo, deve-se adequar o material das condutas a cada situação, por exemplo, em condições de solos mais agressivos, valores de pH mais elevados ou maior concentração de sais dissolvidos, é por isso, importante utilizar um material mais resistente. Destaca-se também, a importância de um correto dimensionamento e manuseamento das condutas para evitar perdas de água;
- Número e comprimento de condutas e ramais: quanto maior for o número e o comprimento das condutas e dos ramais, maior é a probabilidade de ocorrência de fugas e roturas;
- Material, instalação e manutenção dos elementos acessórios da rede: a fraca qualidade do material dos elementos acessórios traduz-se na maior suscetibilidade a roturas prematuras quando a rede se encontra sob pressão. Para além do material, o correto dimensionamento, instalação e manutenção dos acessórios é crucial para que não ocorra a criação de pontos de debilidade no sistema, nos quais o aparecimento de fugas e roturas é mais frequente;

- Frequência das roturas: quantas mais roturas existirem numa conduta, maior será a quantidade de água perdida. Por outro lado, a elevada frequência de roturas fragiliza as condutas em questão, provocando a sua degradação e aumentando a probabilidade de ocorrência de novas fugas e roturas a médio e longo prazo;
- Tipo de solo: o solo pode influenciar a frequência com que ocorrem fugas e roturas e a celeridade com que estas se tornam visíveis à superfície;
- Movimentações no solo: estas podem tratar-se de uma mudança no teor de humidade do solo (especialmente nos solos argilosos, levando ao encolhimento e assentamento indesejado das condutas), uma alteração de temperatura (em alguns locais pode ocorrer uma diminuição da temperatura que causa a congelação das partículas), tremores de terra (naturais ou com origem antropogénica) ou tráfego intenso (que provoca vibrações no solo). As movimentações no solo podem levar à rotura de condutas, à movimentação de juntas e à criação de pontos de fragilidade no sistema;
- Pressão de serviço na rede de distribuição e flutuações da mesma ao longo do dia:
 - O aumento da pressão provoca um aumento do caudal de água perdida, que se traduz em custos para a EG. A Figura 20 mostra a relação, para orifícios de diferentes diâmetros, entre o aumento da pressão e os custos associados;
 - De modo semelhante, especialmente em sistemas antigos, um aumento da pressão pode resultar na ocorrência de aumento do número de roturas num curto espaço de tempo;
 - Apesar do aumento da pressão aumentar o caudal de perda, este permite que a fuga apareça mais cedo e aumenta o ruído provocado por ela, sendo então possível detetá-la através de métodos sonoros. Inversamente, em sistemas com pressões baixas e abastecimento intermitente, as fugas e roturas são mais reduzidas, mas determinar a sua localização é mais problemático;
 - O aumento brusco da pressão, provocado, por exemplo, pelo inadequado acionamento de um grupo eletrobomba ou pela abertura ou fecho demasiado rápidos de uma válvula instalada numa conduta, pode levar ao aparecimento de novas roturas nas condutas, ao aumento da dimensão das roturas já existentes, à movimentação de blocos anexos às condutas (como travamentos nas curvas), e à ocorrência de estragos nos acessórios (como é o caso das juntas de ligação). Também podem ocorrer flexões e movimentações das condutas contra rochas, resultando na criação de fragilidades, e por vezes fendas nas condutas;
 - As flutuações na pressão podem originar problemas de fadiga nas condutas de plástico, o que pode ser devido à deficiente conceção e manutenção destas, causados pela variação da pressão entre valores demasiado altos e baixos. A degradação do plástico das condutas é também causada pela radiação solar, consequente das más condições de armazenamento.



Figura 20: Relação entre pressão para orifícios de diferentes tamanhos e receita anual perdida em perdas de água (Martins, 2016).

As PR não podem ser totalmente eliminadas, mas podem ser minimizadas. O objetivo da gestão das PR é atingir um nível destas, que seja a menor combinação de custos entre o valor de água perdida por PR e o custo das atividades que são desenvolvidas com o objetivo de as minimizar (Sardinha et al., 2017).

As estratégias de redução de perdas reais, de acordo com a IWA Task Force, consistem nas seguintes metodologias: Gestão da pressão; Controlo Ativo de Perdas; Gestão de Ativos e Rapidez e Qualidade das Reparações – Figura 21.

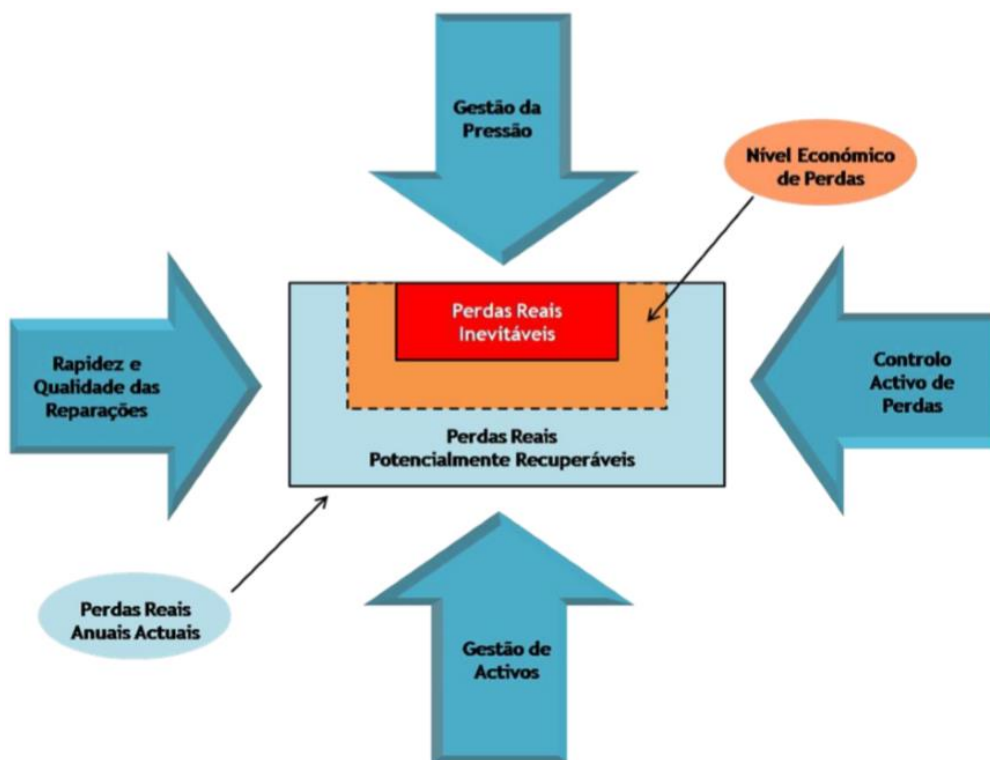


Figura 21: Metodologia de redução de perdas reais (Martins, 2016).

2.10.4. REDUÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

(TESE JOANA TEIXEIRA)

O desenvolvimento sustentável está relacionado com o sucesso de um negócio que possibilita uma maior prosperidade, oportunidades mais equitativas e o uso de recursos naturais de uma forma que os preserve para as gerações futuras (Teixeira, 2014).

Nos SAA, as perdas de água são um obstáculo à sustentabilidade, tal como a lista de potenciais impactes de seguida mostra (Teixeira, 2014):

- Impactes económicos: Custos de exploração, tratamento e transporte da água que é perdida e não chega aos clientes. As fugas e extravasamentos requerem trabalhos de reparação dispendiosos e podem inclusive causar danos na infraestruturas das proximidades;
- Impactes técnicos: Os extravasamentos podem provocar falhas no abastecimento, de tal forma que o sistema pode deixar de funcionar de forma contínua. O abastecimento intermitente pode provocar problemas técnicos pela entrada de ar para as condutas, o que vai levar os clientes a instalar reservatórios nas suas próprias habitações;
- Impactes sociais: As perdas de água prejudicam os clientes quer pelas interrupções no abastecimento, pela baixa pressão da água, mas também pelos riscos para a saúde que podem surgir da infiltração de águas residuais e outros poluentes nas condutas com baixa pressão ou fornecimento intermitente;

- **Impactes ecológicos:** As perdas provocam o aumento da extração de água que agrava a pressão sobre os recursos hídricos e conseqüentemente requer energia adicional que por sua vez provoca a emissão de gases com efeito de estufa que poderiam ser evitados.

Os impactes anteriormente referidos demonstram que as perdas de água comprometem a sustentabilidade dos SAA. As EG devem portanto analisar, quantificar, combater e reduzir as perdas reais e aparentes.

2.11. TELEMETRIA

Ao longo dos capítulos anteriores têm-se discutido diversos problemas e soluções no âmbito das perdas aparentes de água. Também foi destacado que o combate a este tipo de perdas pode passar por uma solução tecnológica bastante diferente, algo que tem sido pouco usado até agora pela maioria das entidades de distribuição, a telemetria.

Tradicionalmente o consumo de cada cliente é medido com uma certa frequência, que pode ir de curtos períodos de tempo, um mês, a períodos mais alargados, mais que um ano, por exemplo. Contadores de difícil leitura podem mesmo superar estes limites, deixando a entidade gestora sem a menor percepção do estado do consumo do respectivo cliente (Malheiro, 2011).

Mesmo com a percepção da verdadeira necessidade de conhecer as leituras de cada contador, para além de se revelar insustentável fazer recolha de leituras com períodos mais restritos, mostra-se ainda impossível. Existe uma parte dos contadores com tendência a permanecer com leituras inacessíveis. O uso de telemetria é uma alternativa possível que se tem revelado bastante proveitosa (Malheiro, 2011).

Os sistemas de telemetria começaram a ser instalados em grande escala em entidades gestoras já em 1985, em projetos de água e gás, nos Estados Unidos (Tamarkin, 1992). No entanto, o pouco desenvolvimento tecnológico, designadamente nos sistemas de comunicação, capacidade de autonomia das baterias e a falta de suporte técnico fez com que os sistemas de telemetria domiciliária (STD) não se mostrassem inicialmente tão bem sucedidos (Malheiro, 2011).

Até há bem pouco tempo, os benefícios da telemetria eram apenas explorados na medição de consumos de grandes consumidores e de caudais de rede, onde os volumes faturados compensavam maiores investimentos. Nos últimos tempos, devido ao avanço tecnológico, principalmente nas comunicações, tornou-se viável a implementação destes sistemas ao nível do consumidor final (Cunha, 2017).

A telemetria está assim, a apresentar-se como uma metodologia de elevada eficiência no conhecimento quase imediato do estado de cada contador, e têm-se revelado uma ferramenta muito eficaz no combate às perdas aparentes de água, como se abordará de seguida. Apesar de todas as promessas de rentabilidade, têm-se constatado que a exploração de toda a potencialidade desta tecnologia ainda se encontra muito longe do seu potencial. Dessa forma, parte significativa das entidades de distribuição de água têm preferido optar por instalar esta tecnologia em zonas piloto, testando elas próprias os benefícios do sistema (Malheiro, 2011).

Através da telemetria é possível conhecer as leituras de cada contador a cada instante. Se devidamente analisada essa informação pode tornar-se útil das mais diversificadas formas, possibilitando o combate às perdas de água, a faturação dos consumos reais do cliente, a deteção

de irregularidades, o balanço hídrico da rede, obtenção de dados relativos a consumos, caudais, pressões e parâmetros de qualidade, transferência e armazenamento e transposição desses dados para uma base de dados da EG. A EG pode aplicar a telemetria a quatro níveis, sendo eles (Cunha, 2017):

- Sistema adutor e de transporte para medição da água importada/exportada, água fornecida ao tratamento, adução e distribuição;
- Áreas de influência de reservatórios;
- Grandes clientes e contadores totalizadores em edifícios;
- Consumidores individuais: Sistemas de Telemetria Domiciliária. Um STD é basicamente composto pelas seguintes unidades, ilustradas na Figura 22.

2.11.1. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA

Os STD permitem a obtenção, processamento e transmissão de dados à distância, utilizando as mais diversificadas tecnologias de comunicação disponíveis.

Estes sistemas são constituídos por quatro elementos principais. O primeiro poder-se-á considerar a unidade local que faz a coleta das leituras, o seu registo e a transmissão. Esta unidade é formada pelo contador, por um emissor de impulsos e por um módulo de comunicação remota (Malheiro, 2011).

Uma outra unidade, que poderá designar-se de intermédia, é composta por um concentrador/totalizador que recebe as leituras de um conjunto de contadores, armazena-as e transmite-as para a unidade remota de processamento de dados com uma frequência pré-definida (Malheiro, 2011).

Uma terceira unidade poderá ser destinada à recolha e processamento de dados, à qual a EG acede diretamente, designa-se por unidade remota. É conveniente que esteja integrada no sistema de faturação e gestão de clientes (Malheiro, 2011).

O sistema de comunicações, que constitui o quarto elemento constituinte do sistema, faculta a transmissão de dados em diferentes momentos. Primeiramente entre a unidade local e o concentrador, numa segunda fase faz-se do concentrador para a unidade remota de recolha e processamento de dados (Malheiro, 2011).

Ainda respeitante ao modo de comunicação, o STD permite a recolha de dados de diferentes modos, não necessitando necessariamente de dispor de concentrador. Se este elemento não estiver integrado no sistema, a recolha dos dados pode ser feita através de dispositivos portáteis ou móveis walk-by ou Drive-by, respetivamente, obrigando a que um leitor se desloque às proximidades do contador. Nos sistemas walk-by há necessidade de uma maior aproximação dos terminais portáteis de leitura (TPL) da unidade local uma vez que o alcance é inferior ao conseguido com o sistema Drive-by. Aqui a recepção da informação é transmitida da unidade local para um recetor de rádio, e transmitida no mesmo momento para um terminal de recolha de dados, como é perceptível na Figura 22 (Malheiro, 2011).

Apesar disto, a necessidade de fazer a leitura física, designadamente com a entrada em casa do consumidor, deixa de ser necessária, já que a distância média de alcance dos TPL é na ordem das centenas de metros (Malheiro, 2011).

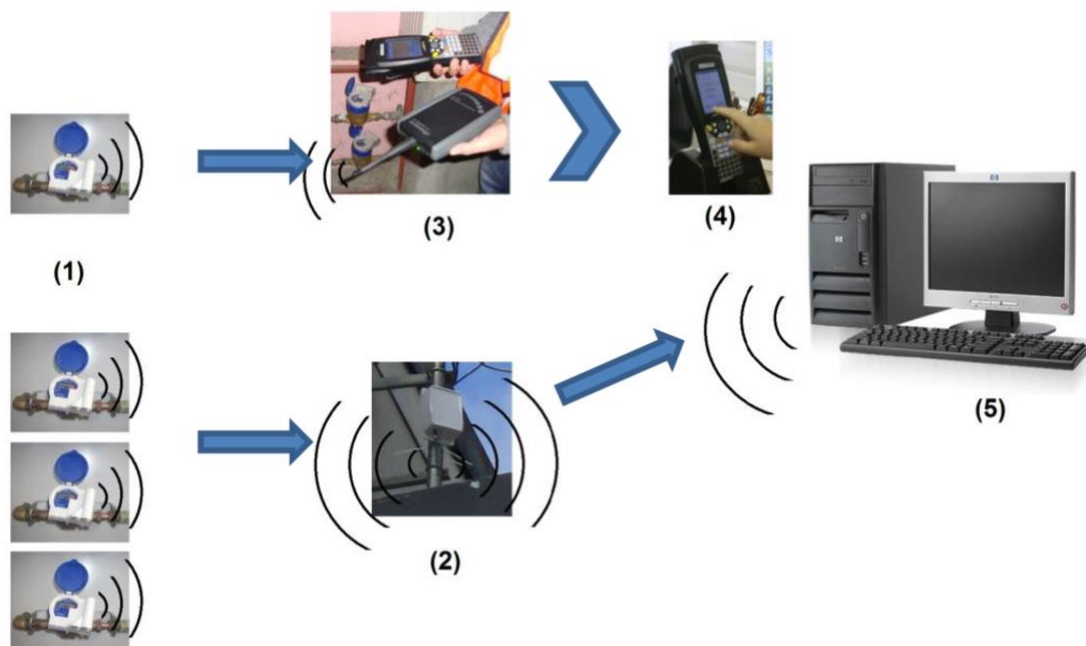


Figura 22: (1) – Contador e emissor de impulsos; (2) – Concentrador; (3) – Sistema Drive-by; (4) – Descarga dos dados na EG; (5) – EG (Malheiro, 2011).

Para ser excluída a necessidade de recolha local das leituras, através da integração de um elemento concentrador, é preciso contar com um maior investimento inicial e a manutenção permanente da rede de comunicações. Para maior rentabilidade do sistema revela-se importante o cruzamento de informação sobre caudal, ao nível de sectores da rede, com informação sobre consumos domésticos. Cruzando deste modo os dados a vários níveis de telemetria, o que possibilita um melhor conhecimento da situação da rede e um apoio à setorização (Alegre, et al., 2005).

2.11.2. POTENCIALIDADES DOS SISTEMAS DE TELEMETRIA DOMICILIÁRIA

Os STD apresentam uma ampla gama de mais-valias que podem justificar a sua instalação. Os dados recolhidos com esta tecnologia podem ser usados numa grande diversidade de serviços, o que poderá tornar bastante viável a compra do equipamento.

Na leitura dos contadores os STD podem potenciar o decréscimo dos custos gerais associados à recolha das leituras, principalmente pela falta de necessidade de entrar em casa do cliente, pelo maior número de leituras recolhido numa só rota, e a facilidade de fazer a leitura mesmo em local de difícil acesso. No caso de o sistema ser incorporado com concentradores, os custos de fazer as leituras deixam mesmo de existir, apesar de se ter outro tipo de custos, como se referirá mais adiante. É possível ainda obter-se leituras de consumo com maior frequência, o que se revela importante principalmente no caso de clientes com consumo mais irregular. A obtenção de leituras de consumo com maior credibilidade e a eliminação da necessidade de leituras estimadas (Malheiro, 2011).

Também no sistema de faturação e gestão de clientes a telemetria apresenta possibilidades de melhores resultados, como a minimização das leituras por estimativa, o conseqüente decréscimo de volume não faturado, diminuição do número de reclamações pelos consumidores inculcando uma melhoria dos serviços prestados (Pinheiro, 2008). Uma das mais interessantes possibilidades que um STD apresenta está relacionado com a hipótese de implementação de políticas tarifárias segmentadas por períodos noturnos ou de menor consumo, tal como já é praticado no consumo de energia elétrica (Medeiros, et al., 2007).

Até na gestão do parque de contadores a telemetria apresenta significantes mais-valias. O conhecimento da EG sobre o estado do contador através da emissão de alertas é um dos mais relevantes aspetos associados a esta tecnologia. Os alertas emitidos pelo sistema podem ser das mais diversificadas situações; o estado das baterias, a desmontagem, alteração ou remoção do contador e informação de roturas no interior da habitação. Também deste modo a EG vai adquirindo uma melhor informação à medida que vai substituindo os contadores antigos, vindo a adquirir contadores mais fiáveis no decorrer do processo (Medeiros, et al., 2007).

A informação disponibilizada através da telemetria pode ser ainda ser útil no conhecimento dos perfis de consumo dos clientes e na deteção de roturas nas redes prediais. O conhecimento dos consumos diários noturnos é outra das importantes informações que pode ser obtida através da telecontagem (Malheiro, 2011).

A instalação destes sistemas tem capacidade até de fomentar o desenvolvimento de novas áreas de negócio, com a criação de serviços adicionais para os clientes, como a possibilidade de conhecimento atualizado do estado de consumo. Num estudo realizado pela Universidade de Oxford refere-se que a eletricidade de consumidores que tomavam conhecimento direto do sistema de telemetria reduziu o consumo de 5 a 15%, ora uma situação semelhante a esta pode também suceder no consumo de água (Malheiro, 2011).

Relativamente aos recursos humanos que anteriormente seriam necessários na recolha das leituras, podem depois da implementação desta tecnologia ser valorizados, através da atribuição de novas atividades, como na manutenção dos STD ou o controlo ativo dos locais de abastecimento (Medeiros, et al., 2007).

2.11.3. DESAFIOS NA INSTALAÇÃO DA TELECONTAGEM

Além das vantagens descritas no item anterior, como nos mais diversificados sistemas, a telemetria apresenta alguns aspetos que uma EG deve colocar na balança da ponderação no momento de decidir a instalação de um STD. Apesar dos recentes desenvolvimentos tecnológicos que vieram em muito reduzir os seus custos de implementação, a relação custo-benefício não é ainda fácil de quantificar, apresentando alguns desafios à EG (Medeiros, et al., 2007).

Parece claro que depois da instalação destes sistemas um dos problemas com que a EG se vai deparar será a capacidade para tratar da grande quantidade de dados. Por isso há necessidade de dispor de um sistema de faturação e gestão de cliente mais eficiente do que aquele que eventualmente seria suficiente no sistema de faturação tradicional. É ainda compreensível a necessidade de contar com um melhor sistema de armazenamento de dados, com novo software

e equipamentos de comunicação para fazer face às novas situações, como uma comunicação de alerta a um consumidor (Malheiro, 2011).

A reestruturação de roteiros de recolha de leituras, caso estas sejam recolhidas através de sistemas portáteis, será outra das adaptações pela qual a EG terá que passar (Malheiro, 2011).

A necessidade de formação de pessoal no STD, designadamente os anteriores leitores e pessoal da manutenção, no sentido de alteração de atividades destes contribuidores a novas tarefas com diferentes níveis de conhecimento (Malheiro, 2011).

Um significativo investimento inicial, que muitas vezes não se limita aos equipamentos necessários à telemetria, mas também a novos contadores que sejam compatíveis com o processo. Também na permanente manutenção do sistema é preciso contar com a disponibilidade de verbas e recursos humanos (Malheiro, 2011).

Certos sistemas de telemetria fornecem dados de forma simplória, que necessitam de tratamento prévio para terem condições de avaliação e gestão da informação. A criação de novas plataformas de informação, caso a EG pretenda explorar as potencialidades da facultação de acesso de cada cliente aos próprios consumos (Malheiro, 2011).

Assim uma análise custo-benefício da aplicação de STD requiere a consideração do histórico de todos os custos associados ao sistema de leituras anterior e a sua comparação com a totalidade dos benefícios que poderão vir a ser explorados (Malheiro, 2011).

2.11.4. TELEMETRIA NO COMBATE ÀS PERDAS APARENTES

Como também foi antes expresso, as perdas de água quantificam-se como a diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado. Sabe-se também que as perdas de água subdividem-se em perdas reais e aparentes. A questão que surge é de saber qual a percentagem de água perdida que corresponde a cada um dos tipos de perdas. É importante saber estes valores porque perdas reais e aparentes não se combatem da mesma forma (Medeiros, et al., 2007).

Uma EG precisa conhecer o estado da sua rede, os seus perfis de consumo, assim como o local onde a água que entra no sistema é consumida. Assim, a telemetria, surge como uma ferramenta que fornece a informação necessária e num instante em que a empresa mais precisa faculta a informação do consumo de cada cliente. Além disto, e mais diretamente no combate às perdas aparentes, a telemetria alerta a entidade no caso de uma diversidade de irregularidades. Por estes e outros motivos que se refere adiante, esta tecnologia apresenta-se como uma mais-valia no controlo de perdas aparentes (Medeiros, et al., 2007).

No combate aos erros de medição a telecontagem assume um papel importante. Ao ser necessário integrar um contador com características de compatibilidade com os módulos de comunicação, há uma substituição dos contadores antigos, logo uma menor probabilidade de existência de subcontagem por desgaste do contador. Também o STD emite um alerta no caso de o contador permanecer parado ou bloqueado, este que também era um forte elemento contribuidor das perdas aparentes (Malheiro, 2011).

Já nos erros humanos, a principal causa deste tipo de incorreções, que se verifica no processo de leitura, é eliminada com o processamento automático da informação (Malheiro, 2011).

Outro dos elementos que constituem as perdas aparentes e que é mais fortemente combatido é o consumo não autorizado. Aqui, grande parte das alternativas que o consumidor fraudulento tinha para praticar um consumo irregular é eliminada. Um alerta é emitido caso o contador sofra alguma intervenção, como o desmonte, inversão do sentido do escoamento, retirada do módulo de transmissão de impulsos. Caso o contador permaneça parado por tempo significativo, também é uma situação de alerta, ora aqui, enquadram-se irregularidades como as ligações diretas ou bypass (Malheiro, 2011).

Em relação a os erros informáticos, o contributo da telecontagem não é tão significativo quanto para os restantes componentes, embora a necessidade de uma reestruturação nos sistemas para a implementação de STD torna-se essencial para uma utilização eficiente desta tecnologia, para que possa apresentar-se como uma mais-valia para a EG (Medeiros, et al., 2007).

Além das vantagens apresentadas anteriormente, a EG ao dispor de elementos com maior fiabilidade, sem necessidade de estimativas sobre o estado do consumo da rede, pode mais facilmente colocar em prática políticas no controlo ativo de perdas. Pode, igualmente, obter um balanço hídrico atualizado e tomar conhecimento de possíveis situações de rotura, de uma forma mais célere (Malheiro, 2011).

2.12. APLICABILIDADE DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM SAA

Os sistemas de informação geográfica (SIG) surgiram nos anos 60 e o seu desenvolvimento foi muito lento pois o equipamento utilizado não possuía a capacidade de processamento e o manuseamento da informação geográfica necessária, o que impedia a sua utilização. Esta situação só se alterou na década de 90, quando o hardware começou a dar resposta às necessidades impostas (Teixeira, 2014).

Os SIG tal como os sistemas de informação (SI) tradicionais integram hardware, software, dados e também capital humano. A principal diferença e vantagem dos SIG relativamente aos SI está na componente geográfica. Um SIG é uma ferramenta informática que permite gerir toda a informação baseada na localização geográfica. O objetivo de um SIG é combinar dados de diversas fontes de forma a criar novas informações e fornecer uma ferramenta espacial de apoio à decisão (ESRI, 2020).

Os SIG permitem ver, compreender, questionar, interpretar e visualizar dados de muitas formas, mostrando relações, padrões e tendências espaciais, concretizadas em mapas, globos, relatórios ou gráficos (ESRI, 2020).

As aplicações dos SIG são de uma extrema diversidade, tratando de fenómenos físicos e humanos nos mais diversos campos. Segundo um estudo de mercado realizado pela Dataquest as aplicações SIG dividem-se em nove categorias distintas, a saber, dados de base, informações sobre o solo, usos da biologia, aplicações na geociência, gestão de infraestruturas, utilities, marketing e vendas, geopolítica e, por último, cartografia ou desenvolvimento de mapas (Oliveira, 2013)

Atualmente os SIG, por permitirem a integração e o tratamento conjunto de grandes volumes de informação espacial e de outros tipos num mesmo sistema, são a ferramenta de análise geográfica, por excelência e se utilizada de forma adequada, pode ser de extrema utilidade na gestão de uma EG, proporcionando uma otimização dos recursos, e auxiliando numa melhor tomada de decisão (Coelho, 2017).

A expansão dos SIG tem permitido a difusão da análise de redes, tornando-se uma metodologia indispensável na resolução de redes de transportes, de distribuição de água, de saneamento, cadastro de clientes, entre muitas outras (Coelho, 2017).

Ao nível do setor da água, são objetivos comunitários promover a fiabilidade, eficácia e eficiência operacional dos sistemas de abastecimento de água, a prossecução de tais objetivos pressupõe um elevado esforço de informação apropriada que sustente as diversas tomadas de posição. Com um SIG adequado é possível ter um conhecimento real dos problemas, dispor de informação técnica que valide as alternativas a analisar e ter capacidade de decisão (Oliveira, 2013).

A disponibilidade da informação reveste-se da maior importância, não só no conteúdo como, também, na forma em que é apresentada e partilhada. Para tal, nada melhor do que a criação de um SIG único, que integre informação relativa à qualidade da água, dados climatológicos, monitorização de caudais e características das infraestruturas hidráulicas pertencentes ao sistema de abastecimento de água, numa base de dados relacional e num ambiente de multiutilizadores, para uma posterior distribuição desses mesmos dados (ESRI, 2020).

Pelos motivos evidenciados anteriormente e também devido ao forte crescimento dos meios urbanos nas últimas décadas o consumo de água aumentou significativamente, sendo que, estes sistemas de abastecimento de água atingiram uma complexidade tal que, atualmente, se torna impraticável, para uma EG, gerir um sistema desta natureza sem qualquer tipo de apoio dos sistemas de informação (Oliveira, 2013).

Os SIG assumem particular importância nos sistemas de abastecimento de água dado possibilitarem monitorizar, modelar e mapear as redes de distribuição, permitindo auxiliar a manutenção das mesmas. Estes sistemas além de efetuarem a modelação hidráulica e da qualidade da água facultam a sua exportação para software de análise de redes, como o caso do EPANET. No entanto, estas ferramentas destacam-se neste campo devido ao aumento da produtividade, permitindo a realização dos mesmos trabalhos num menor período de tempo. Outro facto importante e onde os SIG se destacam é na diminuição do volume de informação em papel que as entidades armazenam, devido à necessidade constante de cartografia e outra informação relevante para a gestão das redes de distribuição. Estes sistemas de informação permitem o armazenamento da informação e facilitam o acesso à mesma (Oliveira, 2013).

Os SIG, associados a um sistema de abastecimento de água, têm demonstrado o seu elevado poder na criação de um cadastro o mais aproximado possível da realidade do território concelhio, na integração do cadastro com as bases de dados já existentes nas EG, na disponibilização interna da informação em tempo real e ainda na modelação da rede de abastecimento de água (ESRI, 2020).

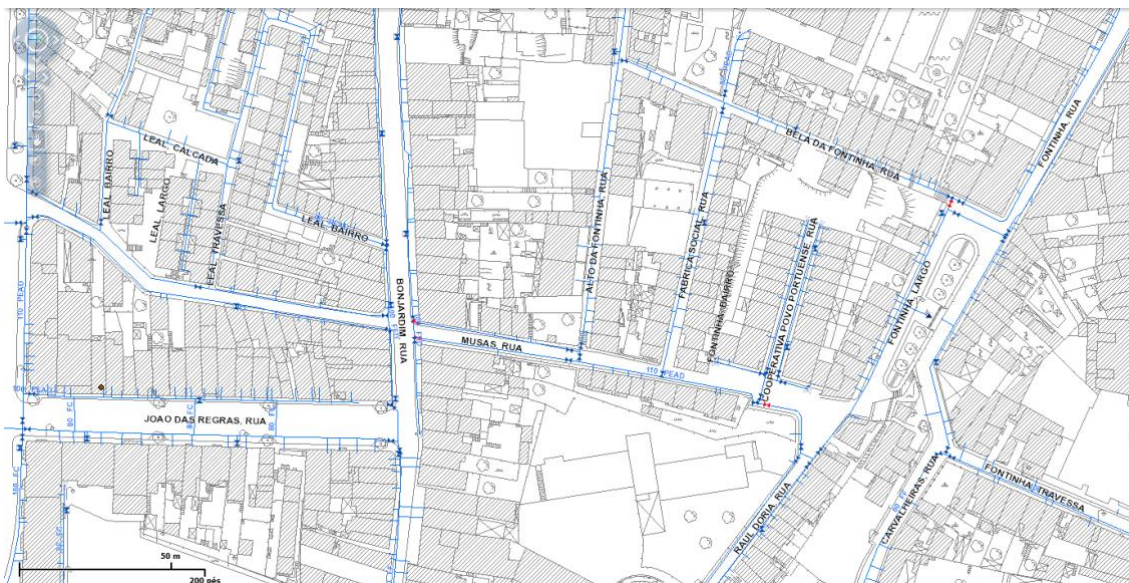


Figura 23: Exemplo de uma modelação da rede de abastecimentos de água (AdPorto).

O cadastro digital das infraestruturas de abastecimento de água é de extrema importância, uma vez que se torna mais fácil e dinâmico a manipulação de dados que se encontram georreferenciados no sistema. Esta georreferenciação permite calcular as taxas de cobertura territorial atingidas pelas redes de abastecimento de água, considerando a extensão das redes instaladas e das ruas que lhes correspondem (Oliveira, 2013).

Sem este cadastro, disponibilizado pela empresa AdPorto, a realização deste trabalho não seria possível, demonstrando a importância desta ferramenta na otimização dos recursos de uma entidade gestora.

Relativamente ao controlo das perdas reais nas EG dos sistemas de abastecimento de água com recurso aos SIG, destacam-se a possibilidade de verificação das áreas servidas pelas infraestruturas em questão, do seu estado de conservação, procedimentos a adotar na deteção de fugas, entre muitos outros. No entanto, é no fornecimento imediato de informação aquando a ocorrência de rutura e o risco proveniente da mesma que este tipo de sistema se distingue. Estes serviços disponibilizados pelos SIG auxiliam na identificação de áreas de reabilitação e/ou substituição de infraestruturas, de forma a minorar as situações de perdas, aumentando a fiabilidade dos sistemas e a gestão racional dos mesmos (Vieira, 2011).

Os SIG facilitam a disponibilização de respostas a eventuais questões que possam surgir, já que permitem ter informação espacial da rede. Deste modo é praticável o armazenamento de informação relativa aos sistemas, sendo que a atualização destes dados se processa de forma rápida e eficaz (Vieira, 2011).

É ainda possível verificar que os SIG são de extrema importância para a gestão dos clientes, já que possibilita o armazenamento de dados dos mesmos, como o caso da sua georreferenciação e da sua respetiva morada (arruamento e número de identificação da habitação). Estes dados, auxiliam as análises relacionadas com as leituras dos contadores dos consumidores por parte dos

técnicos de leitura da EG. Este assunto será abordado de seguida, já que se trata do tema fulcral da presente dissertação, o processamento e otimização de rotas com o apoio dos SIG (Oliveira, 2013).

2.12.1. ANÁLISE DE REDES E PROCESSAMENTO DE ROTAS

Não faria sentido abordar o processamento de rotas sem antes analisar as redes e os modelos de dados das redes. Por esse motivo, serão estudados estes dois temas no presente tópico.

A análise de redes tem revelado uma elevada utilidade na aplicação a problemas de investigação operacional, como redes de comunicação (estradas, caminhos de ferro, telefones, energia elétrica, etc.), planeamento de tarefas, problemas associados à produção ou distribuição de um determinado bem (Leite, 2014).

As soluções de problemas de transporte baseiam-se na análise de redes. Através da análise, podemos fazer diversos cálculos, que resolvem problemas como o do percurso (caminho) mais curto, o do percurso mais rápido e o do percurso de custo mínimo. Uma análise de rede depende então da característica de ligação, ou seja, o custo. O custo pode ser da ordem da distância, do tempo, da velocidade possível de condução ou da velocidade pedonal (Amaral, 2017).

O uso de redes é requerido quando se pretende conhecer o melhor caminho entre uma dada origem e um determinado destino. O caminho pensado como ótimo é o processo de cálculo da melhor rota entre estas duas localizações, passando por todos os outros pontos considerados como paragens obrigatórias. A melhor rota pode ser a mais rápida, a mais curta, a mais económica, dependendo da preferência do utilizador SIG, que define “melhor”, relativamente aos atributos disponíveis para a pesquisa. Exemplos desta determinação são o caminho mais rápido entre a estação dos bombeiros e o local do incêndio, o caminho mais curto para o desvio de águas quando é dada uma obstrução na rede, ou ainda o caminho mais económico para uma rota de entregas com vários pontos de paragem (Oliveira, 2013).

Uma rede, interpretada através de um grafo, representa a interação ou o movimento entre vários locais definidos por pontos. Assim, os problemas de otimização de circuitos podem ser explicados recorrendo à teoria dos grafos. Um grafo é uma estrutura matemática que representa relações entre entidades, como se encontra representado na Figura 24. Consiste na organização dos elementos geométricos numa estrutura definida por um conjunto de nós e um conjunto de arcos. Os nós são localizações pontuais onde o fluxo do movimento se inicia, termina ou se transmite. São os vértices que representam interseções, mudanças e pontos de confluência, estando diretamente associados à conectividade. Os arcos, ou ligações, representam-se por linhas que unem os nós e são os condutores do fluxo entre eles. Estes podem ou não ser direcionados, consoante a existência de uma limitação na direção do fluxo (estradas de sentido único). Representam os segmentos de transporte entre os nós, revelando a direção segundo a qual o transporte pode ser efetuado (Leite, 2014).

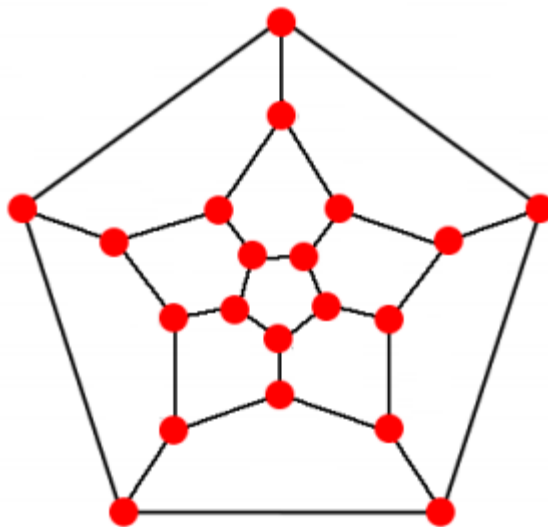


Figura 24: Exemplo de um grafo (Mac, 2020).

Existem vários algoritmos comuns à Teoria dos Grafos, entre eles, o caminho do custo mínimo e o caminho mais curto. Quanto ao caminho de custo mínimo, este algoritmo baseia-se no peso atribuído a cada arco da rede, alcançando o caminho de menor peso. O custo é a característica da ligação da qual vai depender a análise pretendida, podendo ser o comprimento, o tempo, a velocidade, ou ainda outros fatores. Os problemas de caminho mais curto compreendem a determinação do caminho ou rota de menor tamanho entre dois nós de uma rede. O caminho ótimo é aquele que apresenta uma sequência de arcos conectando o nó de origem e o nó de destino de tal forma que a soma dos valores dos arcos no caminho é minimizada (Oliveira, 2013)

A tecnologia SIG fornece uma boa solução para o problema da análise de redes com o propósito de cálculo de rotas, uma vez que consegue ter em consideração várias fontes de informação das componentes físicas da rede. Ou seja, depois de elaborada a rede, dimensionada a base de dados geográfica é possível iniciar o processamento de rotas (Leite, 2014).

Nos últimos anos foram muitos os avanços em técnicas de otimização e em tecnologia computacional que disseminaram a utilização de softwares complexos na resolução de problemas relacionados com o caminho ótimo. Isto porque, com a utilização de bases de dados geográficas em SIG associadas a interfaces gráficas interativas, foi possível propiciar ao utilizador um ambiente de simples manuseamento dos dados (Oliveira, 2013).

Para ser possível determinar rotas de um conjunto de pontos é sempre necessária uma correta preparação dos dados, implicando a geração de ficheiros de dados específicos da rede em causa, tomando em consideração a informação de restrições e custos impostos à rede (Amaral, 2017).

Como já foi mencionado anteriormente, o cálculo da melhor rota relaciona-se com o itinerário ótimo que minimiza a distância ou o tempo total percorrido. Para se obter este itinerário são utilizados algoritmos que sejam capazes de construir uma rota onde se visite todos os pontos que se pretende sem se repetir nenhum deles. Existem ainda mais especificações técnicas, como o caso de se pretender começar e /ou terminar em pontos específicos da rede (Oliveira, 2013).

2.12.2. OTIMIZAÇÃO DE ROTAS COM NETWORK ANALYST

O processamento ou a otimização de rotas já existentes podem ser efetuados recorrendo a uma variedade de ferramentas, sendo que a maioria delas passa pela resolução de algoritmos bastante complexos. Por este motivo é, vulgarmente, utilizado um software que permita realizar análises de redes com dados geográficos, como o caso do Network Analyst, extensão do ArcGIS 10.1. A utilização de um software deste tipo confere uma garantia fiável no cálculo das rotas devido às suas características e potencialidades (Oliveira, 2013).

O Network Analyst foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar os utilizadores SIG na resolução de uma variedade de problemas de análise de redes e na sua utilização eficiente, incluindo o traçado da melhor rota entre dois ou mais pontos. Contudo esta não é a única funcionalidade desta ferramenta, já que possibilita a modelação da rede, de forma dinâmica, realística e atendendo às características da rede, obtém direções, mapas extensíveis e com capacidade de geração automática, realiza matrizes de custo (origem-destino), define polígonos complexos com as áreas de atuação, utiliza redes multimodais, entre outros (ESRI, 2020).

Para ser possível o cálculo ou a otimização das rotas é necessária uma rede que contenha segmentos de reta ligados, aos quais são atribuídos custos associados à passagem sobre os mesmos, bem como outras características da rede. O problema do custo pode ser de complexidade variável, consoante o problema em questão, já que a impedância pode ser definida pela distância como pelo tempo, por exemplo (Oliveira, 2013).

Desenvolvido para solucionar problemas de diferente complexidade, o Network Analyst encerra dois métodos de cálculo de percursos: um método exato, baseado no algoritmo de Dijkstra e um método heurístico, que resulta de uma extensão do Problema do Caixeiro Viajante (PCV), do inglês Travelling Salesperson Problem. É importante ter em atenção que o respetivo uso depende da aplicação em causa (Oliveira, 2013).

Os algoritmos mencionados são algoritmos fechados, isto é, são propriedade privada da entidade que os desenvolveu, a ESRI, inacessíveis ao utilizador comum. O que se conhece destes algoritmos é a informação constante nos manuais de informação disponibilizados pela entidade que os desenvolveu e comercializa. Devido a este facto, em seguida serão então analisados os algoritmos utilizados pelo Network Analyst, a fim de entender melhor a sua utilização (Oliveira, 2013).

As aplicações relacionadas com a elaboração de matrizes de custo, delimitação da área de influência e a procura de instalações mais próximas baseiam-se no algoritmo de Dijkstra (Duarte et al., 2019).

O algoritmo de Dijkstra, cujo esquema é apresentado na Figura 25, é o mais simples de cálculos de caminhos, apesar de, até aos dias de hoje, vários algoritmos terem sido desenvolvidos, a sua função é procurar o caminho mais curto entre duas arestas do mesmo grafo, assim calcula o custo mínimo de um vértice para todos os outros vértices dentro do mesmo grafo (Duarte et al., 2019).

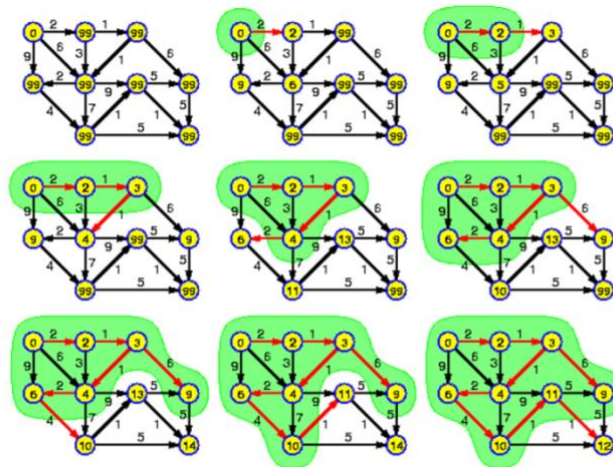


Figura 25: Algoritmo de Dijkstra (Duarte et al., 2019).

Segundo (Duarte et al., 2019) o algoritmo parte de uma estimativa inicial para o custo mínimo e vai ajustando sucessivamente essa estimativa. Enquanto vai percorrendo o grafo, o algoritmo vai considerar fechar o vértice assim que obtiver o custo mínimo do vértice do caminho principal, caso não represente o custo mínimo vai permanecer em aberto. A referida análise é executada a partir dos valores entre cada vértice, e neste caso é considerado as distâncias. Quando forem executados todos os vértices, será apresentada a solução que terá o menor custo. Este algoritmo é simples e rápido embora não garanta os melhores resultados sempre que existam arcos com valores negativos, a velocidade de execução pode diminuir muito nas situações mais complexas e mais amplas.

Contudo, é importante mencionar que, para ser utilizado num contexto real de transporte, este algoritmo foi modificado de modo a respeitar certas restrições, tais como sentidos das vias, proibições, barreiras e constrangimentos da via. Além disso, o algoritmo foi preparado de modo a permitir modelar as localizações na rede em qualquer lugar da mesma e não apenas nos nós (Duarte et al., 2019).

Quando o objetivo é a determinação do melhor percurso entre dois ou vários pontos a solução permite encontrar o melhor trajeto para percorrer vários pontos seguindo uma ordem previamente conhecida, ou então também é possível encontrar o melhor percurso e uma nova sequência, para percorrer os vários pontos. Se, para determinar o melhor trajeto a percorrer na visita de um conjunto de pontos seguindo uma ordem previamente conhecida esta ferramenta utiliza o algoritmo de Dijkstra, a formulação do melhor trajeto para percorrer um conjunto de pontos cuja sequência é desconhecida corresponde à utilização do Problema do Caixeiro Viajante. Como para o caso de estudo desta dissertação o objetivo é processar a melhor rota para percorrer um conjunto de pontos sem uma sequência definida, é de extrema importância abordar este algoritmo de forma mais incisiva, como acontecerá de seguida (Oliveira, 2013).

O PCV tem como objetivo a determinação de um único circuito que vai ser percorrido por um dado veículo, que se desloca a cada nó apenas uma vez e cujo custo associado é mínimo, pode incluir restrições a respeitar, tais como, a capacidade dos veículos e janelas temporais de visita, gerando uma solução que respeita aquelas restrições enquanto minimiza uma função objetivo composta por custos operacionais e preferência dos utilizadores (Leite, 2014).

Esta função começa por gerar uma matriz de custos origem-destino entre todas as localizações da rede (pontos de partida, de chegada e locais a visitar), baseada no algoritmo de Dijkstra. Utilizando esta matriz de custos, e com base em métodos heurísticos é então possível construir uma solução inicial atribuindo-se os pontos de visita ao percurso mais adequado (Duarte et al., 2019).

Os algoritmos heurísticos foram produzidos com o objetivo de serem de fácil execução e implementação e que produzissem resultados de boa qualidade. Num determinado problema o ideal seria analisar todas as soluções possíveis para chegar à melhor, no entanto, as heurísticas têm a desvantagem de explorar parcialmente a totalidade das soluções possíveis, ou seja, adotam uma estratégia que se apoiam numa abordagem intuitiva, isto é, não garantem se uma solução é ótima ou o quão próximo está da solução ótima, mas encontram soluções boas num tempo razoável (Duarte et al., 2019).

Depois de analisados com algum pormenor os algoritmos que fazem parte do Network Analyst, é necessário abordar outro assunto não menos importante, a rede viária (network dataset) que dele faz parte integrante. Como já foi referido anteriormente uma rede é um conjunto de linhas, chamados de arcos e um conjunto de pontos, designados por nós, onde se dá a interseção das linhas. No caso da rede viária os arruamentos correspondem aos arcos e os cruzamentos ou entroncamentos correspondem aos nós da rede. Em seguida, na Figura 26, é possível visualizar um exemplo de uma rede viária utilizada pelo Network Analyst (Oliveira, 2013).

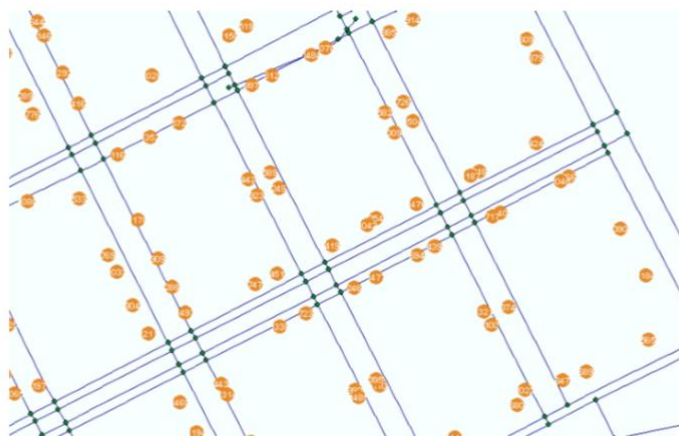


Figura 26: Esquema de uma rede viária com os locais de Paragem (AdPorto).

É este tipo de rede que constitui a estrutura principal de dados para aplicação de um software de análise de redes, constituindo uma precedência à utilização de qualquer funcionalidade da ferramenta em questão. Dependendo do objetivo do trabalho pode ser necessário caracterizar alguns elementos da rede, isto é, associar um conjunto de atributos de modo a caracterizar cada elemento da rede. Como exemplos de atributos da rede viária temos os sentidos da via, a sua largura, proibições, o comprimento dos troços que constituem a rede viária, entre outros (Oliveira, 2013).

Os principais erros associados ao Network Analyst devem-se a falhas na rede viária. Estas falhas, por norma, são faltas de conectividade entre linhas, fazendo com que não seja possível traçar uma ligação entre pontos. A correção destes erros é facilitada pela máxima atenção do técnico aquando da construção da rede, uma vez que pouco mais há a fazer em relação a estas falhas (Oliveira, 2013).

Depois de construída a rede apenas é necessário adicionar os locais de paragem (network locations), sendo que estes objetos estão ligados à rede, como exemplifica a Figura 26, e são usados como dados de entrada. Estes pontos estão posicionados junto ou sobre a rede, localizam-se geograficamente e possuem alguns atributos obrigatórios (Oliveira, 2013).

Os locais de paragem só representam uma localização válida na rede se a sua geometria estiver dentro da tolerância de pesquisa das linhas que constituem a rede viária. Por defeito a tolerância definida pelo software é de cinco mil metros, no entanto, esta tolerância pode ser alterada. Estas localizações podem ser introduzidas no programa por três métodos distintos, a saber, criando localizações interativamente, carregando as localizações a partir de dados existentes ou então carregando as localizações a partir de endereços conhecidos (Amaral, 2017)

Posteriormente à construção da rede e ao carregamento dos locais de paragem é necessário definir algumas propriedades, como as unidades da impedância, optar ou não por ignorar os locais que não forem considerados válidos e ainda selecionar se pretende reordenar os locais de paragem para obter uma rota mais eficiente, ou então se pretende encontrar o melhor trajeto seguindo uma ordem previamente conhecida (Oliveira, 2013).

Por último, mas não menos importante, é o processamento da rota pelo Network Analyst, sendo que esta etapa apenas é possível quando todas as outras fases se encontram concluídas. O processamento da rota pode ser bastante demorado, uma vez que o PCV possui ordem de complexidade exponencial, isto é, o esforço computacional para a sua resolução aumenta exponencialmente com o número de pontos a serem visitados (Oliveira, 2013).

3

ÁGUAS DO PORTO, E.M.

3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Águas do Porto, EM é uma empresa municipal, cujo capital social é detido, na sua totalidade, pela Câmara Municipal do Porto. Constituída em outubro de 2006, dando continuidade aos serviços prestados pelos antigos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento do Porto (SMAS do Porto), abrangendo atualmente novas áreas de atuação, correspondendo o seu objeto social à gestão integrada e sustentável de todo o ciclo urbano da água no município do Porto, Figura 27.

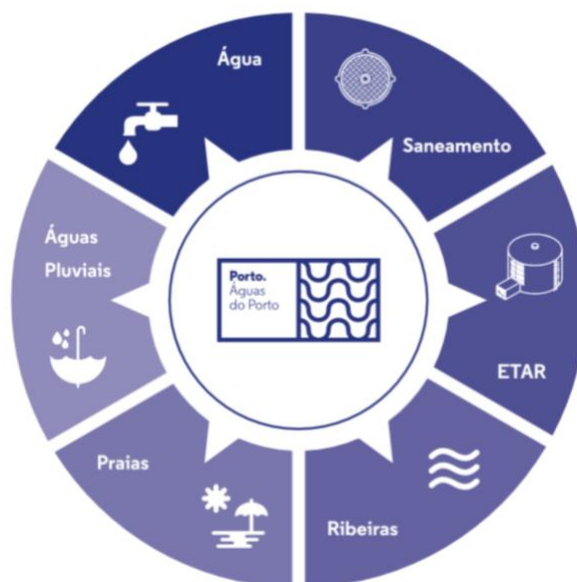


Figura 27: Gestão integrada do ciclo urbano da água (AdPorto, 2018).

Tem como principal missão garantir a gestão completa e eficaz do ciclo urbano da água, criando valor económico e social, desenvolvendo boas práticas ambientais, de gestão e de motivação interna, englobando as seguintes atividades (AdPorto, 2018):

- Distribuição de água;
- Drenagem e tratamento de águas residuais;
- Drenagem de águas pluviais;
- Reabilitação e renaturalização de rios e ribeiras urbanas;
- Melhoria das áreas e águas balneares;
- Promoção da educação ambiental e da participação pública.

A AdPorto está estruturada de acordo com o organograma apresentado na Figura 28 (AdPorto, 2020a).

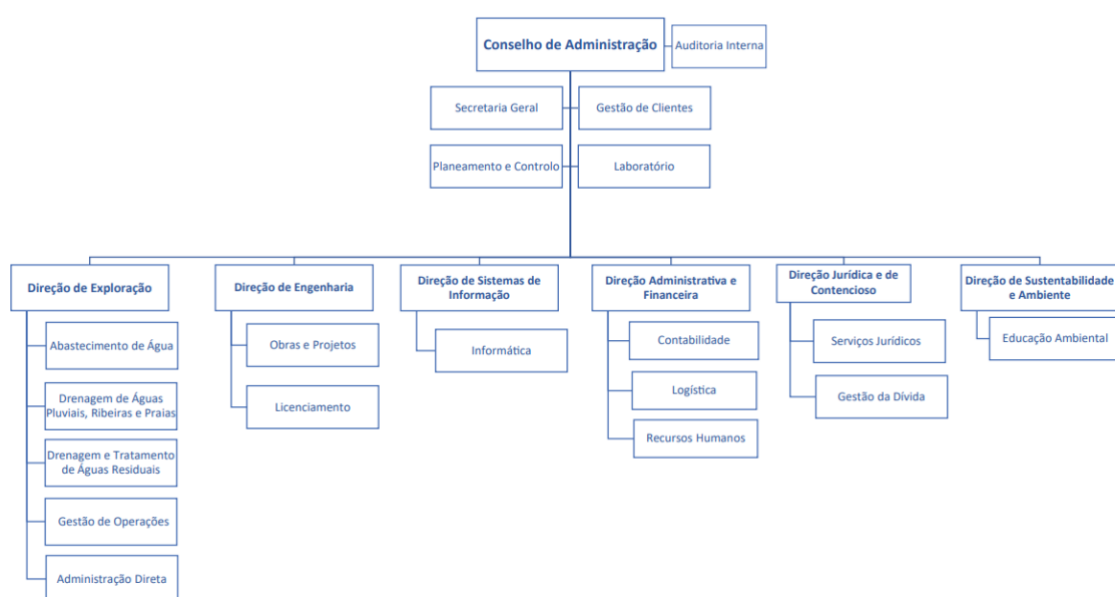


Figura 28: Organograma AdPorto (AdPorto, 2020a).

Esta é uma das maiores empresas portuguesas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, servindo 156 920 clientes (Tabela 3) e um equivalente populacional de 370 000 habitantes na cidade do Porto. Em média são fornecidos, 57 747 m³ de água por dia aos portuenses, sendo que, neste sentido, se verificou um nível de atendimento à população do concelho do Porto, em termos de abastecimento de água, de 100 % (AdPorto, 2018).

Tabela 3: Evolução do n.º de clientes por tipologia de consumo (AdPorto, 2018).

Tipo de Cliente	2018	2017
Doméstico	127 103	128 498
Social	440	467
Empresarial	27 908	25 251
Público	341	346
Autárquico	1 081	1 081
Próprios	47	24
Total	156 920	155 667

Pela observação da tabela 3, verifica-se que, os consumidores domésticos representavam 81% do universo total de clientes, seguindo-se os consumidores do setor empresarial com um peso de 17,8%. Assistiu-se a um claro reforço dos clientes empresariais, que, em termos absolutos, se traduziu em mais 2 657. As restantes tipologias apresentaram um peso residual na estrutura de clientes da empresa (1,2%) (AdPorto, 2018).

O controlo da qualidade da água fornecida aos consumidores é da responsabilidade do Laboratório de Análises da Empresa, que realiza 40 671 análises por ano à água distribuída, das quais 33 536 são na rede pública e 7 135 na rede predial, de modo a assegurar o cumprimento dos exigentes padrões de qualidade impostos pela legislação europeia e portuguesa (AdPorto, 2018).

3.1.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO PORTO

A componente do sistema em alta é da responsabilidade da empresa AdDP – Águas do Douro e Paiva, S.A., cujo sistema adutor se desenvolve desde as captações de Lever I – Gaia, Lever II – Porto e ETA de Lever até aos reservatórios multimunicipais de Jovim e de Ramalde. A partir destes, o abastecimento realiza-se através de dois eixos adutores da responsabilidade da AdDP: um a norte através da Estrada da Circunvalação (42% do consumo total) e outro a sul que abastece o reservatório de Nova Sintra (58% do consumo total) (AdPorto, 2020b).

A água é fornecida à AdPorto através de 12 pontos de entrega (PE), os quais se encontram distribuídos pelos eixos adutores. A partir dos PE, a água é encaminhada para seis reservatórios municipais (Bonfim, Carvalhido, Congregados, Nova Sintra, Pasteleira e Santo Isidro) e, de forma direta, para a rede de distribuição ao longo do eixo adutor da Estrada da Circunvalação. Os seis reservatórios do sistema em baixa constituem uma capacidade máxima de armazenamento de 125 450 m³, que corresponde a uma reserva média superior a 2 dias de consumo (AdPorto, 2020b).

Na Figura 29 é possível observar o SAA do Porto.

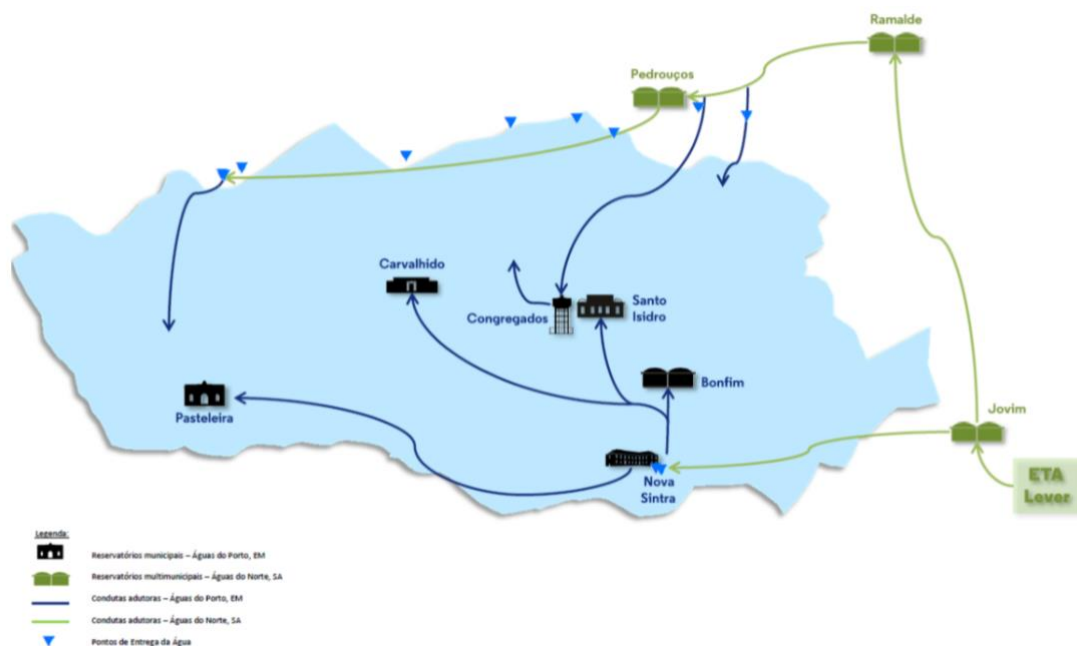


Figura 29: Sistema de Abastecimento de Água do Porto (AdPorto, 2020b).

A rede de distribuição de água tem uma extensão total de 818 km, sendo que 59 km correspondem a condutas adutoras e 759 km a condutas distribuidoras, e possui cerca de 71 000 ramais domiciliários (AdPorto, 2020b).

Graças ao Projeto “Porto Gravítico”, a água é distribuída de forma gravítica a praticamente toda a cidade (aproximadamente 96%), à exceção da zona de cota mais elevada da cidade, designada de Congregados Superior (com cerca de 9 000 clientes) (AdPorto, 2020b).

3.1.2. INDICADORES DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

Para a avaliação da qualidade do serviço referente a 2018, prestado pelas entidades de abastecimento público de água apresenta-se a média ponderada dos indicadores, tendo como referência o Guia de avaliação, para a EG Águas do Porto, EM, como se verifica na tabela seguinte.

Tabela 4: Avaliação da AdPorto em relação aos indicadores da entidade reguladora (ERSAR, 2018).

Indicador	Avaliação 2018	Valor do indicador (valor de referência)	Fiabilidade dos dados	Histórico 2014 - 2018
ADEQUAÇÃO DA INTERFACE COM O UTILIZADOR				
AA 01 - Acessibilidade física do serviço	●	100 % [95; 100]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 02 - Acessibilidade económica do serviço	●	0,26 % [0; 0,50]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 03 - Ocorrência de falhas no abastecimento	●	0,3 /(1000 ramais.ano) [0,0; 1,0]	★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 04 - Água segura	●	99,50 % [98,50; 100]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 05 - Resposta a reclamações e sugestões	●	100 % 100	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DO SERVIÇO				
AA 06 - Cobertura dos gastos	●	135 % [100; 110]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 07 - Adesão ao serviço	●	92,6 % [95,0; 100]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 08 - Água não faturada	●	17,7 % [0,0; 20,0]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 09 - Reabilitação de condutas	●	1,3 %/ano [1,0; 4,0]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 10 - Ocorrência de avarias em condutas	●	32 /(100 km.ano) [0; 30]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 11 - Adequação dos recursos humanos	●	3,5 /1000 ramais [2,0; 3,0]	★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL				
AA 12 - Perdas reais de água	●	98 l/(ramal.dia) [0; 100]	★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 13 - Eficiência energética de instalações elevatórias	●	0,53 kWh/(m ³ .100m) [0,27; 0,40]	★★★	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
AA 14 - Encaminhamento adequado de lamas do tratamento	—	NA 100		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Avaliação: ● qualidade de serviço boa; ● qualidade de serviço mediana; ● qualidade de serviço insatisfatória; ⊕ alerta; — NA não aplicável; ✗ NR não respondeu

Como é possível verificar no quadro acima, a Águas do Porto manifesta excelentes resultados ao nível dos indicadores da qualidade do serviço referentes ao ano de 2018, apenas apresenta um indicador de qualidade de serviço insatisfatória, nomeadamente, o indicador AA 06 – Cobertura de gastos, que diz respeito à capacidade da entidade gestora para gerar meios próprios de cobertura dos encargos que decorrem do desenvolvimento da sua atividade. De ressaltar, a fiabilidade dos dados disponibilizada pela EG, uma vez que, na maioria dos indicadores apresenta três *, que representa o ótimo.

Estes indicadores interessam apenas para demonstrar os excelentes resultados que esta entidade gestora tem vindo a realizar, relativamente à sua qualidade de serviço, não sendo utilizados no decorrer do trabalho.

3.1.3. ÁGUA NÃO FATURADA

Em 2018, a AES contabilizou um total de 21 077 709 m³ e o volume de AF foi de 17 344 637 m³, o que equivale a uma média diária de 57 747 e 47 520 m³, respetivamente. A diferença entre as duas, isto é, a ANF apresenta um volume total de 3 733 072 m³, o que corresponde a uma média diária de 10 228 m³, ou seja, 17,7% da AES à data (AdPorto, 2018).

A Figura 30 ilustra a evolução do índice de ANF da empresa entre 2013 e 2018, comparando-a com a água adquirida e vendida (AdPorto, 2018).

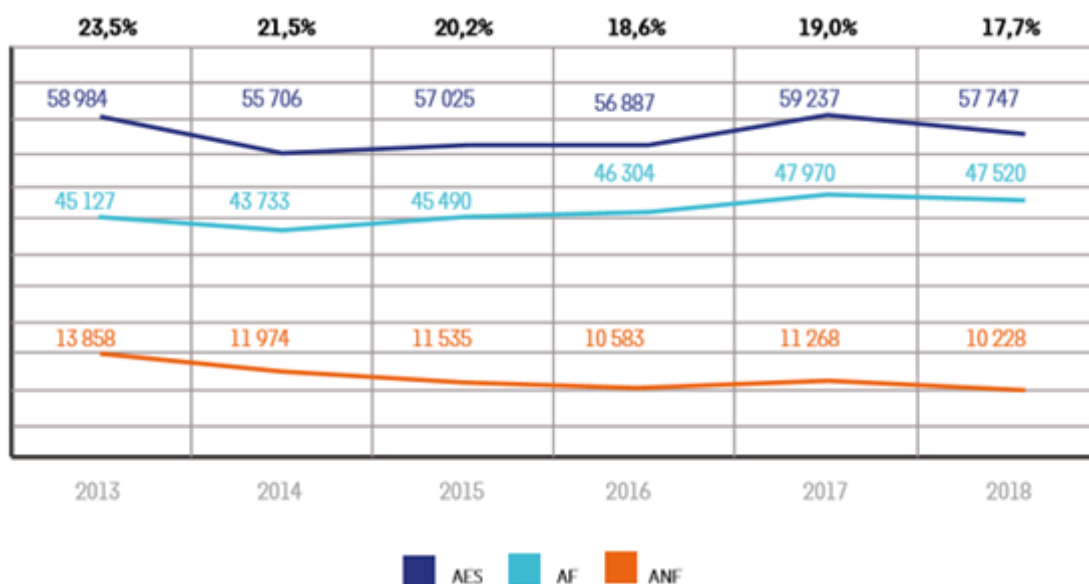


Figura 30: Evolução da água não faturada (m³/dia) entre 2013 e 2018 (AdPorto 2018).

Este desempenho é fruto do reforço da estratégia da Águas do Porto, EM, focada na deteção de roturas e avarias na rede de distribuição de água através do trabalho diário das equipas de controlo ativo de perdas e da rápida intervenção na reparação das anomalias detetadas, assim como na remodelação da rede (condutas problemáticas e com materiais obsoletos) e na renovação do parque de contadores, nomeadamente os equipamentos avariados e em submedição (AdPorto, 2018).

3.1.4. GESTÃO OPERACIONAL

Uma das grandes apostas da Águas do Porto, EM, no ano de 2018 incidiu na recolha e registo de leituras reais, o que culminou num aumento de 5,6%. Assim, a empresa conseguiu mais 73 321 leituras reais do que em 2017. Quanto aos contadores sem leitura há mais de seis meses, o valor diminuiu 24,4%, como resultado, em grande medida, da aposta na recuperação das leituras em atraso e no aumento da fiabilidade da faturação. Do ponto de vista evolutivo, os resultados destes dois indicadores encontram-se espelhados na Figura 31 (AdPorto, 2018).

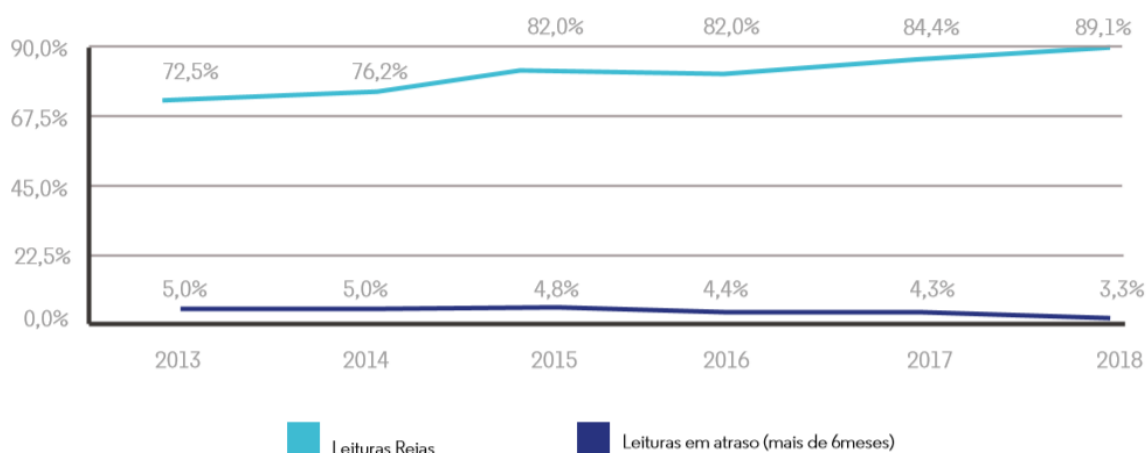


Figura 31: Evolução das leituras reais e das leituras em atraso (2013-2018) (AdPorto, 2018).

No domínio do combate às perdas aparentes, a empresa prosseguiu também a campanha de renovação do parque de contadores, através da substituição criteriosa e seletiva de 15 642 aparelhos. A taxa de substituição de contadores situou-se em 10,1% em 2018, o que representa um aumento de 48,5% relativamente a 2017. Adicionalmente, a política de instalação de contadores inteligentes conduziu à colocação de 2 837 equipamentos munidos de sistema de telemetria, mais 152% do que o valor alcançado no ano anterior, correspondendo a 18,1% dos novos contadores instalados na rede. Atualmente, existem 29 841 contadores desta tipologia em funcionamento, perfazendo 18,7% do global do sistema (AdPorto, 2018).

3.1.5. DISTINÇÕES INTERNACIONAIS

A gestão de sucesso tem legitimado o reconhecimento e distinções internacionais à empresa municipal Águas do Porto.

Durante o evento Amsterdam International Water Week, realizado na capital holandesa, em Novembro de 2019, a empresa do Porto passou a integrar a rede internacional LUOW - Leading Utilities Of the World, constituída pelas 50 entidades gestoras de água e saneamento com um reconhecido percurso de sucesso e cuja gestão corresponde aos mais altos standards internacionais (AdPorto, 2020b).

Antes tinha já sido premiada pelo trabalho desenvolvido na gestão do ciclo urbano da água na cidade, noutra evento internacional realizado em Singapura - o Year in Infrastructure 2019 Awards - que reúne e distingue os melhores projetos promovidos pela Bentley Systems, Inc., o líder mundial no desenvolvimento de soluções tecnológicas de design, construção e operações de infraestruturas. Nesse evento, a H2PORTO - Plataforma Tecnológica para o Ciclo Urbano da Água foi um dos nove projetos galardoados com o Special Recognition Awards, que distinguiu

entidades pelas soluções concebidas com foco na sustentabilidade e resiliência das infraestruturas urbanas (AdPorto, 2020b).

A mais recente temporada de galardões conquistados pela Águas do Porto inclui outro prémio, igualmente, devido à inovadora plataforma H2PORTO, designadamente o prémio internacional de Water Visionary Award no New Civil Engineering Tech Fest. Atribuído em Londres pela publicação "New Civil Engineering", que distinguiu assim a solução tecnológica portuense, como uma proposta inovadora no setor da Água (AdPorto, 2020b).

4

CASO DE ESTUDO

4.1. DISCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O caso prático que foi objeto deste estudo diz respeito à otimização das rotas de leitura dos contadores do município do Porto. A tentativa de otimização pretende alcançar uma gestão integrada, fazendo diminuir os custos associados à operação. O estudo deste caso prático envolveu a utilização do ArcGIS Network Analyst, versão 10.1.

O município do Porto, situado na Região Norte, ocupa uma área de 41,42 km², tem uma população de 237 591 habitantes (2011) dentro dos seus limites administrativos. No Porto, existem três uniões e quatro freguesias que mantiveram a sua configuração, resultantes da reforma administrativa concretizada em 2013, Figura 32, sendo estas, União das Freguesias de Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde; União das Freguesias de Cedofeita, Sé, Ildefonso, Miragaia, São Nicolau e Vitória; União das Freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos; Bonfim; Campanhã; Paranhos e Ramalde.



Figura 32: Representação gráfica do município do Porto e respetivas freguesias.

Para ser possível conhecer a quantidade de água gasta pelos seus consumidores, o sistema atualmente utilizado pela generalidade das EG, implica a instalação de um contador em cada local de consumo, ao qual o técnico de leitura efetua, com uma determinada frequência, uma visita para a recolha do valor do consumo acumulado registado no contador.

As leituras reais dos contadores dos consumidores devem ser efetuadas com uma frequência mínima de duas vezes por ano e com um afastamento máximo entre duas leituras consecutivas de oito meses, segundo consta no Decreto-Lei 194/2009, de 20 de agosto.

Na Águas do Porto, EM a leitura dos contadores dos seus consumidores é efetuada de dois em dois meses, exceto os casos de utilizadores com elevados consumos e com contadores com telemetria, em que se processa mensalmente.

Nos meses em que não há leitura por parte da empresa o consumo é faturado com base em estimativa ou em leituras comunicadas pelo cliente. O consumo é estimado em função do consumo médio apurado entre as duas últimas leituras reais efetuadas pela EG, ou, caso não haja leitura subsequente à instalação do contador, em função do consumo médio de utilizadores com características similares, no âmbito do território municipal verificado no ano transato (ERSAR, 2012).

É ainda no Decreto-Lei 194/2009, de 20 de agosto que consta o facto de, caso o contador se encontrar localizado no interior do prédio do utilizador, este deve facultar o acesso ao mesmo, para leitura, pelos agentes da EG. Após duas tentativas falhadas de acesso ao contador, a EG deve avisar o utilizador da data em que pretende efetuar a terceira tentativa, indicando um determinado período horário para o efeito, informando que a impossibilidade de acesso implica a suspensão do serviço.

No final de Maio de 2018, a cidade do Porto tinha um total de 159 578 contadores, sendo que destes, 29 841 possuíam telemetria, ou seja, cerca de 18,7%. Os restantes necessitam de leitura manual, por parte de um leitor (AdPorto, 2018). A localização dos contadores com telemetria na cidade do Porto, encontra-se apresentada na Figura 33.

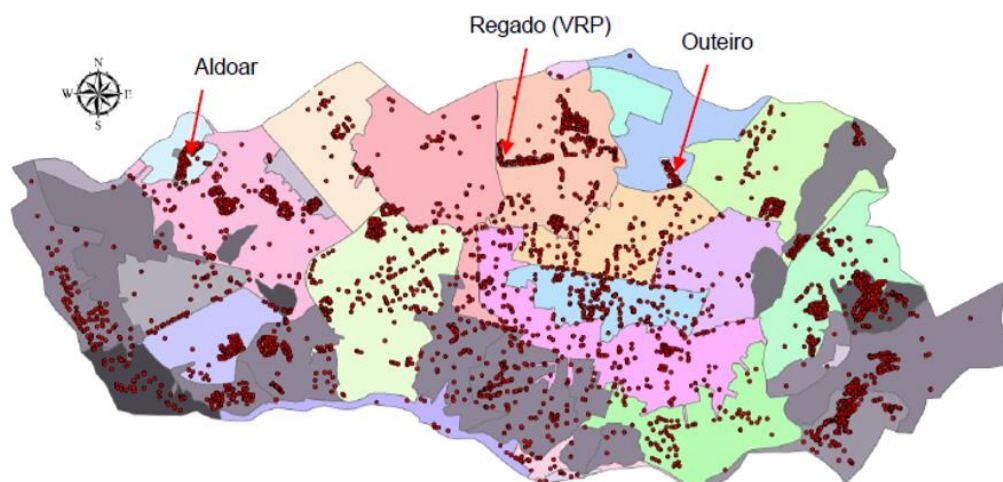


Figura 33: Representação gráfica dos contadores com telemetria na cidade do Porto (Cunha, 2017).

Atualmente, os consumidores de água da cidade do Porto que possuem um contador que necessita de leitura manual por parte de um técnico encontram-se divididos em vinte zonas de leitura, como se demonstra na Figura 34.

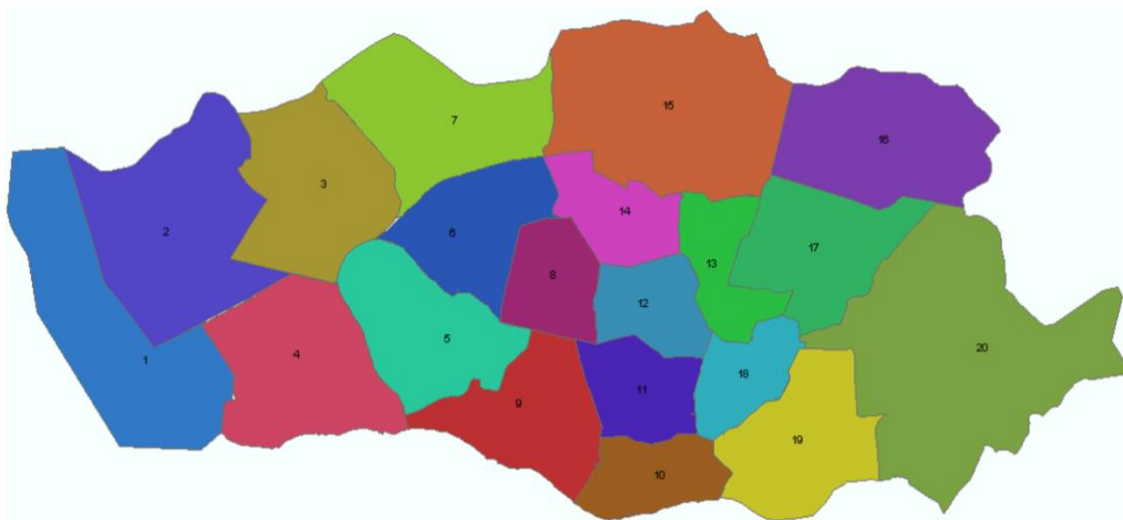


Figura 34: Divisão atual das zonas de leitura dos contadores manuais (Oliveira, 2013).

Tendo em conta que, um dos objetivos da presente tese seria reformular as zonas em que a cidade do Porto se encontra dividida em relação à leitura dos seus contadores, de vinte zonas para catorze, procurou-se realizar um estudo da localização dos respetivos contadores para que cada zona ficasse equivalente, considerando os seguintes critérios: área, número de prédios, número de contadores, bem como, o rácio do número de contadores por prédio.

Importa referir que, neste âmbito, prédio representa o local a visitar pelo leitor a fim de recolher os valores das leituras, sendo que um prédio pode conter mais do que um contador, caso nos estejamos a referir a apartamentos, ou então, pode apenas ter associado um contador caso o prédio seja uma moradia.

A localização dos prédios, que requerem uma visita por parte do leitor, encontra-se apresentada na Figura 35, sendo que estes perfazem um total de 46 387.

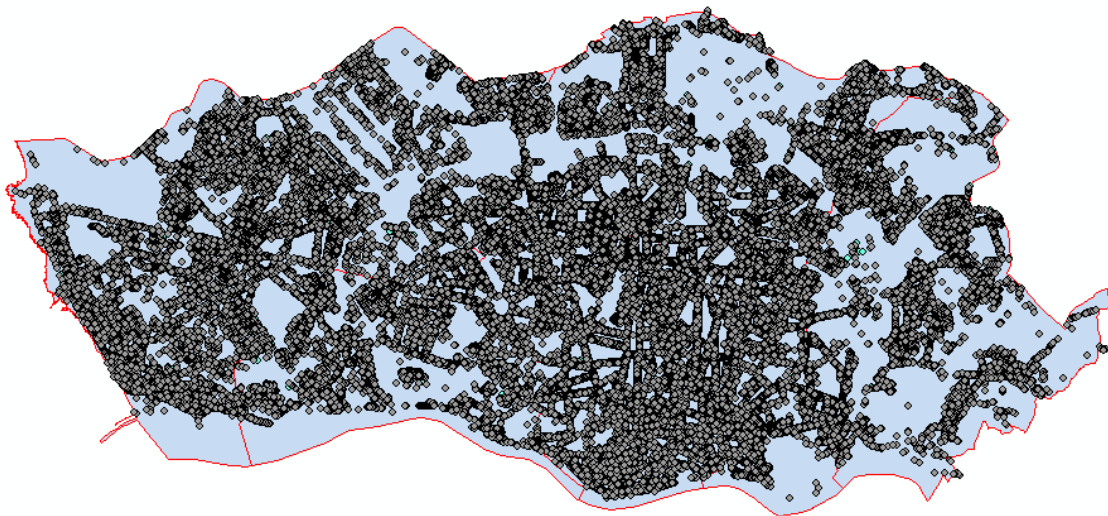


Figura 35: Localização dos prédios a visitar pelos leitores.

Para a tarefa de criação de rotas de leituras de contadores e após cuidada análise, seguindo os critérios mencionados anteriormente, concluiu-se a reformulação das 20 zonas de leitura para as 14, como se pode verificar na figura subsequente.

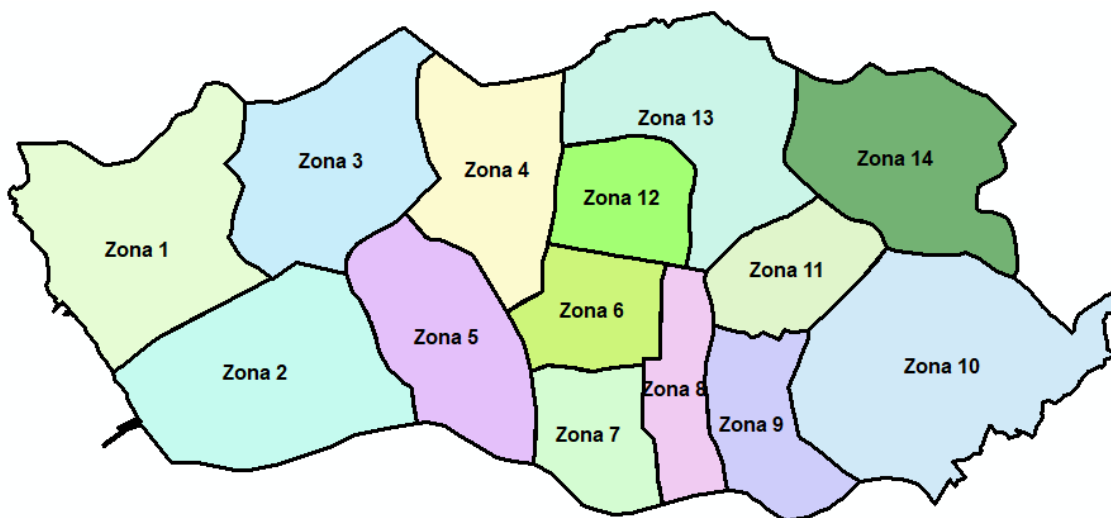


Figura 36: Reformulação das zonas de leitura.

Tabela 5: Descrição das zonas de leitura.

Zonas	Prédios	Contadores	Área (km ²)	Média Cont./Prédio	Densidade Prédios/km ²
Zona 1 - Nevogilde/Aldoar	3238	6440	4.45	2.0	727.6
Zona 2 - Foz	3118	8014	4.39	2.6	709.6
Zona 3 - Aldoar/Ramalde	3099	7839	3.65	2.5	849.0
Zona 4 - Ramalde	3014	8251	2.93	2.7	1028.7
Zona 5 - Lordelo do Ouro	2659	8184	3.01	3.1	883.4
Zona 6 - Cedofeita	3221	8640	1.64	2.7	1964.0
Zona 7 - Massarelos	4041	8874	1.67	2.2	2419.8
Zona 8 – S. Nicolau/ Vitória/Miragaia	3974	8926	1.45	2.2	2740.7
Zona 9 - Sé/St. Ildefonso	3449	8471	1.89	2.5	1824.9
Zona 10 - Bonfim/Campanhã	3401	6876	5.53	2.0	615.0
Zona 11 - Cedofeita/ St. Ildefonso	3304	8831	1.74	2.7	1898.9
Zona 12 - Paranhos I	3336	9020	1.71	2.7	1950.9
Zona 13 - Paranhos II	3403	7472	3.85	2.2	883.9
Zona 14 - Paranhos/Campanhã	3130	7118	3.59	2.3	871.9
Total	46387	112956	41.5		

Na tabela acima apresentada descreveram-se as zonas de leitura, sendo exposto o número de prédios que cada uma dela abrange, o número de contadores, a sua área, a média do número de contadores por prédio, assim como a densidade de prédios de cada zona.

Para que, o tempo total de cada itinerário seja semelhante, foram tidos em consideração determinados parâmetros, como o número de prédios a visitar, o número de contadores e se estes se encontravam dentro ou fora da habitação, o tempo de entrada no prédio, e ainda a distância entre os diferentes prédios. Os valores atribuídos a alguns destes parâmetros foram adaptados de (Oliveira, 2013) e encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 6: Variáveis utilizadas no cálculo dos itinerários (Oliveira, 2013).

Variáveis	Valor
Tempo entrar no prédio (s)	90
Tempo ler contador dentro (s)	90
Tempo ler contador fora (s)	30
Velocidade do técnico de leitura (km/h)	3,6

Os valores enunciados na Tabela 6 foram utilizados no sentido de se elaborarem itinerários com tempos médios mensais idênticos. Isto é, definiram-se valores teóricos para os tempos de leitura para ser possível, após o cálculo das rotas otimizadas, ter um itinerário diário para os dias úteis de trabalhos dos respetivos leitores. Considerou-se que, para cada zona, era necessária a criação de 36 itinerários, que correspondem a 18 dias úteis de trabalho em cada mês. O número de horas de cada itinerário foi variando consoante a zona em questão, já que o objetivo era ter um valor médio de horas semelhante para cada dia de trabalho. Contudo considera-se o valor de 6, 7 horas como o ideal para o trabalho de recolha de leitura, já que existem ainda outras tarefas a serem realizadas pelos técnicos.

4.2. DEFINIÇÃO DA REDE VIÁRIA (NETWORK DATASET)

Dado que o município não dispõe ainda de uma rede viária especificamente desenhada, foi necessário extrair uma referente ao município a partir de uma rede viária obtida na Web para Portugal Continental (Geofabrik, 2020).

Para poder ser usada no âmbito de uma análise de rede, necessita de que seja estabelecida conectividade entre as extremidades de cada troço da rede, recorrendo à aplicação ArcCatalog procede-se então à criação da Network Dataset que já estabelece a conectividade anteriormente referida.

Uma vez criada a Network Dataset já é possível a sua utilização em análise de redes. Para o efeito, a Network Dataset é carregada em ArcMap, Figura 37. A partir desse momento já é possível utilizar as funcionalidades do Network Analyst, ferramenta utilizada para a otimização de rotas.



Figura 37: Rede viária da cidade do Porto.

4.3 LOCAIS DE PARAGEM (NETWORK LOCATIONS)

Para aplicação do Network Analyst aos serviços de otimização de rotas e para além da Network Dataset é torna-se ainda necessário fornecer as Network Locations, que são os locais a visitar pelo leitor, denominados anteriormente de prédios.

Cada local possui atributos geográficos que definem a sua posição na rede (coordenadas XX e coordenadas YY). A informação de base relativa aos locais decorre da informação disponível resultante do inventário realizado.

5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De seguida serão então apresentadas as rotas otimizadas das respetivas zonas da cidade do Porto. Contudo, uma vez que a nível de imagem não foi possível a exibição da rota completa de cada zona, devido ao número elevado de paragens (entre 3 000 e 4 000), que torna impercetível o traçado da rota definiu-se que uma alternativa viável seria a apresentação do primeiro itinerário de cada zona.

5.1. ROTA DA ZONA 1 – NEVOGILDE/ALDOAR

Esta zona caracteriza-se por ser uma área tendencialmente residencial, sendo que a maioria das habitações são moradias, como se pode verificar pela relação contadores por prédio que é de 2, como se demonstra na Tabela 5. Os apartamentos também são uma presença nesta zona, contudo, apresentam-se de uma forma não tão significativa.

Do total dos 6 440 contadores existentes, divididos por 3 238 prédios, constata-se que 41,6% estão localizados dentro das habitações, 52,0% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 6,4% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. De referir que o grupo de contadores sem informação relativa à sua localização na residência, é agregado aos contadores que se localizam dentro das habitações, tem-se, desta forma, um possível erro por excesso. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 1.

Tabela 7: Caracterização da rota da Zona 1.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	89,5
Tempo total do percurso (h)	24,9
Tempo de ler os contadores (h)	107,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	80,9
Tempo total (h)	213,1

Tempo médio dos itinerários (h)	5,9
Número médio de contadores por itinerário	179

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente baixo, comparativamente com as restantes, contudo tem um percurso significativo de, aproximadamente, 90 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 213,1 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 94 prédios com 192 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 76 se localizavam fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no interior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 38: Itinerário zona 1.

Este itinerário abrangeu uma área da cidade que é relativamente fácil de percorrer a pé, já que tem avenidas com passeios largos, facilitando o trabalho do leitor. Devido às estradas compridas foi possível ler bastantes contadores sem ser necessário atravessar a rua, o que provoca uma poupança no rendimento do técnico de leitura.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 8: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 1.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	1,86
Tempo teórico do itinerário (min)	31
Tempo de ler os contadores (h)	3,5
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,3
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,4

5.2. ROTA DA ZONA 2 – Foz

Esta zona caracteriza-se por duas áreas distintas, uma tendencialmente composta por moradias, e outra área constituída por uma larga quantidade de bairros, como se pode verificar pela relação contadores por prédio que é de 2,6, como se demonstra na Tabela 5.

Do total dos 8 014 contadores existentes, divididos por 3 118 prédios, constata-se que 36,9% estão localizados dentro das habitações, 57,5% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 5,6% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 2.

Tabela 9: Caracterização da rota da Zona 2.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	90,1
Tempo total do percurso (h)	25,1
Tempo de ler os contadores (h)	123,5
Tempo de entrar nos prédios (h)	77,9
Tempo total (h)	226,5
Tempo médio dos itinerários (h)	6,3
Número médio de contadores por itinerário	223

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente alto, comparativamente com as restantes, contudo tem um percurso significativo de, aproximadamente, 90 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 226,5 horas. É importante mencionar que

estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 87 prédios com 221 contadores. Do universo dos contadores estudados 133 localizavam-se fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no exterior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 39: Itinerário zona 2.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 10: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 2.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	2,83
Tempo teórico do itinerário (min)	47
Tempo de ler os contadores (h)	3,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,2
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,3

5.3. ROTA DA ZONA 3 – ALDOAR/RAMALDE

Esta zona caracteriza-se por ser densamente povoada, a quantidade de bairros que estão inseridos ajuda a esse facto, como se pode verificar pela relação contadores por prédio que é de 2,5, como se demonstra na Tabela 5.

Do total dos 7 839 contadores existentes, divididos por 3 099 prédios, constata-se que 34,9% estão localizados dentro das habitações, 60,3% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 4,8% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. De referir que esta é a zona em que a percentagem de contadores no exterior das residências é a maior. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 3.

Tabela 11: Caracterização da rota da Zona 3.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	97,8
Tempo total do percurso (h)	27,2
Tempo de ler os contadores (h)	117,2
Tempo de entrar nos prédios (h)	77,5
Tempo total (h)	221,8
Tempo médio dos itinerários (h)	6,2
Número médio de contadores por itinerário	218

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente alto, comparativamente com as restantes tem um percurso mais longo de, aproximadamente, 98 km, o que acarretará a que o percurso médio dos itinerários seja um pouco superior. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 221,8 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 107 prédios com 218 contadores. Do universo dos contadores estudados 142 localizavam-se fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no exterior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 40: Itinerário zona 3.

Este itinerário abrange uma área da cidade que é relativamente fácil de percorrer a pé, já que tem avenidas com passeios largos, facilitando o trabalho do leitor. Devido às estradas compridas foi possível ler bastantes contadores sem ser necessário atravessar a rua, o que provoca uma poupança no rendimento do técnico de leitura.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 12: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 3.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	2,83
Tempo teórico do itinerário (min)	36
Tempo de ler os contadores (h)	3,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,7
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,6

5.4. ROTA DA ZONA 4 – RAMALDE

Esta zona é composta por um elevado número de prédios, sendo que, a relação contadores por prédio que é de 2,7, é igualmente uma das zonas com maior densidade de prédios por km², como se como se evidencia na Tabela 5.

Do total dos 8 251 contadores existentes, divididos por 3 017 prédios, constata-se que 37,0% estão localizados dentro das habitações, 57,1% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 5,9% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 4.

Tabela 13: Caracterização da rota da Zona 4.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	72,7
Tempo total do percurso (h)	20,2
Tempo de ler os contadores (h)	127,8
Tempo de entrar nos prédios (h)	75,4
Tempo total (h)	223,3
Tempo médio dos itinerários (h)	6,2
Número médio de contadores por itinerário	229

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente alto, contudo tem um percurso bastante inferior comparativamente com as rotas anteriores de, aproximadamente, 73 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 223,3 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 118 prédios com 232 contadores. Do universo dos contadores estudados 132 localizavam-se fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no exterior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.

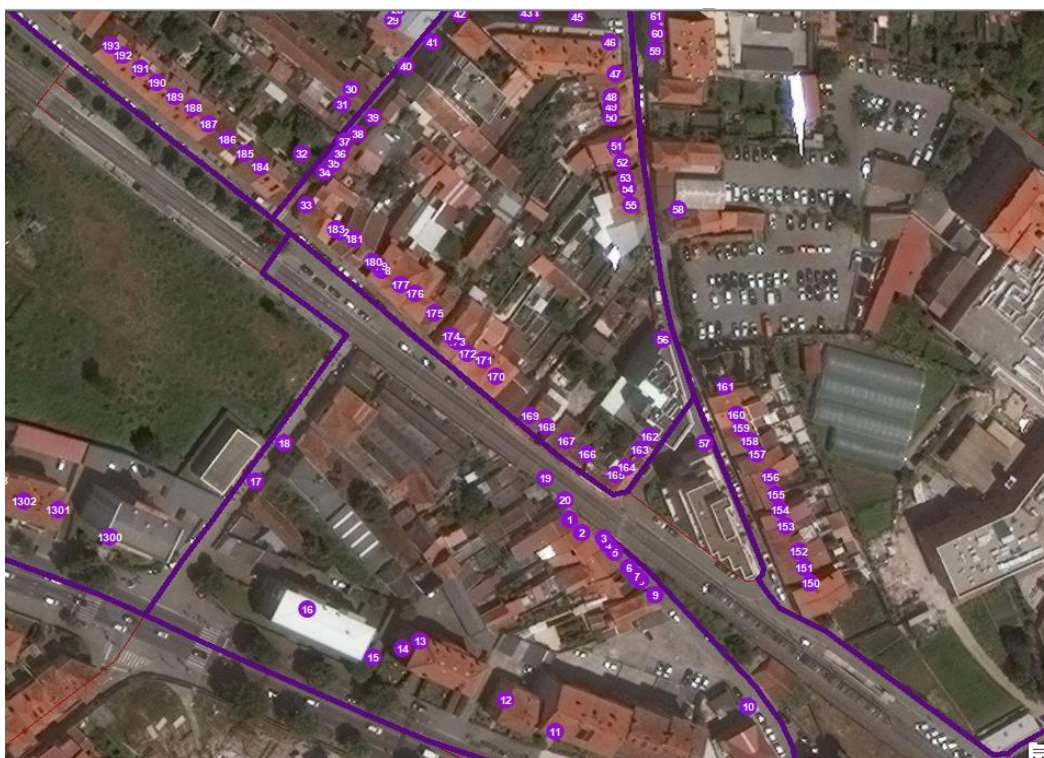


Figura 41: Itinerário zona 4.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 14: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 4.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	2,23
Tempo teórico do itinerário (min)	37
Tempo de ler os contadores (h)	3,5
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,9
Tempo teórico total do itinerário (h)	7,1

5.5. ROTA DA ZONA 5 – LORDELO DO OURO

Esta zona é caracterizada por conter bastantes apartamentos, a maioria deles tendo vários andares. Estes prédios são de construção relativamente recente, não sendo semelhantes aos típicos apartamentos da zona histórica do Porto, com apenas dois ou três andares em altura. A relação contadores por prédio nesta zona é de 3,1, sendo a mais elevada de todas as zonas, como se demonstra na Tabela 5.

Do total dos 8 184 contadores existentes, divididos por 2 659 prédios, constata-se que 34,7% estão localizados dentro das habitações, 56,5% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 8,7% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 5.

Tabela 15: Caracterização da rota da Zona 5.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	80,9
Tempo total do percurso (h)	22,5
Tempo de ler os contadores (h)	127,5
Tempo de entrar nos prédios (h)	68,5
Tempo total (h)	216,5
Tempo médio dos itinerários (h)	6,0
Número médio de contadores por itinerário	227

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente alto, contudo tem um percurso significativo de, aproximadamente, 80 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 216,5 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 105 prédios com 199 contadores. Do universo dos contadores estudados 129 localizavam-se fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no exterior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 42: Itinerário zona 5.

Este itinerário abrangeu uma área da cidade que é relativamente fácil de percorrer devido às estradas compridas foi possível ler bastantes contadores sem ser necessário atravessar a rua, o que provoca uma poupança no rendimento do técnico de leitura.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 16: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 5.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	4,48
Tempo teórico do itinerário (min)	75
Tempo de ler os contadores (h)	2,8
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,63
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,6

5.6. ROTA DA ZONA 6 – CEDOFEITA

Esta é uma zona central da cidade, abrangendo ruas e avenidas históricas, quanto à tipologia das habitações, constata-se que, a maioria das residências são do tipo apartamento com poucos

andares, sendo muitos deles envelhecidos, já que esta também se trata de uma zona mais antiga da cidade.

Devido à sua pequena área, 1,64 km², esta zona tem uma densidade de prédios por km² muito elevada, o que facilita o trabalho do leitor, uma vez que, a distância a ser percorrida será menor comparativamente com as restantes zonas

Do total dos 8 640 contadores existentes, divididos por 3 221 prédios, constata-se que 46,6% estão localizados dentro das habitações, 45,6% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 10,8% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Esta situação é facilmente explicada pelo facto de grande parte dos prédios serem de construção antiga, numa altura em que a instalação dos contadores era usualmente no interior das habitações. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 6.

Tabela 17: Caracterização da rota da Zona 6.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	52,3
Tempo total do percurso (h)	14,5
Tempo de ler os contadores (h)	150,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	80,5
Tempo total (h)	245,4
Tempo médio dos itinerários (h)	6,8
Número médio de contadores por itinerário	240

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente alto, contudo tem um percurso significativamente menor em relação às anteriores de, aproximadamente, 52 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 245,4 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Apesar de o circuito ser relativamente inferior às restantes zonas estudadas, o tempo médio dos itinerários e o próprio tempo total da rota completa teve valores que não se encontravam desfasados das outras áreas. Este facto só veio comprovar o que foi anteriormente mencionado que, aquando da construção das zonas de leitura, teve-se em consideração um conjunto de fatores, pois só assim era possível criar itinerários diários idênticos para os diferentes técnicos de leitura.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 74 prédios com 241 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 112 se localizavam fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no interior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.

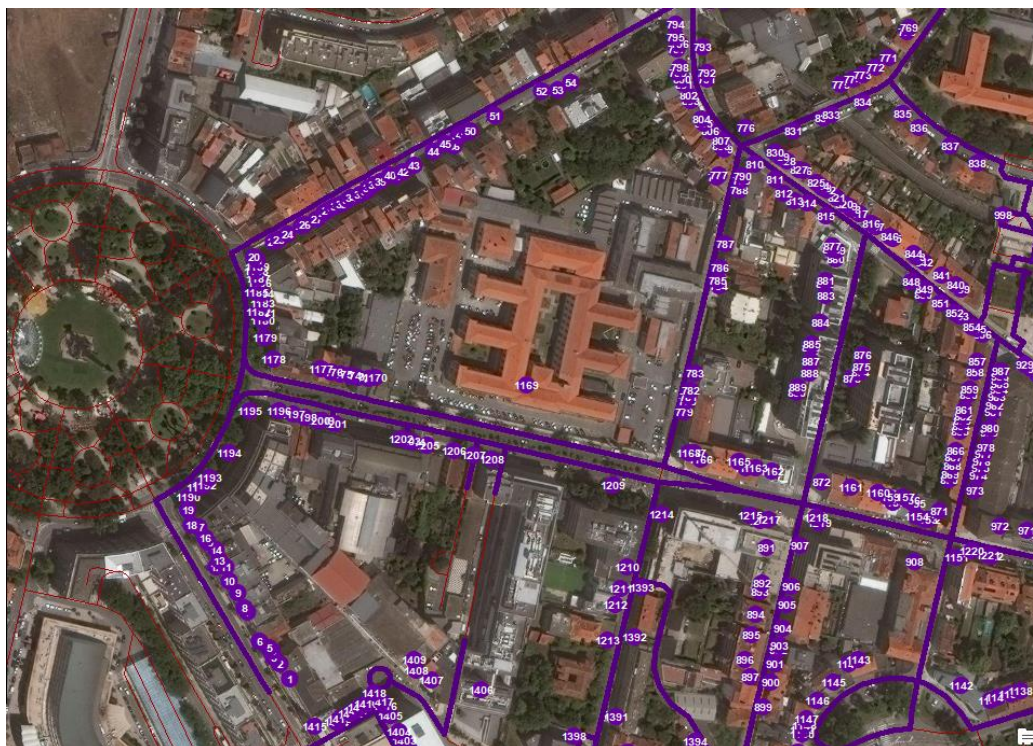


Figura 43: Itinerário zona 6.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 18: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 6.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	2,83
Tempo teórico do itinerário (min)	22
Tempo de ler os contadores (h)	4,2
Tempo de entrar nos prédios (h)	1,9
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,4

5.7. ROTA DA ZONA 7 – MASSARELOS

A zona 7 é uma área central, onde se situa a designada “baixa” da cidade. Esta área não tem bairros municipais associados e a tipologia de habitação mais frequente são os apartamentos com poucos andares, já com alguns anos de construção.

Tal como na zona anterior, esta caracteriza-se pela sua pequena área de, 1,67 km², sendo que nesta zona há um elevado concentrado de habitações, como se comprova pela densidade de

prédios por km², que é uma das maiores comparativamente às restantes zonas, como se verifica na Tabela 5.

Do total dos 8 874 contadores existentes, divididos por 4 041 prédios, constata-se que 37,3% estão localizados dentro das habitações, 50,4% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 12,3% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 7.

Tabela 19: Caracterização da rota da Zona 7.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	87,2
Tempo total do percurso (h)	24,2
Tempo de ler os contadores (h)	154,4
Tempo de entrar nos prédios (h)	101,1
Tempo total (h)	279,7
Tempo médio dos itinerários (h)	7,8
Número médio de contadores por itinerário	247

Esta é uma zona com um número de contadores muito elevado, sendo uma das zonas com mais sobrecarga para os leitores, comparativamente com as restantes. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 279,7 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 119 prédios com 216 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 120 se localizavam fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no exterior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 44: Itinerário zona 7.

Este itinerário abrangeu uma área da cidade que é relativamente fácil de percorrer a pé, já que tem avenidas com passeios largos, facilitando o trabalho do leitor. Devido às estradas compridas foi possível ler bastantes contadores sem ser necessário atravessar a rua, o que provoca uma poupança no rendimento do técnico de leitura.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 20: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 7.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	4,58
Tempo teórico do itinerário (min)	76
Tempo de ler os contadores (h)	3,4
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,9
Tempo teórico total do itinerário (h)	7,6

5.8. ROTA DA ZONA 8 – S. NICOLAU/VITÓRIA/MIRAGAIA

Esta zona caracteriza-se por duas áreas distintas, uma corresponde a uma área central da cidade do Porto, em que a maioria das residências são do tipo apartamento com poucos andares, e outra que situa-se numa área ribeirinha e a tipologia das suas habitações destacam-se os prédios do tipo apartamentos já com alguns anos de construção, nesta zona há um concentrado muito grande de habitações, como se demonstra pela densidade de prédios por km², que é a mais elevada da cidade, evidenciada na Tabela 5.

É uma das zonas com maior número de contadores, cerca de 8926, divididos por 3 974 prédios, constata-se que 42,4% estão localizados dentro das habitações, 45% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 12,7% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 8.

Tabela 21: Caracterização da rota da Zona 8.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	77,9
Tempo total do percurso (h)	21,7
Tempo de ler os contadores (h)	156,2
Tempo de entrar nos prédios (h)	99,4
Tempo total (h)	277,2
Tempo médio dos itinerários (h)	7,7
Número médio de contadores por itinerário	248

Esta é uma zona com um número de contadores muito alto, tendo um percurso de, aproximadamente, 78 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 277,2 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 82 prédios com 252 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 118 se localizavam fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no interior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 45: Itinerário zona 8.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 22: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 8.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	1,86
Tempo teórico do itinerário (min)	31
Tempo de ler os contadores (h)	4,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,1
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,9

5.9. ROTA DA ZONA 9 – SÉ/ST. ILDEFONSO

É uma zona central da cidade do Porto e não tem qualquer bairro municipal associado. A tipologia de habitação mais frequente nesta zona é o apartamento já com alguns anos de construção e constituídos por poucos andares em altura. Nesta zona há um concentrado muito grande de habitações, como se demonstra pela densidade de prédios por km², sendo das mais altas, como se verifica na Tabela 5.

Do total dos 8 471 contadores existentes, divididos por 3 449 prédios, constata-se que 48,8% estão localizados dentro das habitações, 40,3% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 10,9% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Tal como, na zona 6, o facto de grande parte dos prédios serem de construção antiga, numa altura em que a instalação dos contadores era consumada no interior das habitações. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 9.

Tabela 23: Caracterização da rota da Zona 9.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	50,8
Tempo total do percurso (h)	14,1
Tempo de ler os contadores (h)	155,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	86,2
Tempo total (h)	255,6
Tempo médio dos itinerários (h)	7,1
Número médio de contadores por itinerário	235

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente alto, comparativamente com as restantes, todavia tem um percurso significativamente menor de, aproximadamente, 51 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 255,6 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 69 prédios com 271 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 125 se localizavam fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no interior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 46: Itinerário zona 9.

Este itinerário abrangeu uma área da cidade que é relativamente fácil de percorrer a pé, já que tem avenidas com passeios largos, facilitando o trabalho do leitor. Devido às estradas compridas foi possível ler bastantes contadores sem ser necessário atravessar a rua, o que provoca uma poupança no rendimento do técnico de leitura.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 24: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 9.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	1,1
Tempo teórico do itinerário (min)	18,3
Tempo de ler os contadores (h)	4,7
Tempo de entrar nos prédios (h)	1,73
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,7

5.10. ROTA DA ZONA 10 – BONFIM/CAMPANHÃ

Esta zona corresponde à área mais oriental da cidade do Porto, abrangendo muitos bairros municipais, sendo por isso extensos de percorrer. A tipologia de habitação mais frequente nesta zona da cidade é o apartamento já com alguns anos de construção e constituídos por poucos andares em altura.

Esta zona caracteriza-se pela sua grande área, cerca de 5,53 km², e pelo facto de a densidade de prédios por km² ser a menor da cidade, uma vez que as residências nesta zona encontram-se em nichos distantes uns dos outros. A relação contadores por prédio é de 2, uma das menores, como se demonstra na Tabela 5.

Do total dos 6 876 contadores existentes, divididos por 3 401 prédios, constata-se que 44,8% estão localizados dentro das habitações, 44,7% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 10,5% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 10.

Tabela 25: Caracterização da rota da Zona 10.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	88,6
Tempo total do percurso (h)	24,6
Tempo de ler os contadores (h)	120,7
Tempo de entrar nos prédios (h)	85,0
Tempo total (h)	230,3
Tempo médio dos itinerários (h)	6,4
Número médio de contadores por itinerário	191

Esta é uma zona com um número de contadores baixo, comparativamente com as restantes, contudo tem um percurso significativo de, aproximadamente, 89 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 230 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 61 prédios com 181 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 82 se localizavam fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no interior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 47: Itinerário zona 10.

Este itinerário abrange uma área da cidade em que as residências se encontravam afastadas, obrigando o leitor a fazer maiores deslocações para proceder à leitura dos contadores. Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 26: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 10.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	4,8
Tempo teórico do itinerário (min)	61
Tempo de ler os contadores (h)	3,2
Tempo de entrar nos prédios (h)	1,53
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,1

5.11. ROTA DA ZONA 11 – CEDOFEITA/ST. ILDEFONSO

Esta zona é considerada como uma zona mista, em que a tipologia das habitações está dividida de forma idêntica em moradias e apartamentos. É uma das zonas de maior densidade de prédios por km², bem como umas das que possui uma relação contadores por prédio mais elevadas, cerca de 2,7, para isso muito contribui a existência de prédios com vários andares.

Do total dos 8 831 contadores existentes, divididos por 3 304 prédios, constata-se que 44,3% estão localizados dentro das habitações, 46,5% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 9,2% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 11.

Tabela 27: Caracterização da rota da Zona 11.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	56,8
Tempo total do percurso (h)	15,8
Tempo de ler os contadores (h)	152,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	82,6
Tempo total (h)	250,7
Tempo médio dos itinerários (h)	7,0
Número médio de contadores por itinerário	245

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente alto, contudo tem um percurso significativo menor do que as restantes de, aproximadamente, 57 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 250,7 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 108 prédios com 250 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 120 se localizavam fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no interior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.

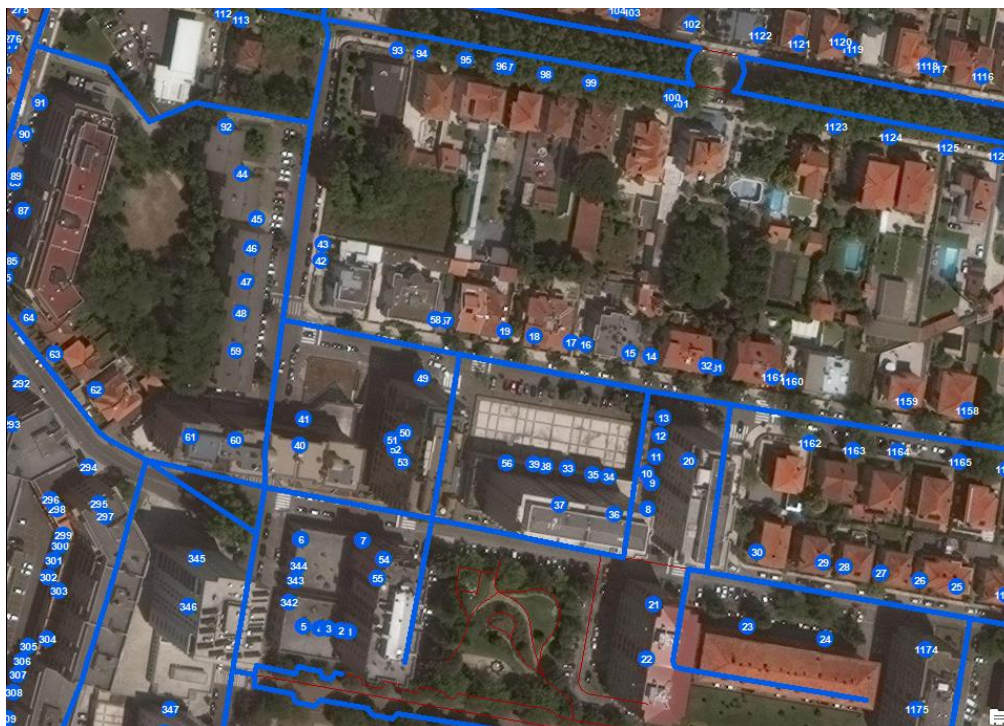


Figura 48: Itinerário zona 11.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 28: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 11.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	1,39
Tempo teórico do itinerário (min)	23
Tempo de ler os contadores (h)	4,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,7
Tempo teórico total do itinerário (h)	7,3

5.12. ROTA DA ZONA 12 – PARANHOS I

Esta zona tem, na sua maioria, habitações tipo apartamento, até porque se trata de uma zona residencial bastante concentrada. Esse facto é comprovado pela densidade de prédios por km², umas das mais elevadas de todas as zonas, tal como, a relação contadores por prédio que é de 2,7, como se demonstra na Tabela 5.

Do total dos 9 020 contadores existentes, divididos por 3 336 prédios, constata-se que 45,9% estão localizados dentro das habitações, 46,7% encontram-se fora das residências e ainda há um

conjunto de 7,4% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 12.

Tabela 29: Caracterização da rota da Zona 12.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	51,1
Tempo total do percurso (h)	14,2
Tempo de ler os contadores (h)	155,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	83,4
Tempo total (h)	252,9
Tempo médio dos itinerários (h)	7,0
Número médio de contadores por itinerário	251

Esta é uma zona com um número de contadores bastante elevado, sendo a zona com maior número, contudo tem um percurso relativamente baixo de, aproximadamente, 51 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 252,9 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 98 prédios com 259 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 130 se localizavam fora das habitações, ou seja, a percentagem de contadores dentro e fora das residências é equivalente. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.



Figura 49: Itinerário zona 12.

A execução do roteiro foi simples, dado que este tinha um percurso associado bastante diminuto, como se demonstra na tabela abaixo.

Tabela 30: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 12.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	0,92
Tempo teórico do itinerário (min)	15
Tempo de ler os contadores (h)	4,3
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,5
Tempo teórico total do itinerário (h)	7,0

5.13. ROTA DA ZONA 13 – PARANHOS II

Esta zona pertence, na sua plenitude, à freguesia de Paranhos, uma das maiores freguesias do Porto, em área. A tipologia de habitação predominante nesta zona da cidade é as moradias, sendo que existem alguns apartamentos mas em número reduzido.

Do total dos 7 472 contadores existentes, divididos por 3 403 prédios, constata-se que 44,4% estão localizados dentro das habitações, 46,3% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 9,3% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 13.

Tabela 31: Caracterização da rota da Zona 13.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	83,1
Tempo total do percurso (h)	23,1
Tempo de ler os contadores (h)	129,1
Tempo de entrar nos prédios (h)	85,1
Tempo total (h)	237,3
Tempo médio dos itinerários (h)	6,6
Número médio de contadores por itinerário	208

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente baixo, comparativamente com as restantes, contudo tem um percurso significativo de, aproximadamente, 83 km, uma vez que a densidade de prédios por km² é baixa, como se verifica na Tabela 5. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 237,3 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 110 prédios com 224 contadores. Do universo dos contadores estudados apenas 109 se localizavam fora das habitações, ou seja, a percentagem de contadores dentro e fora das residências é equivalente. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.

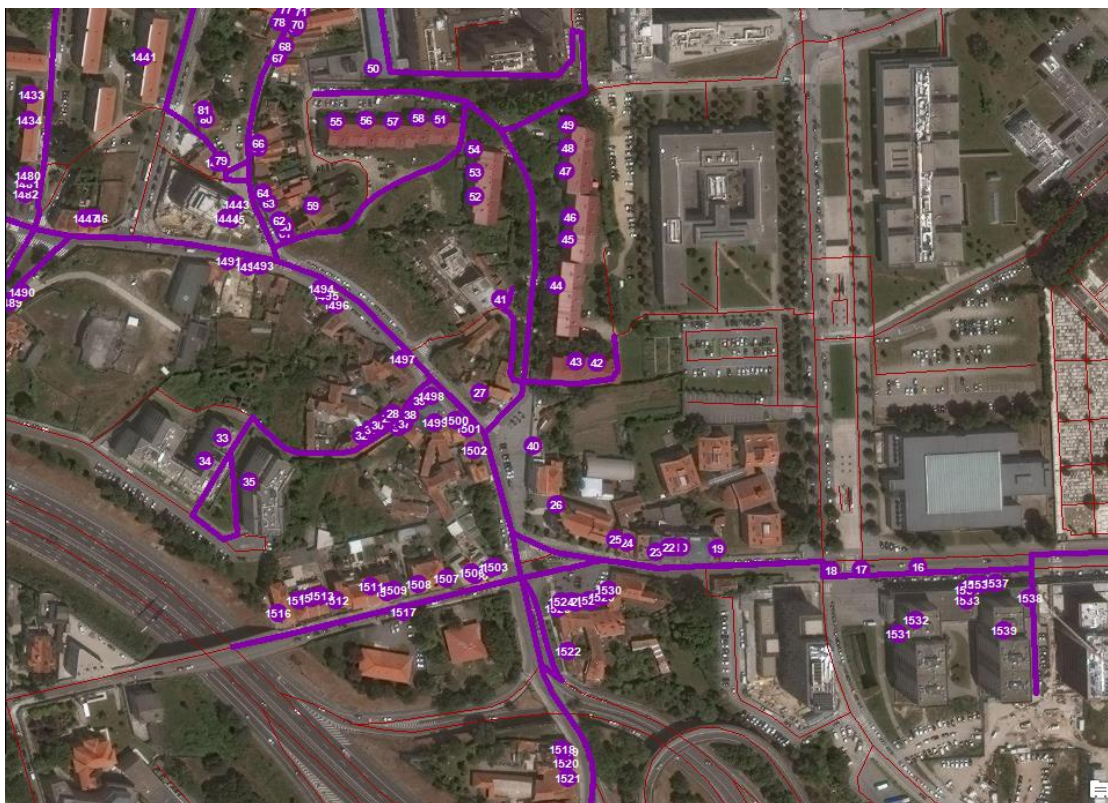


Figura 50: Itinerário zona 13.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 32: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 13.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	1,85
Tempo teórico do itinerário (min)	31
Tempo de ler os contadores (h)	3,8
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,8
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,9

5.14. ROTA DA ZONA 14 – PARANHOS/CAMPANHÃ

O tipo de residência mais comum nesta zona é a moradia, estando os apartamentos presentes em número menos significativo, esta zona caracteriza-se por uma densidade de prédios por km² relativamente baixa, bem como, uma relação contadores por prédio de 2,3, como se demonstra na Tabela 5.

Do total dos 7 118 contadores existentes, divididos por 3 130 prédios, constata-se que 36% estão localizados dentro das habitações, 57,1% encontram-se fora das residências e ainda há um conjunto de 6,9% de contadores que não têm informação atribuída relativamente à sua localização. Na tabela que se segue apresenta-se a informação da rota construída para a zona 14.

Tabela 33: Caracterização da rota da Zona 14.

Variáveis	Valor
Comprimento do percurso (km)	81,3
Tempo total do percurso (h)	22,6
Tempo de ler os contadores (h)	110,2
Tempo de entrar nos prédios (h)	78,3
Tempo total (h)	211
Tempo médio dos itinerários (h)	5,9
Número médio de contadores por itinerário	198

Esta é uma zona com um número de contadores relativamente baixo, tal como a anterior, contudo tem um percurso significativo de, aproximadamente, 81 km. Para a leitura da totalidade dos contadores nesta zona são necessárias 211 horas. É importante mencionar que estes valores, apesar de estarem o mais próximo possível da realidade, não são rígidos, uma vez que existem muitos fatores que intervêm na variação dos mesmos.

Passando agora a análise para o primeiro itinerário da presente zona, constatou-se que este continha um total de 110 prédios com 207 contadores. Do universo dos contadores estudados 120 localizavam-se fora das habitações, ou seja, a maioria dos contadores encontravam-se no exterior das residências. Para ser possível o estudo do itinerário apresenta-se, na figura que se segue, a rota criada para o mesmo.

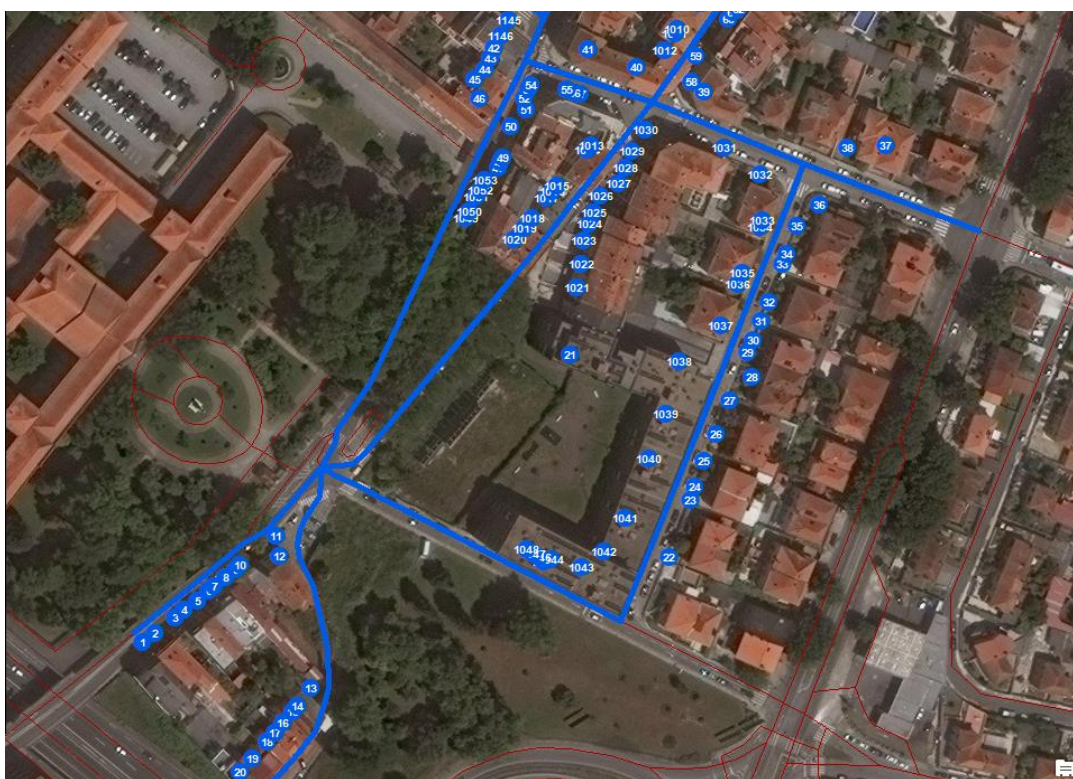


Figura 51: Itinerário zona 14.

Na tabela que se segue apresenta-se o comprimento e tempo do percurso teórico relativos a este itinerário.

Tabela 34: Caracterização do primeiro itinerário da Zona 14.

Variáveis	Valor
Comprimento do itinerário (km)	1,64
Tempo teórico do itinerário (min)	27
Tempo de ler os contadores (h)	3,2
Tempo de entrar nos prédios (h)	2,8
Tempo teórico total do itinerário (h)	6,4

6

CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu aplicar com êxito uma tecnologia de otimização de trajetos de recolha de leituras de contadores com base em SIG. A aplicação ArcMap e a sua extensão Network Analyst permitem oferecer soluções de percursos otimizados, tendo sido desenvolvidos um conjunto de rotas para as diferentes zonas, utilizando a funcionalidade Route.

A aplicação do Network Analyst, a um dado caso concreto para além de informação de base credível, apresenta limitações que muito dificilmente poderão conduzir à solução ótima. Tendo em conta a natureza matemática destes problemas será praticamente impossível ter a solução perfeita, em vez disso, pode ser mais útil encontrar uma boa solução.

A partir da análise efetuada, conclui-se que o Network Analyst é uma ferramenta extremamente útil quando aplicada ao serviço de abastecimento de água, possibilitando a tarefa de otimização de circuitos, apesar das restrições que apresenta.

Depois de criadas as zonas e construídos as rotas para cada uma constata-se que há uma melhoria significativa ao nível da otimização de recursos humanos, dado que, a reformulação a que a cidade do Porto foi sujeita permite à EG potencializar o combate às perdas aparentes, objetivando a sua redução com recurso a medidas inovadoras e a estratégias multidisciplinares, tais como, através da introdução de outro tipo de abordagem, como o caso da otimização de rotas como medida de redução de tempos de percurso, com vista à presença mais ativa dos técnicos de leitura em cada uma das zonas.

Relativamente à criação de circuitos de leitura de contadores de forma manual a principal dificuldade encontrada foi a criação da rede viária. Esta foi elaborada a partir de uma rede viária obtida na Web para Portugal Continental, tendo, por isso, as suas limitações, o que acarreta problemas, tais como, a não contemplação de percursos pedonais e alguns arruamentos no interior dos bairros municipais.

Perante os resultados que até então se obtiveram depreende-se que a aposta foi assertiva, com um desfecho interessante para a EG, ou seja, permitindo uma poupança nos gastos associados aos recursos humanos, indispensáveis para a recolha das leituras, assim como, uma diminuição significativa do tempo que os técnicos despendem na execução do percurso, dado que, cada

zona de leitura necessitava de um leitor e devido à reformulação concretizada foi possível diminuir o número de leitores de 20 para 14.

Conclui-se, portanto, que a atividade de controlo e redução de perdas enquadra-se totalmente na melhoria da qualidade da operação dos sistemas de abastecimento e, conseqüentemente, na melhoria dos serviços prestados, a utilização de ferramentas como os SIG permitem à EG uma integração e um tratamento conjunto de grandes volumes de informação espacial e de outros tipos num mesmo sistema, é a ferramenta de análise geográfica, por excelência e se utilizada de forma adequada, pode ser de extrema utilidade na gestão de uma EG, proporcionando uma otimização dos recursos, e auxiliando numa melhor tomada de decisão.

7

RECOMENDAÇÕES

Perante a indisponibilidade de realização de outros estudos devido ao elevado tempo dedicado na reformulação das zonas de leitura, na criação das rotas e circuitos de leitura da cidade do Porto aconselham-se algumas recomendações para desenvolvimentos futuros, como complemento do trabalho desenvolvido na presente tese:

- Construção e modelação da rede viária do município, nomeadamente passeios, passadeiras e outros percursos pedonais, permitindo que o processo de otimização possa decorrer com mais alternativas de acesso a cada ponto;
- Realização do mesmo tipo de exercício com outro software de forma a perceber se os resultados seriam semelhantes;
- Associar as diferenças de cota dos eixos de via à rede viária que é reproduzida no Network Analyst para se criarem rotas tendo em conta este condicionante do terreno, especialmente em cidades como o Porto.

8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AdPorto (2018). Relatório e Contas 2018. Águas do Porto, E.M.

AdPorto (2020a). *Organograma*. Disponível em:
https://www.aguadoporto.pt/empresa/organograma_2. Acedido a 1/02/2020 às 17:00.

AdPorto (2020a). *Rede de Distribuição*. Disponível em: <https://www.aguadoporto.pt/rede-de-distribuicao/rede-de-distribuicao>. Acedido a 1/02/2020 às 17:15.

AdPorto (2020b). *Notícias AdPorto*. Disponível em: <https://www.aguadoporto.pt/noticias-aguas-do-porto/empresa-municipal-do-porto-ganha-premios-e-e-exemplo-internacional>. Acedido a 1/02/2020 às 17:19.

AdPortugal (2020a). *Distribuição de Água: Contextualização Histórica*. Disponível em:
<https://www.adp.pt/pt/grupo-adp/historia/?id=7>. Acedido a 10/05/2020 às 11:25.

AdPortugal (2020b). *Ciclo Urbano da Água*. Disponível em:
<https://www.adp.pt/pt/atividade/o-que-fazemos/o-ciclo-urbano-da-agua/?id=28>. Acedido a 10/05/2020 às 11:43.

Alegre, H., Coelho, S., Almeida, M., Vieira, P. (2005). *Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição*. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR).

Amaral, F. (2017). *Uso de técnicas de geoprocessamento na otimização do traçado e na melhoria operacional de sistemas adutores de abastecimento de água*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco.

Coelho, A. (2017). *Otimização de rotas de distribuição: o efeito do combustível*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cunha, S. (2017). *Redução das Perdas Reais num Sistema de Abastecimento de Água Controlo Ativo de Perdas*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- Duarte, T.; Carvalho, D.; Martinho, D. (2019). *Algoritmos para otimização de rotas de distribuição*. ISLA Multidisciplinary e-Journal. Volume 2.
- ERSAR (2012). *Relação das entidades gestoras com os utilizadores dos serviços de águas e resíduos*. Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (ERSAR).
- ERSAR (2018). *Ficha de avaliação da qualidade do serviço: Águas do Porto*. Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (ERSAR).
- ERSAR (2019a). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Volume 1 - Caracterização do setor de águas e resíduos*. Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (ERSAR).
- ERSAR (2019b). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Volume 2 - Controlo da qualidade da água para consumo humano*. Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (ERSAR).
- ERSAR (2020a). *Caracterização do Setor*. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/site-setor/site-factos-e-numeros/Paginas/Facto-7.aspx>. Acedido a 20/05/2020 às 15:05.
- ERSAR (2020b). *Papel da ERSAR*. Disponível em: http://www.ersar.pt/pt/site-consumidor/site-perguntas-frequentes/Paginas/qual-e-o-papel-da-ERSAR.aspx#Default=%7B%22s%22%3A0%2C%22m%22%3A%22faq_173%22%7D. Acedido a 20/05/2020 às 15:32.
- ERSAR (2020c). *Caracterização*. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/site-setor/site-caracterizacao/Paginas/caracterizacao.aspx>. Acedido a 20/05/2020 às 15:10.
- ERSAR (2020d). *Porquê Regular*. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/a-ersar/missao-atribuicoes-e-poderes/porque-regular>. Acedido a 20/05/2020 às 15:13.
- ERRI (2020). *“O que são SIG”*. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>. Acedido a 20/02/2020 às 17:40.
- Farley, M., Wyeth, G., Md Ghazali, Z., Istandar, A., Singh, S. (2008). *A Guide to Understanding Water Losses. The Manager’s Non-revenue Water Handbook. United States Agency for International Development, Bangucoque, Tailândia*.
- Fernandes, J. (2014) *Redução de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Geofabrik. (2020). OpenStreetMap Data Extracts. Retirado de: <http://download.geofabrik.de/europe/portugal.html>
- Gonçalves, R. (2013). *Evolução dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Janz (2020). Disponível em: <https://cgf.janz.pt/sabe-quantos-tipos-de-contadores-de-agua-existem/>. Acedido a 27/06/2020 às 10:10.

Leite, M. (2014). *Otimização da recolha de resíduos urbanos: Caso de estudo de Aveiro*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro.

Mac (2020). Disponível em: <http://www.mat.uc.pt/~picado/ediscretas/2012/apontamentos/cap2.pdf>. Acedido a 01/04/2020 às 10:40.

Malheiro, R. (2011). *Metodologia de redução de perdas reais de água em sistemas de reduzida dimensão*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Martins, J.P. (2014). *Management of change in water companies - in search of sustainability and excellence*. IWA Publishing.

Martins, J.P. (2016). *Gestão de Perdas de Água*. Porto: Apontamentos da unidade curricular Gestão de Sistemas Ambientais, MIEA, FEUP.

Medeiros, N.; Loureiro, D.; Mugeiro, J.; Coelho, S.; Branco, L. (2007). *Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água. Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água*, Vol. I, Conferência INSSAA, Barcelos.

Miranda, D. (2018). *Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Oliveira, M. (2013). *Otimização de Rotas de Leitura de Contadores como Parte Integrante do Processo de Redução de Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água – Aplicação do Estudo à Cidade do Porto*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pato, J. (2011). *História das Políticas Públicas de Abastecimento e Saneamento de Águas em Portugal*.

PENSAAR 2020 (2015). *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Gabinete do Secretário de Estado do Ambiente. Diário da República n.º 84/2015, Série II.

Portaria n.º 331/87 (de 23 de Abril). *Diário da República n.º 94/1987, Série I. Ministério da Indústria e Comércio. Lisboa*.

Sardinha, J., F. Serranito, A. Donnelly, V. Marmelo, P. Saraiva, N. Dias, R. Guimarães, D. Morais e V. Rocha (2017). *Controlo Ativo de Perdas de Águas - EPAL Technical Editions*. 2ª edição. Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A.

Sousa, A. (2011). *Avaliação de Erros de Sub-Contagem em Contadores de Água Domésticos*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Construção Urbana, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Teixeira, J. (2014). *Redução das perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água através da deteção e controlo de consumos ilícitos*. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Vieira, L. (2011). *Sistemas de Informação Geográfica como Suporte à Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água. O Caso da Freguesia de Meirinhas, Pombal*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.