



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

**Gestão Patrimonial de Infraestruturas de
Abastecimento de Água
Uma Abordagem Prática na Entidade Gestora Serviços
Municipalizados de Castelo Branco**

João Francisco Pombo Meruje

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias

Covilhã, outubro de 2016

Folha em branco

Agradecimentos

Quero, desde já expressar a minha sincera gratidão a todas as pessoas e instituições que tornaram possível a realização da presente tese de mestrado. Nestes momentos as palavras tornam-se simples e sem jeito quando com elas queremos dizer o que nos vai na alma.

Começo por agradecer ao Dr. Luís Correia, Presidente da Câmara Municipal de Castelo Branco, por acreditar em mim dando-me a oportunidade de estagiar nos Serviços Municipalizados, permitindo assim recolher os dados necessários ao desenvolvimento do presente estudo. À Dra. Maria José Batista, Administradora dos Serviços Municipalizados de Castelo Branco, pela forma como fui recebido, motivando os seus colaboradores no sentido de partilharem o seu conhecimento e dados necessários. Ao Eng^o João Carvalho, que orientou o estágio nos Serviços Municipalizados, por todo o apoio, total disponibilidade e conhecimentos transmitidos. À Eng^a Zélia Alves, que me acompanhou diariamente nos meses de estágio partilhando conhecimento e mostrando disponibilidade para ajudar no que fosse preciso. A todos os funcionários dos Serviços Municipalizados de Castelo Branco que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desta dissertação.

Quero agora agradecer ao Professor João Carlos de Oliveira Matias, pela competência científica, a disponibilidade e o interesse na orientação da dissertação, bem como toda a atenção demonstrada no auxílio à correção do presente trabalho.

Acima de tudo quero agradecer e dedicar este trabalho à minha família pela ajuda constante e incansável, durante toda a minha vida.

Em especial, aos meus pais e à minha irmã, agradeço todo o apoio que me deram nos momentos difíceis e pela compreensão que sempre demonstraram, com o seu amor e carinho deram-me sempre coragem, força e confiança para nunca desistir, sem eles este trabalho não teria sido possível. Agradeço os princípios e valores que me inculcaram ao longo da vida. Obrigado por tudo o que fizeram por mim, a vós devo a pessoa que sou hoje.

Quero também agradecer ao meu cunhado pela paciência, incentivo e ajuda nas horas difíceis.

Folha em branco

Resumo

O abastecimento de água é um serviço de primeira necessidade, que deve ser prestado com elevados padrões de qualidade e desempenho. As infraestruturas de abastecimento de água representam um elevado investimento inicial para as entidades gestoras e tendem a degradar-se ao longo do tempo, aumentando assim a probabilidade da ocorrência de roturas, de perdas de água e de reclamações por parte dos utilizadores do serviço.

A Gestão Patrimonial de Infraestruturas de abastecimento de água, tema no qual se centra a presente dissertação assume assim uma importância fundamental no contexto económico da sociedade atual, garantindo a racionalidade dos investimentos e dos custos operacionais face aos objetivos de serviço pretendidos.

Elaborou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema em causa para caracterizar o estado da “arte” e posteriormente estudou-se o caso prático do sistema de abastecimento de água da entidade gestora Serviços Municipalizados de Castelo Branco.

Analisou-se a globalidade do sistema de abastecimento de água do concelho de Castelo Branco. Os resultados obtidos basearam-se na utilização de doze métricas para avaliação global do desempenho do sistema.

Depois de caracterizado o desempenho para a globalidade do sistema analisou-se cada subsistema de forma independente com o intuito de identificar a zona com menor desempenho e eventualmente com necessidade de intervenção. Depois de estar identificada a área de análise prioritária elaboraram-se alternativas de intervenção face à situação de *status quo*.

As diversas alternativas de intervenção classificam-se de acordo com o desempenho, risco e custo em unidades diferentes o que dificulta a tomada de decisão final. É proposto o método AHP como forma de agregação das três dimensões numa única unidade auxiliando na escolha da alternativa com o melhor compromisso.

Palavras-chave

Sistema de Abastecimento de Água; Gestão Patrimonial de Infraestruturas; Método AHP; Desempenho; Risco; Custo

Folha em branco

Abstract

Water supply is a first need service that should be provided with higher standards of quality and performance. Water supply infrastructures represent a higher initial investment for the management companies and they tend to degrade over time increasing the probability of ruptures, water loss and complaints by the users.

This master thesis was focused on the management of water supply infrastructures, which is very important for the economic context of today's society by ensuring a reasonable ratio between the investments and the operational costs in accordance with the service objectives.

To characterize the state of the "art" it was prepared a literature review of the subject and then a practical case study related to water supply system of Castelo Branco municipal services.

In this study, twelve metrics were used to analyze the water supply system performance of Castelo Branco township. Once the results were obtained the values were critically analyzed. Each system and sub system were independently analyzed in order to identify the systems with lower performance to define the ones that required fixing solutions or measures. After the identification of the priority systems, several studies and measures to fix the problems were compared against the status quo.

The fixing solutions or measures founded were classified base on their performance, risk assessment and cost. Because those variables have different units it was hard to combine all off them in only one result, so it was proposed the AHP method that allowed analyze all those variables with different units and tried to find the best compromise between all of them.

Keywords

Water supply system; Infrastructure Asset Management; AHP; Performance; Risk; Cost

Folha em branco

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1 Objetivos gerais do trabalho | 2 |
| 1.2 Metodologia | 3 |
| 1.3 Estrutura do trabalho | 3 |
| 2. Sistemas de Abastecimento de Água | 5 |
| 2.1. Enquadramento histórico | 5 |
| 2.1.1. História do abastecimento de água em Portugal | 6 |
| 2.1.2. História do abastecimento de água em Castelo Branco | 7 |
| 2.2. Caracterização de sistemas de abastecimento de água | 9 |
| 2.2.1. Rede de distribuição | 11 |
| 2.2.2. Juntas | 12 |
| 2.2.3. Válvulas de seccionamento | 13 |
| 2.2.4. Ventosas | 14 |
| 2.2.5. Válvulas de descarga | 15 |
| 2.2.6. Válvula redutora de pressão | 15 |
| 2.2.7. Bocas de rega e de lavagem | 17 |
| 2.2.8. Hidrantes | 18 |
| 2.2.9. Tubagem | 19 |
| 2.2.10. Instrumentação | 20 |
| 2.3. Controlo de perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento | 27 |
| 2.3.1. Balanço hídrico | 28 |
| 2.3.2. Dimensão do problema | 31 |
| 3. Gestão Patrimonial de Infraestruturas de Abastecimento de Água | 33 |
| 3.1. Informação necessária à GPI | 35 |
| 3.2. Níveis de planeamento | 37 |
| 3.2.1. Âmbito e horizonte temporal dos planos | 38 |
| 3.2.2. Níveis de decisão | 39 |
| 3.2.3. Processo de elaboração dos planos | 40 |
| 3.3. Planeamento estratégico | 41 |
| 3.4. Planeamento tático | 45 |
| 3.5. Método AHP | 53 |
| 4. Caso de Estudo | 57 |
| 4.1. Situação no ano de análise (2014) | 57 |
| 4.1.1. Caracterização da entidade gestora | 58 |
| 4.1.2. Visão e missão da entidade gestora | 58 |
| 4.2. Planeamento estratégico | 59 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.1. Âmbito e horizonte do plano | 59 |
| 4.2.2. Objetivos estratégicos..... | 59 |
| 4.2.3. Critérios de avaliação | 60 |
| 4.2.4. Métricas e metas de avaliação | 60 |
| 4.2.5. Diagnóstico | 61 |
| 4.2.6. Estratégias para a gestão patrimonial de infraestruturas | 65 |
| 4.2.7. Monitorização do plano estratégico de GPI..... | 66 |
| 4.2.8. Revisão do plano estratégico de GPI | 66 |
| 4.3. Planeamento Tático | 67 |
| 4.3.1. Ligação ao planeamento estratégico | 67 |
| 4.3.2. Horizontes temporais | 67 |
| 4.3.3. Objetivos táticos, critérios, métricas e metas..... | 69 |
| 4.3.4. Definição de cenários..... | 73 |
| 4.3.5. Diagnóstico no nível tático | 73 |
| 4.3.6. Análise da área prioritária de intervenção | 77 |
| 4.3.7. Custos para implementação das Alternativas I e II | 80 |
| 4.3.8. Escolha da alternativa de intervenção - Utilização do Método AHP..... | 90 |
| 5. Conclusões | 99 |
| 5.1. Síntese e conclusões gerais | 99 |
| 5.2. Desenvolvimentos futuros | 101 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Esquema de um sistema de abastecimento de água..... | 10 |
| Figura 2: Esquema de transporte e armazenagem de água, com a designação dos respetivos órgãos responsáveis, da captação ao ponto de consumo | 10 |
| Figura 3: Ligação da rede pública a um edifício com a indicação dos equipamentos necessários | 12 |
| Figura 4: Junta de desmontagem | 12 |
| Figura 5: Válvula de cunha | 13 |
| Figura 6: Válvula de seccionamento tipo borboleta | 14 |
| Figura 7: Ventosa | 14 |
| Figura 8: Esquema das três válvulas redutoras de pressão, de mola, pistão e diafragma respetivamente | 16 |
| Figura 9: Tipos de funcionamento de uma válvula redutora de pressão | 16 |
| Figura 10: Aspeto exterior de uma válvula redutora de pressão | 17 |
| Figura 11: Corte com vista interior e exterior de uma boca de rega e de lavagem | 17 |
| Figura 12: Esquema de instalação de um hidrante | 19 |
| Figura 13: Aspeto exterior de dois modelos de hidrantes distintos..... | 19 |
| Figura 14: Localização típica de caudalímetros em sistemas de abastecimento de água | 21 |
| Figura 15: Constituição de um caudalímetro eletromagnético | 22 |
| Figura 16: Esquema do primário de um caudalímetro eletromagnético | 23 |
| Figura 17: Sonda introduzida na conduta com o esquema do respetivo campo magnético | 23 |
| Figura 18: Constituição de um caudalímetro ultrassónico tubular de transmissão direta | 24 |
| Figura 19: Par de transdutores ultrassónicos montados sobre a conduta de instalação | 24 |
| Figura 20: Esquemática do princípio de transdução de um caudalímetro ultrassónico Doppler | 25 |
| Figura 21: Constituição de um caudalímetro deprimogéneo | 25 |
| Figura 22: Primários de caudalímetros deprimogéneos | 25 |
| Figura 23: Transdutor de pressão | 26 |
| Figura 24: Manómetro..... | 26 |
| Figura 25: Registos de pressão e de caudal | 27 |
| Figura 26: Interação entre os ativos físicos infraestruturais e os restantes ativos da organização no âmbito da GPI..... | 34 |
| Figura 27: Gestão patrimonial de infraestruturas: uma visão integrada | 35 |
| Figura 28: Fontes de informação..... | 36 |
| Figura 29: Relação entre níveis de planeamento, níveis de decisão e âmbito dos planos..... | 38 |
| Figura 30: Ligações entre o plano estratégico e os planos táticos e operacionais | 39 |
| Figura 31: Ciclo PDCA | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 32: Sistematização das fases de um plano estratégico | 42 |
| Figura 33: Sistematização das fases de um plano tático | 46 |
| Figura 34: Setorização espacial | 49 |
| Figura 35: Referencial com as três dimensões (desempenho, risco e custo) para quatro alternativas, com os respectivos níveis de aceitabilidade bem como o ponto de desempenho ótimo..... | 50 |
| Figura 36: Segmentação do concelho de Castelo Branco por sistema de abastecimento | 67 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Balanço Hídrico | 31 |
| Tabela 2: Caracterização dos níveis de fiabilidade da informação | 37 |
| Tabela 3: Estruturação do problema em níveis hierárquicos | 54 |
| Tabela 4: Escala de classificação do grau de importância a utilizar no método AHP segundo Saaty | 55 |
| Tabela 5: Perfil da entidade gestora | 58 |
| Tabela 6: Perfil do Sistema de abastecimento de água..... | 58 |
| Tabela 7: Objetivos estratégicos..... | 59 |
| Tabela 8: Critérios de avaliação | 60 |
| Tabela 9: Métricas de avaliação..... | 61 |
| Tabela 10: Dados do sistema de avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água do concelho de Castelo Branco, ano de 2014..... | 62 |
| Tabela 11: Avaliação do desempenho atual do sistema de abastecimento de água do conselho de Castelo Branco..... | 63 |
| Tabela 12: Desempenho atual do sistema de abastecimento de água do conselho de castelo Branco (A.00) com indicação do <i>ranking</i> global | 64 |
| Tabela 13: Estratégias infraestruturais | 65 |
| Tabela 14: Estratégias não-infraestruturais..... | 66 |
| Tabela 15: Horizontes temporais do plano tático..... | 68 |
| Tabela 16: Objetivos táticos..... | 69 |
| Tabela 17: Critérios de avaliação no nível tático | 70 |
| Tabela 18: Descrição do indicador adequação da pressão de serviço | 71 |
| Tabela 19: Métricas e metas de avaliação no nível tático..... | 72 |
| Tabela 20: Informação utilizada no plano tático..... | 73 |
| Tabela 21: Descrição sumária dos sistemas de Abastecimento de Água analisados | 75 |
| Tabela 22: Desempenho das métricas por área de análise e classificação do desempenho global de cada subsistema com a respetiva hierarquização | 76 |
| Tabela 23: Previsão da situação futura na alternativa <i>status quo</i> | 78 |
| Tabela 24: Previsão da situação futura nas alternativas I e II | 79 |
| Tabela 25: Avaliação do desempenho global da alternativa status quo e das alternativas I e II para o horizonte temporal de análise das estratégias infraestruturais | 80 |
| Tabela 26: Calculo do preço por metro linear de substituição das condutas de 63 mm de diâmetro em PVC, com pavimento calçada | 80 |
| Tabela 27: Cálculo do preço por metro linear de substituição das condutas de 90 mm de diâmetro em PVC, com pavimento calçada | 81 |
| Tabela 28: Custo de substituição das condutas com mais de 50 anos no ano de 2016 | 81 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 29: Custo de substituição das condutas com mais de 50 anos no ano de 2030 | 81 |
| Tabela 30: Preços recomendados pela ERSE para o setor da energia | 88 |
| Tabela 31: Estrutura hierárquica da tomada de decisão do presente caso de estudo | 91 |
| Tabela 32: Indicador acessibilidade física do serviço | 110 |
| Tabela 33: Indicador acessibilidade económica do serviço | 110 |
| Tabela 34: Indicador ocorrência de falhas no abastecimento | 110 |
| Tabela 35: Indicador água segura..... | 111 |
| Tabela 36: Indicador cobertura dos gastos totais..... | 111 |
| Tabela 37: Indicador resposta a reclamações e sugestões | 111 |
| Tabela 38: Indicador adesão ao serviço | 112 |
| Tabela 39: Indicador água não faturada | 112 |
| Tabela 40: Indicador reabilitação de condutas..... | 112 |
| Tabela 41: Indicador ocorrência de avarias em condutas | 113 |
| Tabela 42: Indicador adequação dos recursos humanos | 113 |
| Tabela 43: Indicador perdas reais de água..... | 114 |
| Tabela 44: Custo base de levantamento e reposição de pavimentos | 116 |
| Tabela 45: Custo de referência para abertura de vala | 116 |
| Tabela 46: Custo de referência de conduta de distribuição | 116 |
| Tabela 47: Custo de referência de reservatório elevado | 117 |
| Tabela 48: Custo de referência de estação elevatória..... | 117 |
| Tabela 49: Caracterização da área de análise de São Vicente da Beira | 128 |
| Tabela 50: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de São Vicente da Beira | 129 |
| Tabela 51: Avaliação do desempenho atual da área de análise de São Vicente da Beira | 130 |
| Tabela 52: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de São Vicente da Beira, com o valor do respetivo desempenho global..... | 130 |
| Tabela 53: Caracterização da área de análise de Casal da Serra | 131 |
| Tabela 54: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Casal da Serra | 131 |
| Tabela 55: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Casal da Serra | 132 |
| Tabela 56: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Casal da Serra, com o valor do respetivo desempenho global | 132 |
| Tabela 57: Caracterização da área de análise de Lomba Chã | 133 |
| Tabela 58: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Lomba Chã .. | 133 |
| Tabela 59: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Lomba Chã | 134 |
| Tabela 60: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Lomba Chã, com o valor do respetivo desempenho global..... | 134 |
| Tabela 61: Caracterização da área de análise de Caféde | 135 |
| Tabela 62: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Caféde | 135 |
| Tabela 63: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Caféde | 136 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 64: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Caféde, com o valor do respetivo desempenho global | 136 |
| Tabela 65: Caracterização da área de análise de Benquerenças..... | 137 |
| Tabela 66: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Benquerenças | 137 |
| Tabela 67: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Benquerenças | 138 |
| Tabela 68: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Benquerenças, com o valor do respetivo desempenho global | 138 |
| Tabela 69: Caracterização da área de análise de Monforte da Beira..... | 139 |
| Tabela 70: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Monforte da Beira | 139 |
| Tabela 71: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Monforte da Beira | 140 |
| Tabela 72: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Monforte da Beira, com o valor do respetivo desempenho global | 140 |

Folha em branco

Lista de Acrónimos

| | |
|---------|---|
| AHP | <i>Analytic Hierarchy Process</i> |
| AWARE-P | <i>Advanced Water Asset Rehabilitation Project</i> |
| CESDA | Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água |
| EG | Entidade Gestora |
| ERSAR | Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos |
| ERSE | Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos |
| ETA | Estação de Tratamento de Água |
| FC | Fibrocimento |
| GPI | Gestão Patrimonial de Infraestruturas |
| GSM | <i>Global System for Mobile Communications</i> |
| HVRP | Carga de Definição da Válvula Redutora de Pressão |
| INAG | Instituto da Água |
| INE | Instituto Nacional de Estatística |
| INSAAR | Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| IST | Instituto Superior Técnico |
| IVI | Índice de Valor Infraestrutural |
| IWA | <i>International Water Association</i> |
| LNEC | Laboratório Nacional de Engenharia Civil |
| PDCA | <i>Plan, Do, Check and Act</i> |
| PE | Polietileno |
| PEAD | Polietileno de Alta Densidade |
| PP | Polipropileno |
| PVC | Policloreto de Vinilo |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| SMCB | Serviços Municipalizados de Castelo Branco |
| SWOT | <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i> |
| VRP | Válvula Redutora de Pressão |
| ZGP | Zonas de Gestão de Pressão |
| ZMC | Zona de Medição e Controlo |

Folha em branco

Capítulo 1

1. Introdução

É no final da segunda guerra mundial que surge na Europa o desenvolvimento e implementação em grande escala de novas estruturas de abastecimento de água. No caso de Portugal é a partir de abril de 1974 que o processo de infraestruturização de redes de distribuição de água resultou numa evolução significativa (Ambrósio, 1997).

Entre 1975 e 1990 o nível de cobertura do serviço de abastecimento de água da população portuguesa passa de 40%, para 80%. Apesar de alguns segmentos da rede terem sido alvo de reabilitação, a mesma foi construída há cerca de 40 anos (Pato, 2011). As infraestruturas tendem a degradar-se ao longo do tempo, aumentando assim a probabilidade da ocorrência de roturas, de perdas de água e de reclamações por parte dos utilizadores do serviço.

A Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI) permite que o investimento em reabilitação seja feito de uma forma estratégica e sustentável, reduzindo o desperdício e os custos tangíveis para entidade gestora ao mesmo tempo que garante a qualidade do serviço e a satisfação dos utilizadores. Para além do que foi exposto anteriormente, a lei portuguesa, Decreto-Lei nº 194/2009, de 20 de agosto, estabelece que as entidades gestoras que sirvam mais de 30 000 habitantes devem promover e manter um sistema de gestão patrimonial de infraestruturas.

A motivação para a realização deste trabalho surge pela grande importância, interesse e atualidade do tema GPI aplicado a sistemas de abastecimento de água, tanto a nível nacional como internacional.

A GPI considera a avaliação de três dimensões custo-desempenho-risco sendo necessário efetuar uma apreciação global considerando a agregação das três dimensões, para a tomada de decisão. A implementação de um sistema de GPI e a sua aplicação na prática está bem definida pela literatura até esta fase, contudo para a avaliação global são sugeridas diferentes vias alternativas. Neste trabalho de dissertação é proposto o método AHP como forma de agregação das 3 dimensões de forma a ser tomada uma decisão entre as várias estratégias de intervenção, pretendendo assim dar um contributo na evolução do conhecimento.

1.1 Objetivos gerais do trabalho

Inicialmente pretende-se realizar uma análise da informação disponível atualmente sobre gestão patrimonial de infraestruturas aplicada a sistemas de abastecimento de água com o objetivo de dar a conhecer o estado da arte do tema em causa.

Uma vez realizado o enquadramento e aprofundado dos conhecimentos sobre o tema, será aplicado o modelo de gestão patrimonial de infraestruturas a um sistema de abastecimento de água, em que o conhecimento infraestrutural é bom. Para tal recorreu-se ao caso de estudo considerando o sistema de abastecimento de água do concelho de Castelo Branco, em que o índice de conhecimento infraestrutural é bom.

Por fim será testado o método AHP como forma de unir os três eixos, (desempenho, risco e custo) num único parâmetro de modo a facilitar a tomada de decisão final entre as diversas alternativas.

Assim foram formuladas as seguintes questões de investigação:

Q 1. É possível aplicar o modelo de GPI a um sistema de abastecimento de água com um índice de conhecimento infraestrutural bom?

Q 2. Aplicando um modelo de GPI consegue-se avaliar qual a área de análise de intervenção prioritária dentro das diversas áreas de análise?

Q 3. A aplicação do método AHP a um modelo de GPI permite ajudar na tomada de decisão final contribuindo para a agregação das três dimensões de análise (desempenho, risco e custo) e as várias estratégias de intervenção, concentrando a decisão num único parâmetro?

Q 4. Utilizando o método AHP podem ser atribuídos diferentes pesos às dimensões (desempenho, risco e custo), de modo a que as entidades gestoras possam atribuir a cada uma o grau de importância mais adequado aos seus objetivos?

1.2 Metodologia

A metodologia refere-se à perspetiva geral, lógica e teórica de um trabalho de investigação (Long, 2014). Tem carácter estratégico determinando a base de raciocínio e o plano de atuação por forma a melhor compreender o assunto em estudo (Oliveira, 2011).

A metodologia de pesquisa determina a direção em que a investigação deverá ser desenvolvida permitindo descrever, explicar e prever as circunstâncias, os processos e os resultados do tema em estudo (CRIŞAN & Borza, 2015).

Existem 3 tipos de metodologias de pesquisa: quantitativa, qualitativa e métodos mistos (Long, 2014) (Venkatesh, Brown, & Sullivan, 2016). Importa, assim descrever os três tipos de metodologia identificando os casos em que deve ser utilizada cada uma delas.

A pesquisa quantitativa realça a quantificação nos dados recolhidos, sendo apontada como uma abordagem dedutiva ao testar teorias. Pelo contrário a metodologia de pesquisa qualitativa origina uma abordagem indutiva tendo por objetivo gerar teorias. Os dados quantitativos são expressos em dados numéricos e quantitativos. Em contraste os dados qualitativos são expressos em dados não numéricos, sendo a sua relevância expressa por palavras (Gog, 2015). A metodologia de pesquisa por métodos mistos combina elementos das aproximações de pesquisa qualitativa e quantitativa, permitindo assim criar a oportunidade de desenvolver novas perspetivas teóricas combinando os pontos fortes das duas metodologias de pesquisa, qualitativa e quantitativa (Venkatesh, Brown, & Sullivan, 2016).

O objetivo do caso de estudo é adquirir um conhecimento aprofundado e conhecer a complexidade de pelo menos um caso específico. O desafio é selecionar casos de estudo apropriados. A escolha do método de pesquisa depende das questões de investigação. O caso de estudo é preferencialmente usado para questões de investigação que se destinam a explicar algo com base nos termos “como” e “porquê”. Aplicar o método do caso de estudo permite obter uma perspetiva holística do mundo real (Gog, 2015).

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, divididos em subcapítulos.

O primeiro capítulo tem como objetivo principal contextualizar o leitor relativamente ao tema em estudo revelando a importância, atualidade e pertinência do trabalho bem como os objetivos que se pretendem atingir. É apresentada uma breve introdução ao tema, são

enumerados os objetivos gerais do trabalho, a metodologia utilizada, assim como a estrutura da presente dissertação.

O segundo capítulo tem o propósito de realizar a caracterização dos sistemas e subsistemas de abastecimento de água, clarificando os conceitos relativos aos mesmos. Este capítulo é essencial para o leitor adquirir os conhecimentos necessários à correta compreensão de um sistema de abastecimento de água.

Inicialmente realiza-se o enquadramento histórico do abastecimento de água, desde o aparecimento das primeiras formas de abastecimento até aos dias de hoje. A história do abastecimento apresenta-se neste trabalho em três níveis distintos, mundial, nacional e do concelho de Castelo Branco, uma vez que é o sistema considerado no âmbito do caso de estudo. Esta análise histórica tem o intuito de coligir dados do passado de forma a que seja clarificado em geral o panorama atual dos sistemas de abastecimento.

Posteriormente é definido o conceito de rede de distribuição apresentando-se os componentes que a constituem. São apresentados os tipos de instrumentos de medição, imprescindíveis no controlo de perdas de água e monitorização das condições da rede. No final do capítulo apresenta-se a forma de efetuar o controlo de perdas de água em sistemas públicos de abastecimento, sendo também abordadas as várias dimensões que este problema assume, nomeadamente a económico-financeira, técnica, ambiental, saúde pública e social.

No terceiro capítulo são aprofundados os conceitos sobre gestão patrimonial de infraestruturas. Este capítulo tem o objetivo de efetuar uma descrição da correta implementação de um modelo de GPI a um sistema de abastecimento de água. São caracterizados os níveis de planeamento, estratégico, tático e operacional. É explicada a implementação da gestão patrimonial de infraestruturas a redes de abastecimento de água, bem como a produção do plano de GPI.

No quarto capítulo desenvolve-se o caso de estudo, que visa demonstrar a aplicação da GPI a um sistema de abastecimento de água real. Tem ainda o objetivo de testar a possibilidade da aplicação do método AHP para auxílio na tomada de decisão final entre as diversas alternativas de intervenção.

No quinto capítulo apresentam-se as conclusões da presente dissertação.

Capítulo 2

2. Sistemas de Abastecimento de Água

2.1. Enquadramento histórico

As primeiras referências ao armazenamento de água para consumo público surgem em 3000 A.C., com a construção das primeiras barragens, em Jawa, atual Jordânia. Consistiam em estruturas feitas com terra. A maior barragem tinha 4 m de altura e 80 m de comprimento.

Entre as mais antigas encontra-se “Sadd-el-Kafara”, destacando-se pela sua altura considerável, localizada perto do Cairo, foi construída pelo Egípcios em 2600 AC, através do mesmo método de construção da mencionada anteriormente, tinha 14 m de altura e 113 m de comprimento (Bretas, Lemos , & Lourenço, 2012).

Durante o período Neolítico (5700-2800 AC), na Mesopotâmia e no Egipto, através da necessidade da utilização da água para fins agrícolas (irrigação), surgiram os primeiros esforços para controlar o fluxo de água sendo estes bem-sucedidos. Ainda hoje se pode observar o que resta destes canais pré-históricos (Mays, Koutsoyiannis, & Angelakis, 2007).

Posteriormente surgem os sistemas hidráulicos urbanos, na Idade do Bronze (cerca de 2800-1100 aC).

No mesmo período em Mohenjo-Daro, um grande centro urbano da Civilização Indu, tinha um sofisticado sistema de abastecimento de água e recolha de águas residuais. Em Nippur, escavações revelaram tubos de barro bem como tubos em “T” e curvas.

A recolha de águas pluviais e o armazenamento em cisternas para abastecimento urbano de água foi praticado aproximadamente no mesmo período em Jawa no nordeste da Jordânia (Mays, Koutsoyiannis, & Angelakis, 2007).

A primeira evidência da construção de estruturas de abastecimento de água e drenagem na Europa surge na Idade do Bronze em Creta, uma das ilhas Gregas, no segundo milénio antes de Cristo (Juuti, Katko, & Vuorinen, 2015). No período compreendido entre (3200-1100 AC) já possuíam, poços, aquedutos, cisternas, sistemas de abastecimento de água a nível doméstico, fontes e até mesmo uso de água para fins recreativos. Estes sistemas eram tão avançados que podem ser comparados com sistemas mais modernos, que só foram implementados na segunda metade do século 19 noutras cidades europeias e em cidades americanas (Dialynas & Angelakis). Os tubos usados neste período eram fabricados em terracota.

As civilizações Grega e Romana, nos períodos seguintes, foram as grandes impulsionadoras no que se refere a sistemas de abastecimento de água, desenvolvendo conceitos científicos e aptidões na área da engenharia. Levaram a cabo impressionantes e sucessivos melhoramentos nos sistemas hidráulicos, tanto na construção como na forma de operar estes mesmos sistemas.

Os Romanos foram capazes de expandir esses conceitos em projetos de grande escala no seu vasto império. Após a queda do império Romano, na idade média, os sistemas de abastecimento de água e saneamento, bem como a saúde pública na Europa diminuíram.

A evolução dos conceitos de ciência e tecnologia relacionados com os recursos hídricos estagnou. Dadas as condições insalubres que se viviam nesta época, várias epidemias devastaram a Europa (Mays, Koutsoyiannis, & Angelakis, 2007).

Só no século 19 a Europa voltou a atingir novamente elevados padrões no abastecimento de água e saneamento (Mays, Koutsoyiannis, & Angelakis, 2007).

2.1.1. História do abastecimento de água em Portugal

Segundo (Pato, 2011) em finais do século XIX começam a definir-se os contornos essenciais das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal.

Em finais do século XIX, começou a reconhecer-se o princípio 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.

Dadas as condições insalubres que se viviam nesta época observam-se elevadas taxas de mortalidade e morbilidade, nomeadamente infantil. Era, portanto, necessária uma reforma 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.

Entre 1899 e 1901 começou a ser publicada legislação relativa aos serviços de administração sanitária. A débil situação financeira do país, e a indecisão política relativamente ao melhor modelo de organização político-administrativa do território, limitavam a capacidade de desenvolvimento de sistemas públicos de abastecimento de água.

Em 1941 apenas 26% da população tinha acesso a sistemas de distribuição domiciliária de águas, em 1972 esta percentagem seria de 40% (Pato, 2011).

O país chega assim ao início da década de 1970 numa situação de enorme atraso sanitário. Continuavam a existir elevadas taxas de mortalidade e morbilidade por doenças infecciosas relacionadas com a falta de condições de higiene.

O processo de infraestruturização, para além de muito lento, não era complementado pelo reforço de meios laboratoriais e de fiscalização de qualidade das águas: as infraestruturas de distribuição de água poderiam assim transformar-se em veículo de contágio de doenças infecciosas.

Em relação ao processo iniciado na década de 1990, que deu origem à configuração que está atualmente em vigor pode fazer-se uma avaliação globalmente positiva da evolução observada até hoje no sector no que respeita aos níveis de atendimento da população com serviços de águas ou à fiscalização da qualidade das águas.

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. Os municípios realizaram um esforço importante no processo de infraestruturização, que iria resultar numa evolução quantitativa sem precedentes num curto espaço de tempo: entre 1975 e 1990 o nível de atendimento da população com serviço de abastecimento de água passa de 40%, para 80% (Pato, 2011).

2.1.2. História do abastecimento de água em Castelo Branco

A história do abastecimento de água do concelho de Castelo Branco foi aqui descrita de acordo com o sítio na *internet*, dos Serviços Municipalizados de Castelo Branco (SMCB, 2016).

Em Castelo Branco as primeiras referências ao abastecimento público de água, apontam para alguns chafarizes quinhentistas edificados para servir pequenos núcleos populacionais à sua volta.

Em finais do século XIX (1890), com o contínuo aumento da população, a Câmara Municipal de Castelo Branco investiu na realização de algumas melhorias no sistema de abastecimento de água à cidade.

A 4 de janeiro de 1892, lavrou-se a escritura de aquisição das nascentes das "Corticeiras" e da "Eirinha", na povoação de Casal da Serra. Depois do processo de aquisição foi aprovado o programa das captações de água e da sua condução e distribuição na cidade.

Em novembro de 1932 foi publicado o Decreto n.º 21 907, publicado no Diário do Governo, que veio regular as condições do abastecimento de água a Castelo Branco.

Perante o incessante crescimento demográfico, em 1934, a Câmara abriu concurso para a construção de mais uma barragem, denominada de "Barragem do Penedo Redondo", atual Barragem Salles Viana, no vale do rio Ocreza. Em outubro de 1935, com o termo das obras, ficava garantido o abastecimento de água à cidade para as décadas seguintes.

Prosseguiram os estudos de novas captações e ampliação da rede de distribuição, com a construção das infraestruturas e ramais necessários. Contudo não houve qualquer desenvolvimento relevante até à criação institucional dos Serviços Municipalizados.

Os Serviços Municipalizados de Água de Castelo Branco foram instituídos a 20 de dezembro de 1944, com o propósito de realizarem a exploração, sob forma industrial, do serviço público de captação, condução e distribuição de água potável. Com a municipalização das atividades de abastecimento de água os munícipes passaram a beneficiar de uma organização dedicada exclusivamente às mesmas.

Em 1987, foi levada a efeito a municipalização das atividades ligadas à drenagem de águas residuais

No período de existência inicial os Serviços Municipalizados realizaram a aquisição de outras nascentes, ampliaram a rede de distribuição na cidade e estenderam a algumas das principais povoações do concelho.

Tornando-se impreterível estender o abastecimento de água a todo o concelho, foi construída a barragem do Pisco e respetiva estação de tratamento, em S. Vicente da Beira. A ligação a partir desta barragem aconteceu no dia 26 de outubro de 1968.

Passado algum tempo, com o aumento progressivo do número de consumidores verificou-se que a capacidade das barragens existentes na altura era claramente insuficiente, o que poderia vir a comprometer o fornecimento de água em função da maior ou menor pluviosidade anual.

Era premente a construção de uma nova albufeira executando-se o respetivo projeto. A melhor localização para a mesma, foi definida pela zona adjacente à capela de "Santa Águeda", que hoje dá o nome à barragem. Seguiram-se anos de inúmeras dificuldades, soluções de recurso e restrições ao consumo que chegaram a limitar o fornecimento de água a apenas 3 horas diárias, em agosto de 1981.

No dia 11 de outubro de 1989 o abastecimento de água aos municípios do concelho de Castelo Branco começa também a ser processado a partir da barragem e estação de tratamento de Santa Águeda. Era o passo que faltava para tornar possível o abastecimento público a todos os municípios residentes no concelho.

2.2. Caracterização de sistemas de abastecimento de água

Os sistemas de abastecimento de água são classificados segundo as designações de “alta” e “baixa”, consoante as atividades realizadas.

O abastecimento de água em alta está associado à captação, tratamento e adução até aos reservatórios de distribuição, podendo ser assegurado por entidades gestoras que só gerem esta parte do sistema (em geral sistemas multimunicipais e intermunicipais) ou por entidades gestoras responsáveis também pela distribuição.

O abastecimento da água em baixa está associado à componente do sistema correspondente à distribuição até à torneira do consumidor, abrangendo igualmente os reservatórios de distribuição. Este abastecimento pode ser assegurado por entidades gestoras que só gerem esta componente do sistema, ou que, cumulativamente, são gestoras também da componente do sistema de produção, desde a origem até aos pontos de entrega às entidades gestoras em baixa (Simas *et al.*, 2005).

Um sistema de abastecimento de água é um conjunto de estruturas e equipamentos que asseguram a conectividade hidráulica e que ligam o meio hídrico a um conjunto de utilizadores, com o objetivo de prestação de serviços de abastecimento de água potável e/ou bruta (INSAAR, 2011).

Um sistema de abastecimento e distribuição água pode considerar-se constituído por um conjunto de partes. A cada uma dessas partes correspondem-lhe órgãos, constituídos por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controlo. Cada órgão num sistema de abastecimento e

distribuição de água tem um objetivo ou função (Sousa , 2001). Na Figura 1 é esquematizado um sistema de abastecimento de água.

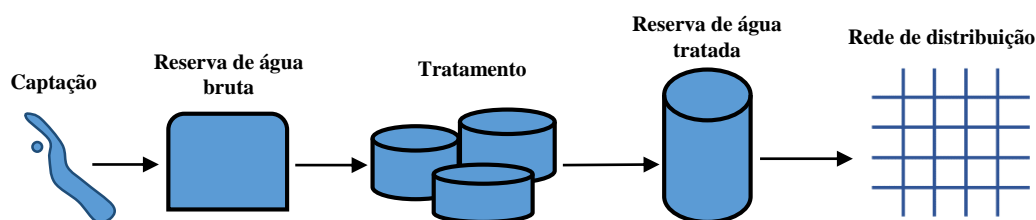


Figura 1: Esquema de um sistema de abastecimento de água (adaptada de (Vieira & Morais, 2005))

O abastecimento de água inicia-se com a captação que consiste em captar a água bruta nas origens (superficiais e subterrâneas), de acordo com as disponibilidades e as necessidades. Em Portugal cerca de 69% do volume de água captada provem de águas de superfície e 31 % provem de águas subterrâneas (INSAAR, 2011).

De seguida a água bruta é armazenada e posteriormente segue para as estações de tratamento de água (ETA), que se destinam a produzir água potável a partir de água bruta, obedecendo às normas de qualidade.

A água previamente tratada é posteriormente reservada, sendo que a reserva de água tratada, compensa as flutuações de consumo face à adução, constitui reservas de emergência (combate a incêndios ou em casos de interrupção voluntária ou acidental do sistema a montante), equilibra as pressões na rede de distribuição e regulariza o funcionamento das bombagens (Figura 2) (Sousa , 2001).

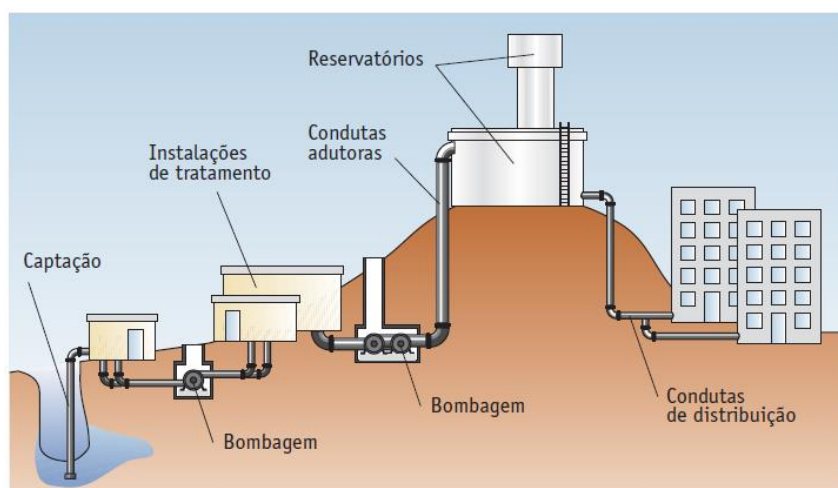


Figura 2: Esquema de transporte e armazenagem de água, com a designação dos respetivos órgãos responsáveis, da captação ao ponto de consumo, retirada de (Sousa , 2001)

O transporte ou adução da água entre os diversos órgãos pode ser efetuado: em pressão (por gravidade e por bombagem) ou com superfície livre (aquedutos e canais).

A elevação, efetuada em estações elevatórias e sobrepessoras, consiste em bombar água (bruta ou tratada) entre um ponto de cota mais baixa e um ou mais pontos de cota mais elevada.

2.2.1. Rede de distribuição

A rede de distribuição é composta pelo conjunto de tubagens e elementos acessórios, tais como, válvulas de seccionamento e de descarga, redutores de pressão, ventosas, bocas de rega e lavagem, hidrantes e instrumentação, destinado a transportar água para distribuição (Sousa , 2001).

As redes de distribuição são tipicamente infraestruturas enterradas, de cujos componentes apenas uma reduzida parte é fisicamente inspecionável (Coelho *et al.*, 2006).

A ligação domiciliária é efetuada através dos ramais de ligação que asseguram o abastecimento predial de água. O abastecimento é efetuado desde a rede pública até ao limite da propriedade a servir, em boas condições de caudal e pressão (Sousa , 2001). O respetivo ramal de ligação dispõe de uma válvula para corte do abastecimento de água, designada por torneira de suspensão, localizada na via pública o mais próximo possível do ponto de ligação entre o ramal e a canalização geral.

A válvula de corte do abastecimento ao edifício, designada por torneira de passagem, encontra-se frequentemente na fachada do edifício ou num dos muros que delimitam e destina-se a cortar o abastecimento a todo o edifício caso seja necessário.

Dentro do edifício existe uma canalização comum (tronco principal), de onde derivam as canalizações dedicadas a cada um dos diferentes consumidores (ramificação domiciliária). Em cada ramificação domiciliária existe uma válvula de corte de abastecimento ao respetivo consumidor, designada por torneira domiciliária. Cada consumidor dispõe, no final da respetiva ramificação domiciliária, de um contador e respetiva torneira de segurança, único equipamento dos descritos que pode ser manobrado pelo consumidor (Figura 3) (Rodrigues & Nunes , 2005).

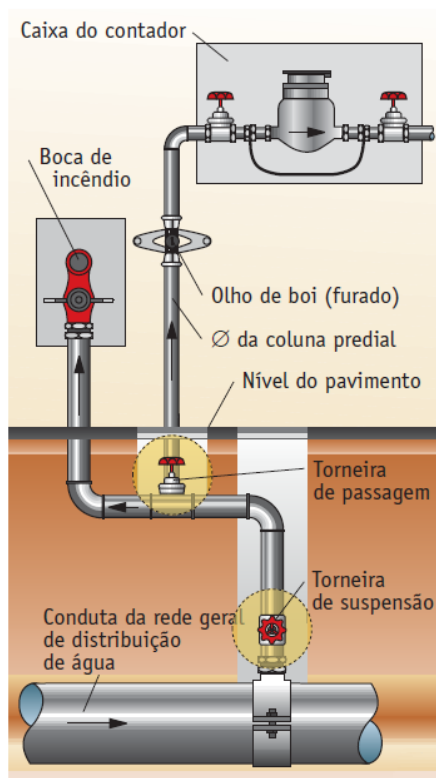


Figura 3: Ligação da rede pública a um edifício com a indicação dos equipamentos necessários (imagem adaptada de (Rodrigues & Nunes , 2005))

2.2.2. Juntas

As juntas (Figura 4) estabelecem a ligação de tubos, elementos acessórios e demais dispositivos da rede pública de distribuição e devem ser estanques, possibilitar a dilatação e facilitar a montagem e desmontagem de tubos e acessórios.

De acordo com a sua função e características, as juntas podem classificar-se em rígidas, flexíveis, de dilatação e de desmontagem (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).



Figura 4: Junta de desmontagem, retirada de (Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.))

2.2.3. Válvulas de seccionamento

As válvulas de seccionamento devem ser instaladas de forma a facilitar a operação do sistema e minimizar os inconvenientes de eventuais interrupções do abastecimento (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).

A sua função é permitir o isolamento de trechos de conduta em caso de avaria, evitando, assim o esvaziamento de grandes extensões de tubagem em caso de avaria ou limpeza (IST, 2009).

Segundo o decreto (Decreto Regulamentar nº 23/ 95), as válvulas de seccionamento devem ser devidamente protegidas e facilmente manobráveis e localizar-se, nomeadamente:

- a) Nos ramais de ligação;
- b) Junto de elementos acessórios ou instalações complementares que possam ter de ser colocados fora de serviço;
- c) Ao longo da rede de distribuição, por forma a permitir isolar áreas com um máximo de 500 habitantes;
- d) Ao longo de condutas da rede de distribuição, mas sem serviço de percurso, com espaçamentos não superiores a 1000 m;
- e) Nos cruzamentos principais, em números de três;
- f) Nos entroncamentos principais, em número de duas.

De acordo com (IST, 2009), as condutas adutoras localizam-se da seguinte forma:

- a) Com espaçamentos máximos entre 2 a 4 km (dependendo do perfil e diâmetros);
- b) À entrada e saída de reservatórios, de estações elevatórias e de câmaras de perdas de carga;
- c) Em derivações da conduta principal (tês), colocar uma em cada ramal.

Os tipos de válvulas de seccionamento são: válvula de cunha (Figura 5) e válvula de borboleta (Figura 6) (IST, 2009).



Figura 5: Válvula de cunha, retirada de (Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.))



Figura 6: Válvula de seccionamento tipo borboleta, retirada de (Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.))

2.2.4. Ventosas

As ventosas (Figura 7) têm por finalidade permitir a admissão e a expulsão de ar nas condutas (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).

As ventosas são utilizadas para:

- a) Permitir a saída do ar acumulado em pontos altos;
- b) Permitir a saída e a entrada de grandes quantidades de ar aquando do enchimento e do esvaziamento das condutas, respetivamente;
- c) a entrada de pequenas quantidades de ar (quando ocorrem depressões) (IST, 2009).

As ventosas devem ser localizadas nos pontos altos, nomeadamente nos extremos de condutas periféricas ascendentes, e nas condutas de extensão superior a 1000 m sem serviço de percurso.

Nas condutas referidas anteriormente as ventosas devem localizar-se:

- a) A montante ou a jusante de válvula de seccionamento consoante se encontrem respetivamente os troços ascendentes ou descendentes;
- b) Na secção de jusante de troços descendentes pouco inclinados quando se lhes segue um troço descendente mais inclinado.

O diâmetro mínimo de uma ventosa não deve ser inferior a um oitavo do diâmetro da conduta onde é instalada, com um mínimo de 20 mm (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).



Figura 7: Ventosa, retirada de (Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.))

2.2.5. Válvulas de descarga

As válvulas de descarga de fundo destinam-se a permitir o esvaziamento de troços de condutas e de partes de redes de distribuição situados entre válvulas de seccionamento, nomeadamente para proceder a operações de limpeza, desinfeção ou reparação, e devem ser instaladas:

- a) Nos pontos baixos das condutas;
- b) Em pontos intermédios de condutas com o mesmo sentido de inclinação em comprimentos considerados relativamente elevados. Nestes casos, as válvulas de descarga devem localizar-se imediatamente a montante ou a jusante das válvulas de seccionamento, respetivamente, nas condutas descendentes e ascendentes.

Os efluentes das válvulas de descarga de fundo devem ser lançados em linhas de água naturais, coletores pluviais ou câmaras de armazenamento transitório, salvaguardando-se, em qualquer dos casos, os riscos de contaminação da água da conduta.

Sempre que necessário, devem prever-se na zona de lançamento dispositivos de dissipação de energia cinética.

O dimensionamento de uma válvula de descarga de fundo consiste na determinação do seu diâmetro de modo a obter-se um tempo de esvaziamento do troço de conduta compatível com o bom funcionamento do sistema, não devendo o seu diâmetro ser inferior a um sexto do diâmetro da conduta onde é instalada, com um mínimo de 50 mm (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).

2.2.6. Válvula redutora de pressão

As válvulas redutoras de pressão (VRP) têm como principal função limitar a pressão a jusante.

As válvulas redutoras de pressão devem ser instaladas em câmaras de manobra que garantam proteção adequada e fácil acessibilidade, dispondo a montante de filtro para retenção de areias e a jusante de manómetro ou dispositivo que permita fácil adaptação do mesmo, para controlo de pressões.

As válvulas redutoras de pressão também devem ser dotadas de válvulas de seccionamento, a montante e a jusante, e de by-pass com seccionamento eventualmente amovível, cuja eficiência deve ser permanentemente assegurada, dispensando-se este no caso de válvulas redutoras instaladas em paralelo (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).

Existem diversos tipos de válvulas redutoras de pressão, sendo as mais comuns - válvulas de mola, de pistão e de diafragma (Figura 8).

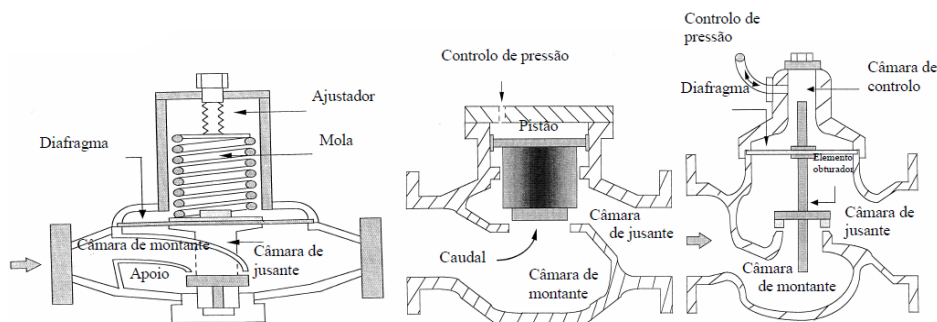


Figura 8: Esquema das três válvulas redutoras de pressão, de mola, pistão e diafragma respetivamente, retirada de (Ramos , Covas , & Araújo, 2004)

Genericamente, o princípio de funcionamento de uma VRP consiste em acionar o dispositivo de obturação sempre que a pressão a jusante for demasiado elevada, por forma a aumentar a perda de carga localizada no sistema, reduzindo o valor da pressão a jusante até ao valor pretendido (valor designado por carga de definição da válvula redutora de pressão, H_{VRP}); se pelo contrário, a pressão a jusante descer abaixo de um determinado valor, a válvula abre, diminui a perda de carga, aumentando a linha de energia e a pressão a jusante atinge o valor pretendido (Ramos , Covas , & Araújo, 2004).

Deste modo, distinguem-se fundamentalmente três tipos de funcionamento (Figura 9):

1. em que a válvula provoca uma perda de carga localizada no sistema reduzindo o valor da pressão a jusante e que se designa por estado ativo da válvula;
2. se a pressão a montante for insuficiente e inferior à carga de definição da VRP, a válvula abre totalmente, mantendo a montante e a jusante a mesma pressão a menos da perda de carga localizada introduzida pela válvula aberta designado por estado passivo com a válvula aberta;
3. sempre que, por qualquer razão, a pressão a jusante seja superior à pressão a montante, a válvula fecha totalmente funcionando como uma válvula de retenção que impede a inversão do escoamento, caracterizando assim o estado passivo da válvula fechada (Ramos , Covas , & Araújo, 2004).

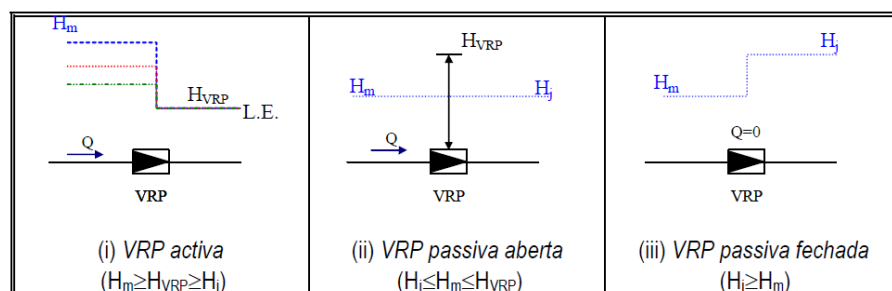


Figura 9: Tipos de funcionamento de uma válvula redutora de pressão, retirada de (Ramos , Covas , & Araújo, 2004)

As VRP podem ser controladas mecânica ou eletronicamente, de modo a funcionarem, não apenas para um único valor de pressão, mas para diversos patamares de pressão definidos em função da variação de consumo, permitindo, assim, uma gestão mais eficiente dos níveis de serviço e um melhor desempenho hidráulico do sistema.

Através de válvulas redutoras de pressão, Figura 10, podem minimizar-se a ocorrência de fugas e os consumos desnecessários sem o prejuízo do desempenho hidráulico do sistema e do nível de serviço dos consumidores, quando se trata de um sistema de distribuição de água às populações ou para rega. Na situação em que não se utiliza qualquer dispositivo redutor de pressão, a pressão varia significativamente ao longo do dia (no tempo), e ao longo do perfil da conduta (no espaço), exigindo-se a garantia do nível de serviço mínimo aos consumidores (dependente da pressão mínima de serviço imposta) (Ramos , Covas , & Araújo, 2004).



Figura 10: Aspeto exterior de uma válvula redutora de pressão, retirada de (Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.))

2.2.7. Bocas de rega e de lavagem

As bocas de rega, Figura 11, estão inseridas em caixas nos passeios e dispõem de uma válvula de corte (Rodrigues & Nunes , 2005).

A implementação das bocas de rega e lavagem é função da organização urbanística dos aglomerados populacionais, nomeadamente arruamentos e espaços verdes. O afastamento entre bocas de rega e lavagem, quando necessárias, não deve ser superior a 50 m.

O diâmetro nominal mínimo das bocas de rega e lavagem e respetivos ramais de alimentação é de 20 mm (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).



Figura 11: Corte com vista interior e exterior de uma boca de rega e de lavagem, retirada de (Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.))

2.2.8. Hidrantes

O sistema público de abastecimento de água também é utilizado para serviço de incêndio, quer para veículos de bombeiros, quer para instalações hidráulicas privativas de incêndio.

Em vários pontos das canalizações gerais da rede pública de distribuição, derivam tubagens (ramais de ligação) que alimentam os equipamentos destinados a abastecer os veículos de bombeiros em caso de incêndio (Rodrigues & Nunes , 2005).

De acordo com (Rodrigues & Nunes , 2005), esses equipamentos são designados por hidrantes e podem ser de dois tipos:

- Bocas de incêndio;
- Marcos de incêndio (ou marcos de água).

As bocas de incêndio não são mais do que saídas da rede de distribuição de água, destinadas a ser utilizadas pelos bombeiros, podendo ser de parede ou de passeio, onde normalmente se encontram incorporadas (Rodrigues & Nunes , 2005).

Cada boca de incêndio possui uma torneira macho (sem volante) e encontra-se permanentemente em carga. As bocas de incêndio possuem diâmetros de 45 mm ou de 38 mm e estão protegidas por tampões. Uma boca de incêndio deve estar ligada à canalização geral por uma tubagem de diâmetro nunca inferior a 40 mm (Rodrigues & Nunes , 2005).

Os hidrantes mais potentes, em termos de caudal de água que disponibilizam, são os marcos de incêndio.

Os marcos de água encontram-se salientes em relação ao nível do pavimento (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).

Os marcos de incêndio em Portugal são de diversos tipos, mas todos eles devem estar ligados à canalização geral, por tubagem cujo diâmetro depende do tipo de marco, mas nunca inferior a 90 mm (Figura 12) (Rodrigues & Nunes , 2005).

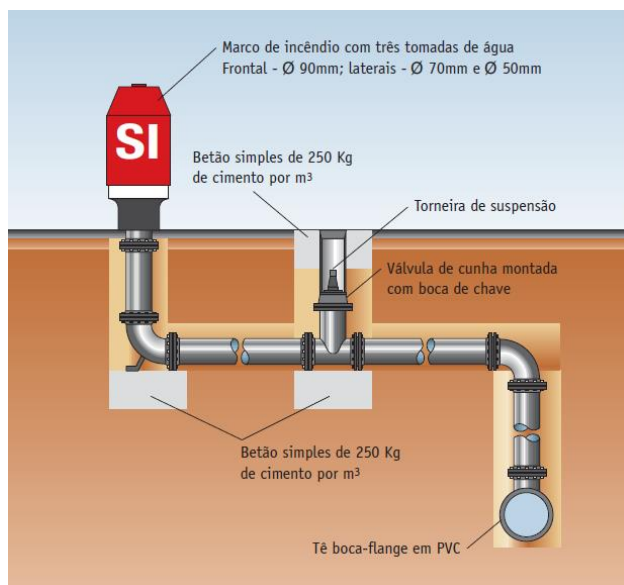


Figura 12: Esquema de instalação de um hidrante, retirada de (Rodrigues & Nunes , 2005)

A conceção dos hidrantes, Figura 13, deve garantir a sua utilização exclusiva pelas corporações de bombeiros e serviços municipais (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).



Figura 13: Aspeto exterior de dois modelos de hidrantes distintos, retirada de (Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.))

2.2.9. Tubagem

As tubagens de abastecimento de água podem ser de diversos materiais.

As condutas podem ser constituídas por materiais cimentícios, orgânicos ou metálicos.

Dentro dos metais cimentícios encontram-se as condutas constituídas por betão e argamassas de ligantes hidráulicos e seus componentes (cimentos inertes, água, aditivos, adjuvantes e fibras).

Os materiais orgânicos tipicamente utilizados no fabrico de condutas são os seguintes: materiais compósitos de matriz polimérica e elastómeros, tais como polietileno (PE), polipropileno (PP), cloreto de polivinilo (PVC), resinas epoxídicas, etc.

Nos materiais metálicos incluem-se as condutas constituídas por aço, cobre, ferro fundido dúctil e ligas metálicas (como por exemplo latão) (Benoiel *et al.*, 2009).

2.2.10. Instrumentação

Medidores de caudal

Nos sistemas de distribuição de água são colocados medidores de caudal (caudalímetros) que têm como funções: controlo operacional dos sistemas; realização do balanço hídrico; avaliação e controlo de perdas de água; contabilização de transações de água bruta ou de água tratada com outros sistemas de abastecimento; cálculo de indicadores de desempenho associados a volumes e a perdas de água (Alegre & Covas, 2010).

Os medidores de caudal determinam o volume de água que se escoia, podendo, conforme os modelos, fazer a leitura do caudal instantâneo e do volume escoado ou apenas deste e ainda registar esses valores.

Os medidores de caudal devem ser instalados em locais devidamente protegidos, acessíveis e de forma a possibilitarem leituras corretas, sendo recomendável a colocação de válvulas de seccionamento a montante e a jusante do medidor de caudal.

De modo a evitar perturbações nas medições os caudalímetros não devem ser instalados em pontos de eventual acumulação de ar. Devem ser previstos comprimentos mínimos das tubagens a montante e a jusante dos mesmos, com valores recomendados pelos fabricantes, que só podem ser reduzidos pela utilização de reguladoras de escoamento (Decreto Regulamentar n.º 23/ 95).

Os medidores de caudal são equipamentos tipicamente dispendiosos, que obrigam a um planeamento cuidado da sua localização. A sua instalação pode obrigar a cortes do abastecimento ou alterações temporárias na rede, devendo procurar-se minimizar as perturbações aos consumidores e ao normal funcionamento da rede (Alegre & Covas, 2010).

Em concordância com (Henriques *et al.*, 2006), os locais onde tipicamente são instalados caudalímetros em sistemas de abastecimento de água são os seguintes (Figura 14):

- à saída da captação;
- à entrada de água bruta importada;
- à saída de água bruta exportada;
- à entrada e à saída da estação de tratamento de água;
- à saída de água tratada exportada;
- à saída de cada estação elevatória;
- saída de cada reservatório;
- em todos os pontos de entrega de água a utilizadores;
- em diversos pontos da rede de distribuição, criteriosamente seleccionados, que permitam melhorar o controlo operacional do sistema (e.g., à entrada de ZMC ou de ZGP).

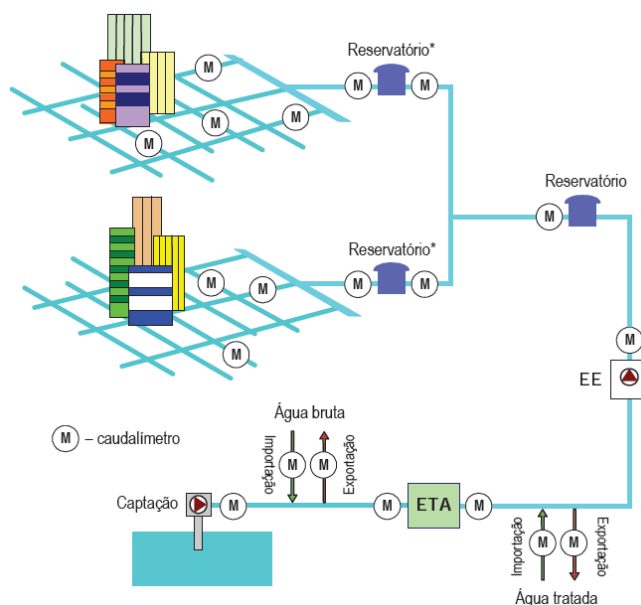


Figura 14: Localização típica de caudalímetros em sistemas de abastecimento de água, retirada de (Henriques *et al.*, 2006)

Os tipos de medidores de caudal mais frequentemente utilizados em escoamentos sob pressão são: electromagnéticos, ultrassónicos e deprimogéneos (Henriques *et al.*, 2006).

Na seleção de um medidor de caudal deve considerar-se um conjunto de parâmetros tais como, a gama de caudais a medir, a precisão pretendida, a perda de carga admissível, a pressão de serviço, o diâmetro e a posição da conduta, o espaço para a montagem, a robustez, a

simplicidade de reparação e a necessidade de medições num ou nos dois sentidos (Decreto Regulamentar nº 23/ 95).

Um caudalímetro eletromagnético, Figura 15, é composto por um elemento primário (ou transdutor de caudal) e um elemento secundário (ou condicionador de sinal), que extrai o sinal de tensão, amplificando-o, processando-o e convertendo-o num sinal de saída normalizado. De acordo com o tipo de primário os caudalímetros eletromagnéticos podem ser classificados em: tubular ou de inserção no escoamento, sendo o tubular o mais utilizado em sistemas de abastecimento, designado apenas por caudalímetro electromagnético (Alegre & Covas, 2010) (Henriques, Palma, & Ribeiro, 2006).

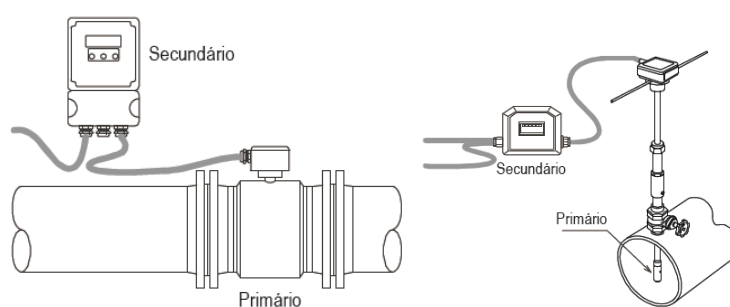


Figura 15: Constituição de um caudalímetro eletromagnético: tubular -à esquerda; de inserção - à direita, (retirada de (Henriques *et al.*, 2006))

Segundo (Henriques *et al.*, 2006), um primário tubular é constituído por:

- um tubo cilíndrico de material não-magnético no qual se escoo o líquido, designado por tubo de medição;
- um eletromagneto, que gera um campo magnético, sendo a direção deste perpendicular ao eixo do tubo de medição e, portanto, à direção do escoamento;
- dois elétrodos, que captam a diferença de potencial induzida, colocados no tubo de medição em posições diametralmente opostas, com o respetivo eixo perpendicular à direção do campo magnético.

O princípio de transdução de um caudalímetro electromagnético é baseado na lei de Faraday da indução eletromagnética. Esse princípio é esquematizado na Figura 16 no caso de um caudalímetro tubular.

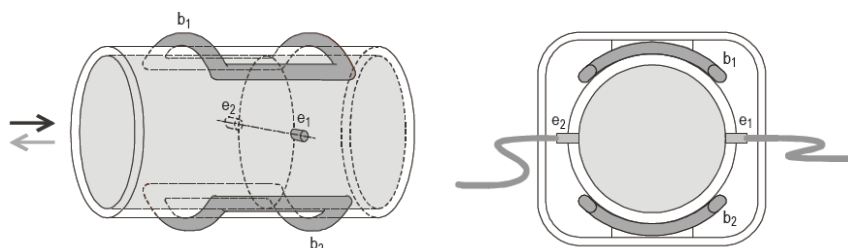
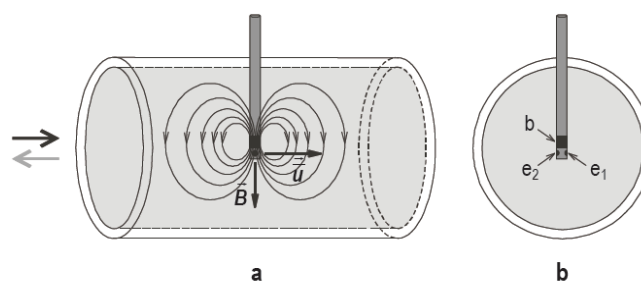


Figura 16: Esquema do primário de um caudalímetro eletromagnético tubular: em cima a perspectiva transparente; em baixo o corte pelo plano dos eletrodos (b1, b2 - enrolamentos do electromagneto; e1, e2 - eletrodos) (retirada de (Henriques *et al.*, 2006))

Num caudalímetro eletromagnético de inserção, o primário é de tamanho reduzido e está inserido numa sonda, cuja cabeça contém o electromagneto gerador do campo magnético e o par de eletrodos, como se ilustra na Figura 17, que esquematiza o seu funcionamento.

A sonda é introduzida na conduta através de uma tomada ou picagem com válvula de secionamento apropriada, não sendo necessário interromper o escoamento para a introdução da mesma, posteriormente é convenientemente posicionada no interior do escoamento.



b - enrolamentos do electromagneto

e₁, e₂ - eletrodos

Figura 17: Sonda introduzida na conduta com o esquema do respetivo campo magnético, retirada de (Henriques *et al.*, 2006)

Um caudalímetro ultrassónico é caracterizado por emitir ondas ultrassónicas (contínuas ou pulsadas) que se propagam através do líquido, recebendo-as depois de terem sofrido a influência do escoamento e usa o resultado dessa influência para medir o caudal.

É composto pelos transdutores ultrassónicos, um tubo de medição, onde o par de transdutores ultrassónicos está montado, e um condicionador de sinal (ou elemento secundário).

Existem vários tipos de caudalímetros ultrassónicos em função do tipo de primário e do modo de transmissão das ondas acústicas tais como: caudalímetro ultrassónico tubular, caudalímetro com um par de transdutores ou caudalímetro Doppler (Alegre & Covas, 2010).

Um caudalímetro ultrassónico tubular, Figura 18, é assim designado pelo tipo de primário que possui. Tem apenas um par de transdutores de transmissão direta das ondas ultrassónicas entre os mesmos.

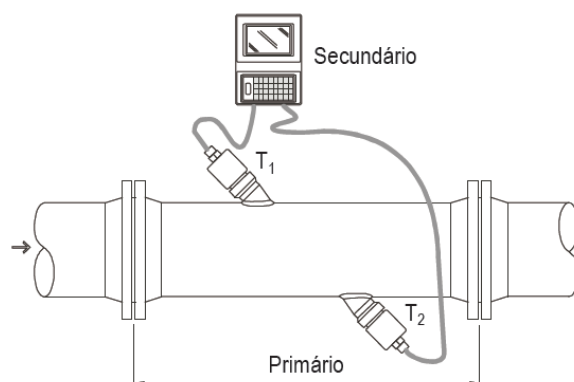


Figura 18: Constituição de um caudalímetro ultrassónico tubular de transmissão direta, retirada de (Henriques *et al.*, 2006)

O caudalímetro com um par de transdutores sobre a conduta, possui transdutores que, em vez de contactarem o líquido, são embutidos na superfície exterior da própria conduta onde se pretende medir o caudal (Figura 19) (Henriques *et al.*, 2006).

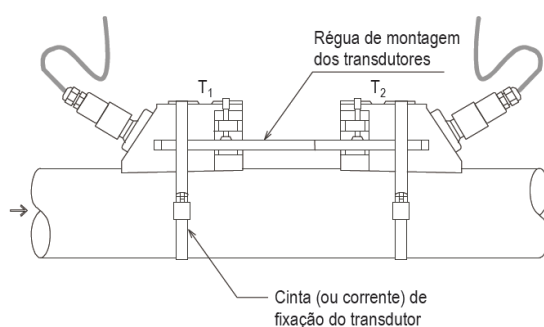


Figura 19: Par de transdutores ultrassónicos montados sobre a conduta de instalação (vista de cima) em modo de transmissão por reflexão, retirada de (Henriques *et al.*, 2006)

O caudalímetro ultrassónico Doppler é utilizado em escoamentos sob pressão em que no líquido estão presentes adequadas concentrações de discontinuidades acústicas, como bolhas gasosas ou partículas sólidas em suspensão, que funcionem como refletoras das ondas ultrassónicas. A sua designação decorre de um efeito com o mesmo nome, no qual o respetivo princípio de transdução se baseia.

A Figura 20 esquematiza o princípio de transdução de um caudalímetro ultrassónico Doppler com um só transdutor sobre a conduta. Cada um dos dois elementos piezoelétricos do transdutor funciona, em geral, alternadamente como emissor e como recetor das ondas ultrassónicas (Henriques *et al.*, 2006).

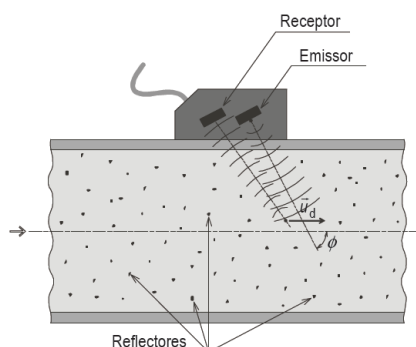


Figura 20: Esquemática do princípio de transdução de um caudalímetro ultrassónico Doppler, retirada de (Henriques *et al.*, 2006)

Um caudalímetro deprimogéneo (Figura 21), ou caudalímetro de pressão diferencial, é constituído por um primário, que é inserido na conduta de instalação, o qual introduz um estreitamento no escoamento, e um secundário, que é basicamente um manómetro diferencial dotado de meios de cálculo do caudal. De acordo com o tipo de primário existem três tipos de caudalímetros deprimogéneos (Figura 22): diafragma, bocal ou tubo Venturi (Alegre & Covas, 2010).

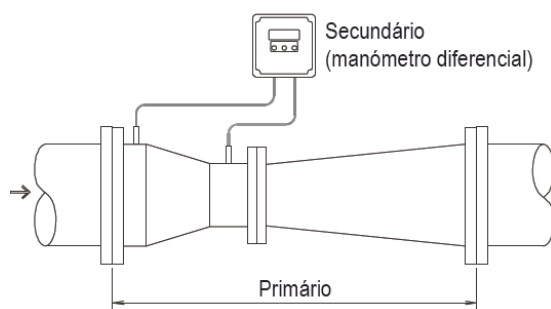
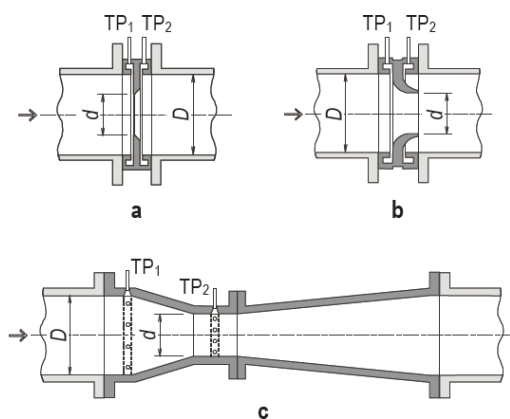


Figura 21: Constituição de um caudalímetro deprimogéneo, retirada de (Henriques *et al.*, 2006)



TP₁ – tomada de pressão de montante
TP₂ – tomada de pressão de jusante

Figura 22: Primários de caudalímetros deprimogéneos: a - diafragma; b - bocal; c - tubo Venturi, retirada de (Henriques *et al.*, 2006)

Medidores de pressão

Os medidores de pressão podem ser mais ou menos sofisticados. Os transdutores de pressão são os mais sofisticados, Figura 23, sendo os manómetros os menos sofisticados, Figura 24. Podem ainda ser do tipo portátil ou fixo (Alegre & Covas, 2010).



Figura 23: Transdutor de pressão, retirado de (<http://bombacontrol.pt>)



Figura 24: Manómetro, retirado de (<http://www.wika.us>)

O principal objetivo da medição de pressão é permitir a operação do sistema de modo a assegurar a satisfação de pressões de serviço adequadas nos pontos de consumo. Especificamente, a medição de pressão é utilizada para: controlo de grupos elevatórios e da abertura e fechamento de válvulas de operação de reservatórios; regulação de válvulas reductoras de pressão; monitorização de ZMC/ZGP; e recolha informação para a utilização e a calibração de modelos de simulação.

Neste sentido, os medidores de pressão podem ser instalados: a jusante de estações elevatórias, a montante e a jusante de válvulas reductoras de pressão; à entrada de zonas de medição e controlo; ou em zonas pontuais de rede. Podem também ser instaladas à saída de reservatórios com o objetivo de medir o nível da água no interior dos mesmos.

Tanto os medidores de pressão como os de caudal, podem ser de leitura instantânea ou com a capacidade de registo através de datalogger. Os equipamentos fixos podem estar ou não ligados a sistemas de telemedição ou a dataloggers. Os equipamentos portáteis são capazes de transmitir dados à distância através de transmissores rádio ou GSM.

Na Figura 25 é apresentado um exemplo do registo do caudal e da pressão efetuado ao nível da rede de distribuição, durante um período de vinte e quatro horas. Destaca-se a forma como o caudal e a pressão variam inversamente: no período de consumo mínimo, a pressão é máxima e durante o período de ponta a pressão é mínima. (Alegre & Covas, 2010)

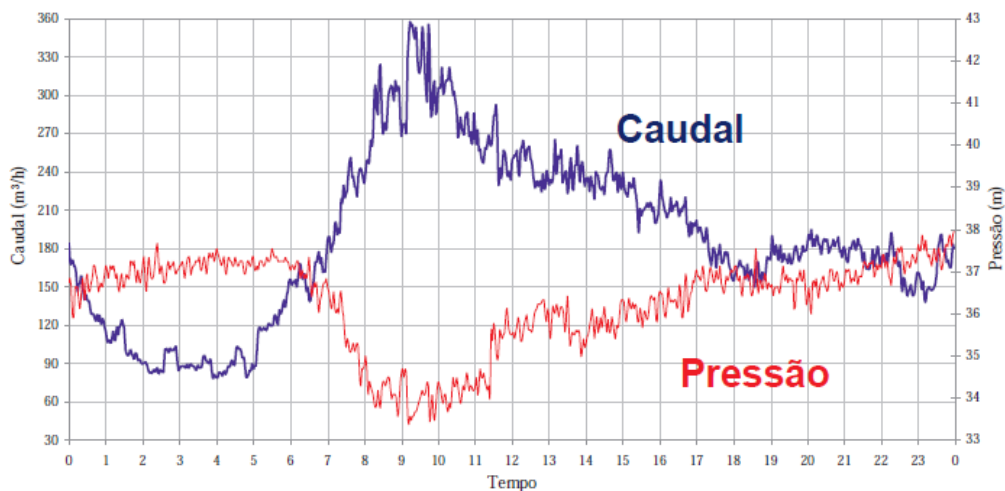


Figura 25: Registos de pressão e de caudal, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

2.3. Controlo de perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento

As perdas de água são responsáveis por uma das principais fontes de ineficiência das entidades gestoras de abastecimento de água.

Observando outros sectores produtivos, verifica-se que são muito poucos os que se permitem perder, no processo de transporte e distribuição, parcelas tão significativas do produto produzido (Alegre H. *et al.*, 2005).

Em média em Portugal, 35% da água captada, tratada e distribuída pelos sistemas de abastecimento não é faturada.

A água não faturada implica, para além de impactes ambientais, reduções de receitas significativas que comprometem a sustentabilidade económica e financeira das entidades gestoras e aumento da despesa dos consumidores a quem é faturada a água. Em Portugal continental, dos cerca de 850 milhões de m³ de água captada cerca de 300 milhões de m³ não são faturados.

O limiar técnico aceitável de água não faturada é cerca de 20% da água entrada nos sistemas de abastecimento. Em Portugal a situação é claramente insatisfatória, face aos 35% de água não faturada. As entidades gestoras incorrem em custos por água captada, tratada e distribuída, mas que acaba por não ser faturada. O custo da água não faturada corresponde a

cerca de 167 milhões de euros anuais, existindo por isso um grande potencial de melhoria (ERSAR, 2013).

2.3.1. Balanço hídrico

De acordo com a *International Water Association* (IWA), o balanço hídrico é presentemente o método mais utilizado na análise de todos os componentes de um sistema de abastecimento de água (consumo e perdas de água, sendo estas divididas por perdas reais e perdas aparentes) (CESDA, 2014).

O balanço hídrico deve ser calculado numa base anual, de modo a minimizar os efeitos de inevitavelmente haver desfasamentos entre os intervalos de leitura dos diversos medidores de caudal (CESDA, 2014).

As perdas reais representam o volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado (Alegre H. , Coelho, Almeida, & Vieira, 2005). As perdas reais incluem, portanto, fugas e roturas em condutas e ramais.

As fugas representam toda a água perdida continuamente (não detetada) devido à presença de orifícios nas condutas ou à falta de estanquicidade das juntas, válvulas e outros acessórios das infraestruturas, e que nunca chega a ser utilizada pelos consumidores.

As roturas são caracterizadas por acidentes súbitos em condutas, ramais e acessórios. Têm origem em sobrepensões ou sobrecargas excessivas, provocadas por outros operadores no subsolo, defeitos estruturais, assentamentos diferenciais ou por situações extremas de funcionamento (CESDA, 2014).

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 (Alegre H. *et al.*, 2005).

De acordo com (Alegre H. *et al.*, 2005), as perdas de água reais dependem de um conjunto de fatores, devendo estes ser claramente caracterizados. A sua identificação é determinante para a escolha dos indicadores de desempenho técnico. Os fatores que influenciam as perdas reais são os seguintes:

- O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- a pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- a densidade e comprimento médio de ramais;
- a localização do medidor domiciliário no ramal;

- comprimento total de condutas;
- o tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- a percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (fator muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

As perdas aparentes contabilizam 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) (Alegre H. *et al.*, 2005) (CESDA, 2014).

As perdas aparentes, relativas a consumos não autorizados e a erros de medição, têm origem em diversas causas. Os fatores contextuais a ter em conta dependem na natureza de cada causa.

As perdas aparentes relativas a consumos não autorizados incluem o estabelecimento e uso de ligações ilícitas e a utilização fraudulenta de marcos e bocas de incêndio, localizadas quer em locais públicos quer particulares.

O uso de ligações ilícitas sucede principalmente em áreas com construção clandestina e em áreas com baixa segurança. Embora o contexto externo inevitavelmente afete os resultados, a entidade gestora pode aplicar algumas medidas para atenuar os efeitos destas situações.

As perdas aparentes relativas a erros de medição incluem:

- erros de medição dos contadores em condições normais de medição;
- erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- erros de leitura ou registo;
- erros de medição por avaria (“natural” ou por violação do equipamento);
- leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores (dentro das habitações).

O controlo das três primeiras causas de erros de medição referidas depende da ação da entidade gestora, não existindo fatores contextuais relevantes a assinalar. Nos casos em que ocorrem erros de medição por avaria, a entidade gestora pode agir para detetar com celeridade as ocorrências e reduzir a sua frequência, embora o contexto externo possa por vezes dificultar a ação (Alegre H. *et al.*, 2005).

Balanço hídrico standard (ERSAR)

Segundo a ERSAR (CESDA, 2014), os passos para calcular o balanço hídrico (Tabela 1), a água não faturada e as perdas de água são os seguintes:

“Passo 0: Definir os limites exatos do sistema (ou setor de rede) a auditar; definir as datas de referência (definindo um período de um ano);

Passo 1: Determinar o volume de água entrada no sistema;

Passo 2: Determinar o consumo faturado medido e o consumo faturado não medido sendo o somatório destes o consumo autorizado faturado e a água faturada;

Passo 3: Calcular o volume de água não faturada, subtraindo a água faturada à água entrada no sistema;

Passo 4: Indicar o consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido, sendo o somatório destes o consumo autorizado não faturado;

Passo 5: Determinar o consumo autorizado, através do somatório dos volumes correspondentes ao consumo autorizado faturado e ao consumo autorizado não faturado;

Passo 6: Calcular as perdas de água, como a diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado;

Passo 7: Avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição, somá-las e registar o resultado das perdas aparentes

Passo 8: Calcular as perdas reais, subtraindo as perdas aparentes às perdas de água;

Passo 9: Avaliar as parcelas das perdas reais usando os melhores métodos disponíveis (análise de cálculos noturnos, dados de medição zonada, cálculos de frequência/caudal/duração das roturas, modelação de perdas baseada em dados locais sobre o nível-base de perdas, etc.), somá-las e compara com o resultado das perdas reais. “

Tabela 1: Balanço Hídrico, retirada de (CESDA, 2014)

| | | | | |
|---|--|---|--|---|
| Água entrada no sistema [m ³ /ano] | Consumo autorizado [m ³ /ano] | Consumo autorizado faturado [m ³ /ano] | Consumo faturado medido [m ³ /ano] | Água faturada [m ³ /ano] |
| | | | Consumo faturado não medido [m ³ /ano] | |
| | | Consumo autorizado não faturado [m ³ /ano] | Consumo não faturado medido [m ³ /ano] | Água não faturada (perdas comerciais) [m ³ /ano] |
| | | | Consumo não faturado não medido [m ³ /ano] | |
| | Perdas de água [m ³ /ano] | Perdas aparentes [m ³ /ano] | Uso não autorizado [m ³ /ano] | |
| | | | Perdas de Água por erros de medição [m ³ /ano] | |
| | | Perdas reais [m ³ /ano] | Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento (quando aplicável) [m ³ /ano] | |
| | | | Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano] | |
| Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano] | | | | |
| Fugas nos ramais de ligação (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano] | | | | |

2.3.2. Dimensão do problema

De acordo com (Alegre & Covas, 2010), as perdas de água constituem um problema com várias dimensões (económico-financeira, técnica, ambiental, saúde pública, social), que serão descritas a seguir.

Dimensão económico-financeira

As perdas de água correspondem a água que não é faturada nem utilizada para outros usos autorizados, mas que é captada, tratada, transportada em infraestruturas de elevado valor patrimonial e com custos de operação e manutenção significativos.

A dimensão económico-financeira das perdas de água é de grande relevância e constitui em geral a principal motivação das entidades gestoras que levam a cabo iniciativas no domínio do controlo ativo de perdas.

Dimensão técnica

Na prática não existem redes totalmente estanques. É inevitável existirem algumas fugas ou extravasamentos. Contudo, numa rede bem construída e mantida as perdas são menores. Quando o volume de perdas reais é elevado, mesmo que o valor económico da água perdida possa ser insuficiente para justificar intervir, devem merecer das entidades gestoras grande atenção, uma vez que é um indicador de que a rede não se encontra em boas condições.

Dimensão ambiental

A dimensão ambiental das perdas, assume grande relevância em regiões onde existe escassez de água com qualidade adequada à produção de água para consumo humano, tornando-se muito mais expressiva com a entrada em vigor da Diretiva Quadro da Água. Esta Diretiva implica o aumento das 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. Deste modo, independentemente das características físicas e topológicas dos sistemas, interessa à entidade gestora ter uma noção clara da percentagem de água que entra no sistema que é perdida por fugas e extravasamentos (INAG 2001).

Dimensão de saúde pública

As perdas reais devidas a fugas são originadas pela falta de estanquidade dos sistemas. Assim, os locais onde existem fugas são potenciais fontes de contaminação da água fornecida aos consumidores. A probabilidade de contaminação é baixa quando todo o sistema está pressurizado, com pressões internas superiores às externas. Quando há necessidade de interromper o fornecimento por diversas razões, a pressão interna baixa e a probabilidade de ocorrência de contaminações aumenta substancialmente. Portanto, mesmo que o valor económico da água perdida não compense o investimento necessário para reduzir as fugas de água, a dimensão de saúde pública não pode ser descuidada. A adição de desinfetante residual diminui os riscos, mas como se sabe hoje em dia esta não é solução ideal, sendo preferível atuar na prevenção.

Dimensão social

As perdas de água são um dos fatores de ineficiência das entidades gestoras para os quais provavelmente a sociedade é mais sensível e está mais alertada, principalmente quando ocorrem aumentos nos tarifários. A implementação da Diretiva Quadro da Água, que requer que a tarifa reflita os custos reais, na sua globalidade, vai implicar aumentos significativos do preço da água em muitos locais do país onde tal ainda não acontece.

Outro aspeto relacionado com a dimensão social das perdas de água está relacionado com o papel que o cidadão comum pode ter como agente ativo do processo. Se a sociedade for devidamente informada e motivada a participar, pode prestar um auxílio de grande utilidade na localização de fugas visíveis e na monitorização dos consumos domésticos, comunicando eventuais ocorrências às entidades competentes.

Capítulo 3

3. Gestão Patrimonial de Infraestruturas de Abastecimento de Água

A gestão patrimonial de infraestruturas, GPI consiste na gestão estratégica e sustentável do património existente em infraestruturas. Em terminologia anglo-saxónica, designa-se por *infrastructure asset management*.

As entidades titulares e as entidades gestoras do serviço de abastecimento de água possuem três tipos de ativos: ativos fixos tangíveis, ativos intangíveis e ativos financeiros.

No caso do abastecimento de água, a gestão patrimonial de infraestruturas incide sobre a gestão dos ativos fixos tangíveis que compõem os sistemas diretamente associados à prestação do serviço, tais como as condutas, os reservatórios, as estações elevatórias e as estações de tratamento (Alegre & Covas, 2010).

A Figura 26 mostra a relação entre os ativos físicos infraestruturais e os restantes ativos da organização. As abordagens de GPI e os respetivos planos centram-se na infraestrutura, contudo deverão atender às principais relações entre esta e os restantes tipos de ativo.



Figura 26: Interação entre os ativos físicos infraestruturais e os restantes ativos da organização no âmbito da GPI, imagem adaptada de (Alegre & Covas, 2010)

A GPI é mundialmente aceite como essencial para a sustentabilidade dos serviços que possuem infraestruturas físicas de elevado custo de construção e manutenção. Considerando o panorama atual de escassez de recursos, o capital que é possível mobilizar para construir e reabilitar infraestruturas de serviços públicos é inferior ao que seria desejável. Torna-se, portanto, imprescindível assegurar que as decisões são as mais racionais e transparentes, maximizando os benefícios numa perspetiva de longo prazo.

Os serviços urbanos de água constituem um exemplo paradigmático. Uma vez que são serviços públicos essenciais, tendem a ser considerados pelas populações como óbvios e por isso pouco valorizados. São dependentes de infraestruturas de elevado custo, de elevada durabilidade, e de baixa visibilidade por serem maioritariamente enterradas. Não estão sujeitos aos mecanismos de mercado incentivadores de melhorias de eficiência, por serem considerados monopólios naturais (Alegre H. *et al.*, 2012).

A GPI deve ser abordada em diferentes níveis de decisão sendo estes o nível estratégico, tático e operacional. O nível estratégico é orientado pela visão geral da organização no longo prazo, com o objetivo de estabelecer e comunicar as prioridades estratégicas aos colaboradores e cidadãos em geral. No nível tático os gestores intermédios responsáveis pelas infraestruturas planeiam, decidem e implementam as melhores ações de médio prazo. No nível operacional são planeadas e implementadas as ações de curto prazo.

A metodologia também alerta para a necessidade de seguir procedimentos normalizados na avaliação de alternativas de intervenção, considerando o desempenho, o risco e o custo ao longo do período de análise (Alegre H. *et al.*, 2011).

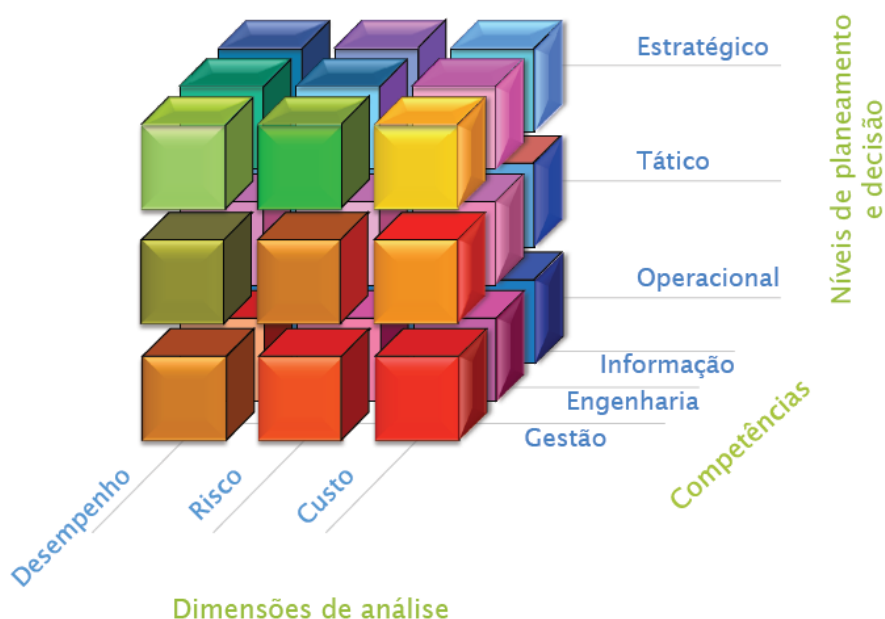


Figura 27: Gestão patrimonial de infraestruturas: uma visão integrada, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

Da análise da Figura 27, verifica-se a importância da GPI considerar três pilares de competência: gestão (incluindo economia e sociologia das organizações), engenharia (civil, ambiental, mecânica) e informação (gestão da informação, comunicação, informática) (Alegre & Covas, 2010) (Alegre H. *et al.*, 2011).

3.1. Informação necessária à GPI

No âmbito da GPI a identificação e análise da informação deve permitir: caracterizar o sistema, suportar a avaliação do sistema (desempenho custo e risco), prever a evolução a médio e a longo prazo das solicitações de serviço e a degradação da integridade física dos componentes, identificar eventuais anomalias e fundamentar as táticas.

Deverá existir, portanto, informação sobre o cadastro, informação qualitativa sobre o estado de conservação dos componentes e informação sobre custos totais ou custos unitários médios. Os vários tipos de informação (Figura 28) são descritos a seguir (LNEC, 2012).

Em concordância com (LNEC, 2012), são descritos os tipos de Informação sobre o cadastro:

- Localização, comprimento, diâmetro e material de condutas;
- Localização de ramais;
- Localização, capacidade, n.º de células e cota de soleira de reservatórios;
- Localização e n.º de grupos eletrobomba de estações elevatórias bem como as características principais de cada grupo;
- Tipo, localização e diâmetro dos principais órgãos de manobra;
- Tipo e localização de equipamento de monitorização.

Informação qualitativa sobre o estado de conservação dos componentes:

- Localização, data e tipo de falhas (para os vários tipos de componentes);
- Intervenções de reparação e reabilitação pontual;
- Estado de conservação;
- Intervenções de manutenção;
- Reclamações de serviço (localização, data e tipo).

Informação sobre custos totais ou custos unitários médios:

- Investimento: identificação, tipo de componente, custo histórico (aquisição) e data;
- Intervenções de manutenção curativa e preventiva: identificação, tipo de intervenção de manutenção, custo e data;
- Intervenções de reabilitação: identificação da intervenção, tipo de intervenção de reabilitação, custo e data.

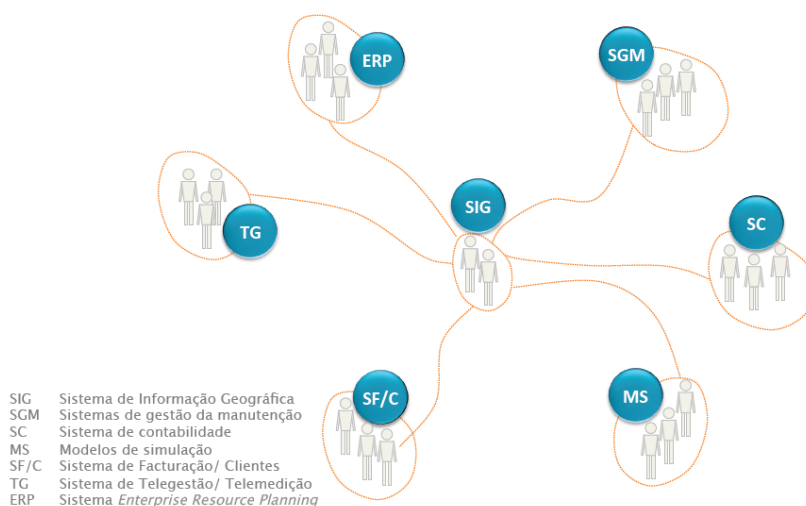


Figura 28: Fontes de informação (LNEC, 2012)

Durante o processo de recolha da informação é necessário, para cada dado ou grupo de dados recolhidos, identificar a respetiva fiabilidade e exatidão.

A fiabilidade exprime o grau de confiança na informação recolhida, encontrando-se especificamente associada à origem e à forma de recolha da informação. A exatidão (ou erro) é a aproximação entre o valor do dado recolhido (ou da medição efetuada) e o valor verdadeiro da grandeza (Alegre & Covas, 2010).

Na Tabela 2 pode observar-se que a fiabilidade da informação pode ser classificada em três níveis distintos.

Tabela 2: Caracterização dos níveis de fiabilidade da informação, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

| Banda de fiabilidade da fonte de informação | Conceito associado |
|---|--|
| ★ | Dados baseados em estimativas ou extrapolações a partir de uma amostra limitada. |
| ★★ | Genericamente como a anterior, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registos não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação. |
| ★★★ | Dados baseados em medições exaustivas, registos fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo. |

3.2. Níveis de planeamento

Segundo (Gordon & Shore, 1988), (VANIER, 2000) e (Alegre & Coelho, 2013) a GPI deverá ser abordada em três níveis de planeamento:

- nível estratégico, de longo prazo, que determina os objetivos estratégicos e respetivas metas, mas não as vias para atingir os resultados pretendidos;
- nível tático, de médio prazo, que define as vias para atingir os resultados pretendidos, ou seja, as táticas a adotar para que os objetivos estratégicos sejam atingidos;
- nível operacional, que identifica e programa as ações a desenvolver a curto prazo.

Para cada um destes níveis são estipulados planos distintos, com diferentes horizontes temporais e âmbitos geográficos e temáticos.

3.2.1. Âmbito e horizonte temporal dos planos

Os planos estratégicos são caracterizados por um campo de ação global, compreendendo toda a organização e toda a área geográfica servida. Os planos táticos têm um carácter temático e podem ter uma aplicação a nível geográfico mais restrita, como por exemplo um subsistema específico. Os planos operacionais são mais específicos, a nível geográfico é mais localizado, sendo também tematicamente mais limitado. De modo a garantir o cumprimento com os objetivos estratégicos da organização, cada um dos tipos de plano mencionados anteriormente, deverá ser coerente e estar de acordo com os restantes planos.

A administração da organização institui os planos estratégicos, os planos táticos são promovidos pelos responsáveis de cada direção de serviço e os planos operacionais são desenvolvidos pelos responsáveis das equipas operacionais (Alegre & Covas, 2010).

A Figura 29 mostra a hierarquia existente entre os três níveis de planeamento bem como as relações entre estes níveis, os níveis de decisão e o âmbito de cada tipo de plano.



Figura 29: Relação entre níveis de planeamento, níveis de decisão e âmbito dos planos, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

Na Gestão Patrimonial de Infraestruturas, estes níveis de planeamento são imprescindíveis para garantir a coerência de todo o processo e a conformidade entre objetivos da organização e os resultados alcançados.

É concebido um único plano estratégico para cada organização. Este determina os objetivos e metas de longo prazo, devendo as mesmas incluir a especificação dos níveis de serviço a atingir (Alegre & Covas, 2010) (Alegre & Coelho, 2013).

Em função dos objetivos e níveis de serviço estabelecidos no plano estratégico, são desenvolvidos diversos planos táticos, sendo um deles o plano de gestão patrimonial de infraestruturas, que engloba o planeamento das intervenções de reabilitação (Alegre & Covas, 2010) (Alegre & Coelho, 2013).

Por fim, elaboram-se diversos planos operacionais.

Depois de serem implementados, os planos (estratégico, tático e operacional) deverão ser monitorizados por forma a avaliar o cumprimento das metas estabelecidas e a identificar potenciais desvios e medidas de melhoria (Alegre & Covas, 2010) (Alegre & Coelho, 2013).

A Figura 30 apresenta a interligação entre os diversos planos.

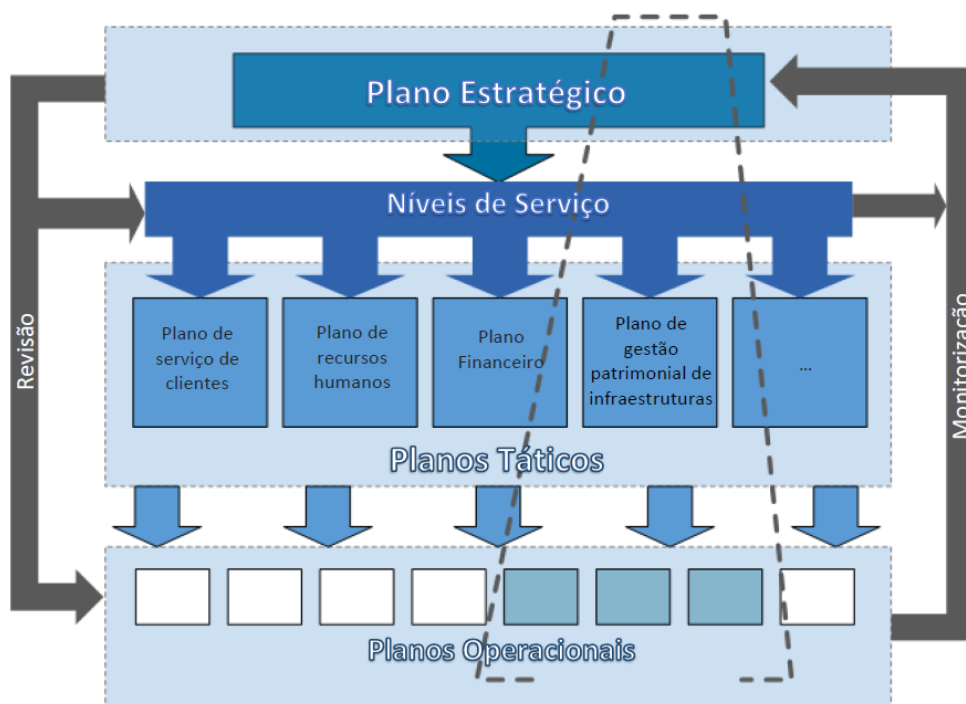


Figura 30: Ligações entre o plano estratégico e os planos táticos e operacionais, adaptada de (Alegre & Covas, 2010)

3.2.2. Níveis de decisão

Não é possível definir de forma clara as fronteiras entre os diferentes níveis de decisão, uma vez que não existem regras gerais neste sentido. Assim, um objetivo pode ser considerado estratégico num determinado contexto de decisão e tático noutro contexto.

Para cada um dos três níveis de decisão deve garantir-se que os planos se mantêm atualizados. Para tal, deverão ser definidos mecanismos de atualização periódica que garantam a existência de orientações claras para um período correspondente ao horizonte do respetivo plano. Deste modo será necessário incluir no plano revisto um novo período que corresponde ao tempo entre revisões.

O tempo entre revisões, tipicamente, deverá ser da ordem de 1/5 a 1/3 da duração do respetivo plano. Assim sendo as revisões a nível operacional serão realizadas com mais frequência do que a nível estratégico.

3.2.3. Processo de elaboração dos planos

Segundo (Cardoso A. *et al.*, 2012) em qualquer um dos três níveis, o processo de planeamento, baseia-se em seis fases principais:

- estabelecimento de objetivos, de critérios de avaliação, de medidas de desempenho e de metas;
- realização de um diagnóstico;
- produção do plano;
- implementação do plano;
- monitorização do plano;
- revisão do plano.

O processo de elaboração dos planos adota os princípios de melhoria contínua instituídos nas normas NP EN ISO 9001:2000 “Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos” e NP EN ISO 14001:2004 “Sistemas de gestão ambiental - Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização” através de uma abordagem PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). Em português equivale a Planear-Executar-Verificar-Atuar.

A Figura 31 apresenta esquematicamente a abordagem de melhoria contínua PDCA.

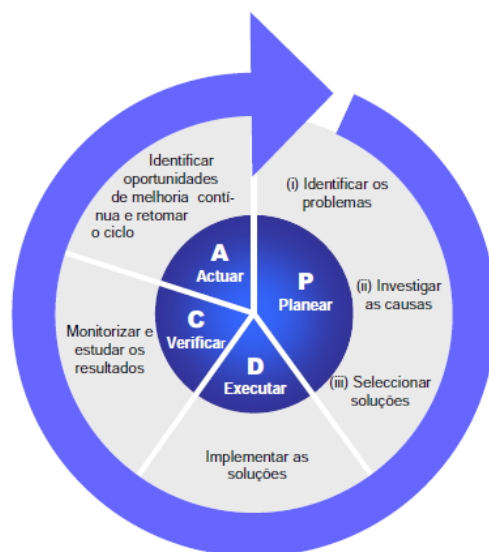


Figura 31: Ciclo PDCA, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

Da análise da figura anterior verifica-se que o planeamento assume maior relevância e está dividido em três fases principais: (i) identificação do problema através da comparação do desempenho do sistema com os objetivos estabelecidos, (ii) estabelecimento de um diagnóstico com vista a investigação das causas e (iii) identificação de alternativas de resolução do problema e seleção da solução a adotar.

3.3. Planeamento estratégico

O planeamento estratégico consiste em sustentar, fortalecer e conferir coerência ao processo de decisão de gestão ao identificar e tratar os fatores-chave, internos e externos, que afetam a atividade (Alegre & Covas, 2010) (Pietrzak & Paliszkiewicz, 2015).

O planeamento estratégico é implementado de modo a melhorar o desempenho da organização e as ações de gestão são tomadas considerando o mesmo. O planeamento tático e operacional é realizado também de acordo com o planeamento estratégico que fornece as linhas de orientação gerais (Alegre & Covas, 2010) (Merlin , Pereira , & Júnior , 2012).

Este processo de planeamento consiste no desenvolvimento de estratégias que levam ao sucesso da organização enquanto prestadora do serviço de abastecimento de água, constituindo desta forma um meio para a organização adaptar a sua atividade à evolução das necessidades da sociedade e do meio ambiente (Alegre & Covas, 2010).

A procura do serviço pelos clientes, em termos de disponibilidade e qualidade é tida em conta, sendo formuladas estratégias de longo prazo que permitam ir ao encontro dessa procura.

Normalmente é elaborado um plano estratégico, único para toda a organização, que engloba as orientações estratégicas relativas a todos os domínios de atuação da organização (Cardoso A. *et al.*, 2012).

Este plano possui um horizonte temporal de longo prazo, tendo a parte financeira deste plano, horizontes da ordem de 10 a 20 anos. A componente técnica tem, em geral, períodos mais longos, para que possa obedecer às estratégias de gestão otimizada no ciclo de vida dos componentes das infraestruturas (Alegre & Covas, 2010).

A produção de um plano estratégico é sistematizada nas fases apresentadas na Figura 32.

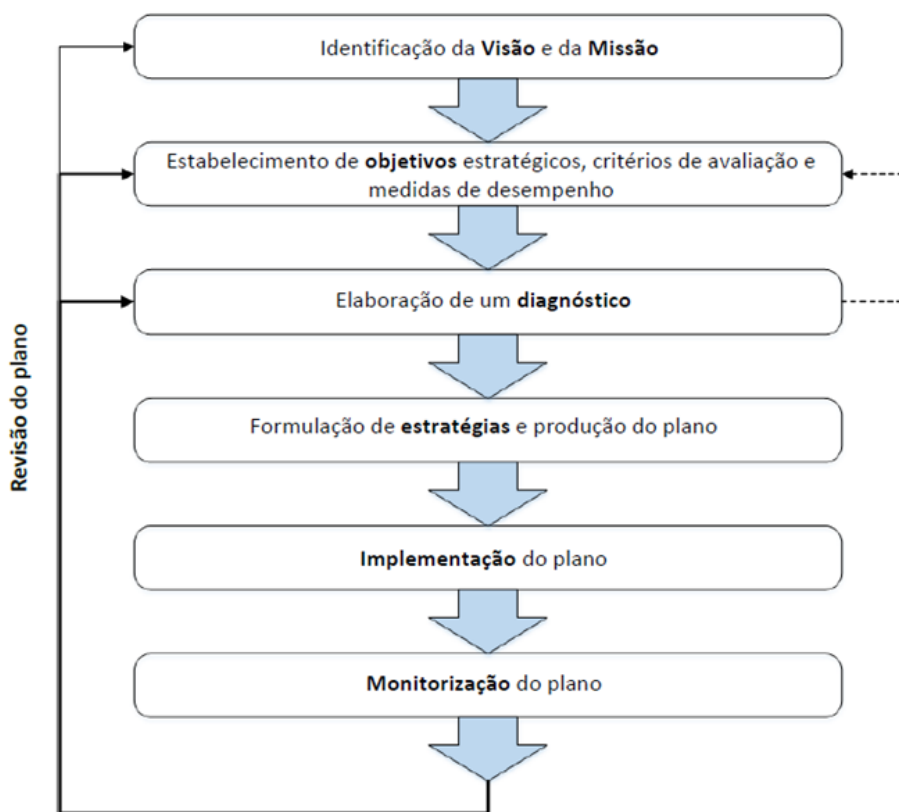


Figura 32: Sistematização das fases de um plano estratégico, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

Passos fundamentais

Os passos fundamentais do planeamento estratégico são resumidos de seguida de acordo com o Guia Técnico 16 da Entidade Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Resíduos. Este Guia Técnico veio preencher uma lacuna na literatura atual, concretizando em termos mais dirigidos e práticos a aplicação dos princípios de GPI, descrevendo passo a passo a direção a seguir para o sucesso do planeamento estratégico (Alegre & Covas, 2010).

Passo 1 Definição de objetivos, medidas e metas

Os objetivos estratégicos que a organização pretenda alcançar são definidos a partir da visão e na missão da mesma. Estes objetivos não são específicos da GPI mas sim de toda a organização. Deverão ser ambiciosos e ao mesmo tempo viáveis e compatíveis entre si. Deverão ser mensuráveis de modo a que a organização possa monitorizar os resultados alcançados e introduzir as alterações adequadas.

Deverá ser feita uma avaliação do cumprimento dos objetivos, por isso para cada objetivo estratégico a entidade gestora deverá definir critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas.

De seguida e de acordo com (Alegre & Covas, 2010), são definidos os conceitos de critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas:

“Critérios de avaliação são aspetos ou perspetivas que permitem a avaliação do cumprimento dos objetivos.”

“Medidas de desempenho são os parâmetros específicos usados para avaliar o desempenho. Podem assumir a forma de indicadores, índices ou níveis. Encontram-se associadas a critérios de avaliação.”

“Metas são valores propostos a atingir para as medidas de desempenho num dado horizonte temporal. Podem ser de curto, médio ou longo prazo.”

Para aplicar os critérios de avaliação, é necessário definir medidas de avaliação de desempenho tão objetivas e quantificáveis quanto possível.

As medidas de desempenho subdividem-se nas seguintes categorias:

- *“Indicadores de desempenho são medidas quantitativas de eficiência ou de eficácia da atividade de uma entidade gestora, resultantes de uma combinação algébrica de diversas variáveis. Podem ser adimensionais (por exemplo em %) ou expressar intensidade (e.g., em €/m³) e não extensão (e.g., m³/ano). São calculadas com base em registos históricos.”*
- *“Índices de desempenho são medidas resultantes da combinação de medidas de desempenho elementares (e.g., indicadores de desempenho, níveis de desempenho) ou da aplicação de instrumentos de análise (e.g., modelos de cálculo de eficiência de custos, modelos de simulação hidráulica). Destinam-se, de forma geral, a sintetizar várias perspetivas de análise numa única medida.”*
- *“Níveis de desempenho são medidas de desempenho de natureza qualitativa, expressas em categorias discretas (e.g., excelente, bom, insatisfatório). Em geral, são adotadas quando não é viável calcular medidas quantitativas.”*

Após serem definidas as medidas de desempenho, o plano estratégico deverá estabelecer metas de médio e de longo prazo. As metas definidas estão relacionadas com nível de aceitabilidade do risco de falha do serviço.

Passo 2 Diagnóstico

O diagnóstico tem o objetivo de caracterizar a situação inicial da organização, identificando os principais problemas existentes relevantes para a GPI. Tem também como finalidade identificar pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças de acordo com os objetivos estratégicos estabelecidos e aos resultados da análise do contexto externo e do contexto interno da organização.

A análise do contexto externo deverá ser dividida em duas partes: o contexto externo global, relativo a um macro ambiente que afeta todas as organizações, e o contexto específico da entidade gestora, que diz respeito a todos os intervenientes no serviço de abastecimento de água.

Avaliação do desempenho atual

Nesta fase é elaborada uma avaliação do desempenho atual face aos objetivos estratégicos definidos inicialmente e com base nos respetivos critérios e medidas de desempenho selecionadas.

Para tal os resultados obtidos nesta fase deverão ser classificados qualitativamente. De acordo com os intervalos de classificação definidos para cada medida de desempenho, os resultados devem ser classificados por exemplo em mau, aceitável, bom ou muito bom desempenho. Assim são identificados os aspetos mais críticos a melhorar, que deverão ser tidos em conta nas etapas seguintes do diagnóstico e na formulação da estratégia.

Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto externo global

A análise do contexto externo inclui a identificação de fatores de natureza política, legal e normativa, económica e demográfica, social e cultural, tecnológica e ambiental relevantes para o cumprimento dos objetivos da entidade gestora e tendo em conta no contexto da GPI.

Recolha e avaliação de informação relativa ao contexto interno

A informação relativa ao contexto interno na entidade gestora deverá ter em consideração os seguintes fatores: estrutura da organização; recursos infraestruturais; recursos humanos; recursos tecnológicos; recursos financeiros.

Análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)

Na fase de diagnóstico deverá ser realizada uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), que conjuga a informação relativa ao contexto externo (global e específico dos intervenientes no serviço de abastecimento de água) e ao contexto interno.

Passo 3 Formulação de estratégias e produção do plano

Nesta fase deverão ser identificadas estratégias alternativas, sendo feita a sua comparação e a seleção das mais adequadas aos serviços-chave e à organização no geral.

A análise de cada estratégia requer que simultaneamente seja estudada a forma e a viabilidade de implementação.

Por fim deverá proceder-se à redação do plano estratégico, devendo conter a seguinte informação:

- visão e missão da organização;
- objetivos estratégicos, critérios, medidas e metas a atingir;
- síntese do contexto externo e interno;
- oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fracos relevantes para a GPI;
- estratégias para cumprir a missão e atingir objetivos e metas;
- mecanismos de monitorização, avaliação e de revisão do plano, com base nas medidas de desempenho definidas para avaliar os objetivos e especificar as metas.

Passo 4 Implementação, monitorização e revisão do plano

A implementação do plano estratégico consiste no desenvolvimento de planos táticos e operacionais, que correspondam aos objetivos estratégicos traçados previamente.

A implementação do plano estratégico deverá ser devidamente acompanhada e monitorizada, sendo o plano revisto periodicamente, com uma frequência não superior a 5 anos. Recomenda-se que a monitorização do plano seja feita anualmente, de modo a identificar eventuais desvios e ações corretivas de melhoria que garantam o cumprimento dos objetivos e fundamentem um eventual ajuste de metas e de estratégias.

A avaliação do cumprimento global de cada objetivo é realizada através do cumprimento das metas individuais.

3.4. Planeamento tático

O planeamento tático é realizado com o propósito de materializar as estratégias estabelecidas no planeamento estratégico, definindo a forma de as implementar sectorialmente, ou seja, estabelece as táticas a aplicar em cada setor. Deste modo os planos táticos têm um âmbito mais restrito do que o plano estratégico, em termos geográficos ou temáticos.

Os planos táticos são essenciais para garantir uma coerência entre a atividade de rotina, ao nível operacional, e as estratégias globais da organização.

O horizonte temporal destes planos é mais curto do que o do plano estratégico, sendo o horizonte temporal considerado normalmente de três a cinco anos (Alegre & Covas, 2010).

No nível de planeamento estratégico são desenvolvidos subplanos autónomos, um dos quais o plano de GPI, que traduzam os objetivos estratégicos em objetivos sectoriais, estabeleçam prioridades de atuação no respetivo domínio e definam os recursos (naturais, infraestruturais, tecnológicos, humanos e financeiros) necessários para atingir os objetivos pretendidos.

As fases de elaboração de um plano tático são apresentadas na Figura 33.

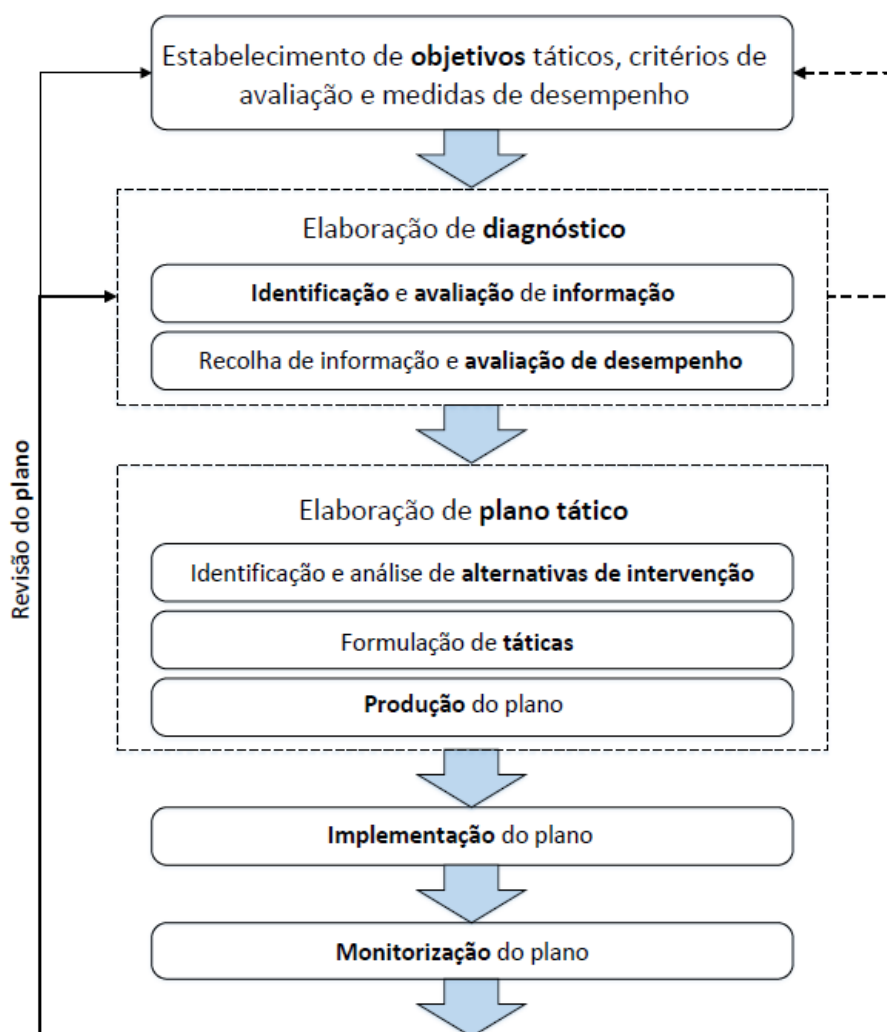


Figura 33: Sistematização das fases de um plano tático, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

Passos fundamentais

À semelhança do planeamento estratégico, os passos fundamentais do planeamento tático são sintetizados de seguida, de acordo com o Guia Técnico 16, da Entidade Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Resíduos (Alegre & Covas, 2010).

Passo 1 Definição de objetivos, medidas e metas

Os objetivos táticos que a organização pretende alcançar são definidos com base nos objetivos estratégicos.

Os objetivos estratégicos, deverão também ser pragmáticos, compatíveis entre si e mensuráveis de modo a que a organização possa monitorizar o progresso alcançado e, consoante os resultados, agir em conformidade implementando as alterações adequadas.

As medidas de desempenho para o planeamento deverão ser as mesmas que tiverem sido selecionadas para o nível estratégico, podendo eventualmente encontrar-se mais desagregadas. Recomenda-se que estas medidas sejam calculadas discriminadamente por sector ou subsistema, de forma a permitir a identificação dos setores com prioridade de intervenção mais elevada. Excetuam-se as medidas associadas aos objetivos táticos que, normalmente, só podem ser calculadas para a globalidade do sistema, tais como: “Assegurar a sustentabilidade económica da entidade gestora” e “Promover o uso eficiente dos recursos humanos, tecnológicos e materiais”.

Após serem definidas as medidas de desempenho, o plano tático deverá estabelecer metas, neste caso de médio prazo. Estas metas deverão ser coerentes com as definidas no planeamento estratégico.

Passo 2 Diagnóstico

A primeira fase do diagnóstico consiste na identificação e avaliação da informação. A informação disponível deverá ser a necessária e suficiente para suportar a avaliação de desempenho do sistema no horizonte de análise de modo a justificar as táticas a implementar. Desta forma deverá permitir:

- avaliar se os objetivos estratégicos e táticos estão a ser cumpridos com base no cálculo das medidas de desempenho e nas metas definidas para a globalidade do sistema;
- caracterizar o estado atual das infraestruturas existentes, incluindo o cadastro atualizado e a avaliação do estado funcional e de conservação das infraestruturas;
- avaliar o índice de valor da infraestrutura;
- identificar os componentes mais críticos do sistema por forma a garantir o desempenho pretendido de modo sustentável e estabelecer medidas mitigadoras do risco;
- estimar as solicitações de serviço no horizonte temporal do plano e de longo prazo, incluindo a previsão da evolução populacional;
- avaliar o desempenho funcional do sistema para as solicitações previstas;
- identificar os subsistemas ou componentes que requerem uma intervenção prioritária em termos de reabilitação, com base no nível de cumprimento dos objetivos táticos

(definidos a nível sectorial, para a situação de partida, para o horizonte do plano e a longo prazo).

A informação necessária para o planeamento tático é a seguinte:

- características físicas dos componentes (cadastro);
- informação operacional de falhas e reparações;
- informação operacional sobre inspeções e intervenções de manutenção preventiva;
- informação operacional do modo de funcionamento do sistema;
- informação acerca das solicitações de consumo de água;
- dados contabilísticos.

Passo 2.2 - Recolha de informação e avaliação de desempenho

Identificação de componentes críticos e discretização do sistema em áreas de análise

São considerados componentes críticos do sistema de adução e distribuição os componentes que, quando falham, condicionam de forma considerável o serviço de abastecimento de água. Os componentes críticos incluem, as captações e as instalações de tratamento, bem como os componentes que constituem o sistema hidráulico principal, incluindo reservatórios, estações elevatórias, condutas adutoras e condutas distribuidoras principais.

A setorização espacial (Figura 34) a implementar dependerá do layout do sistema de abastecimento e da forma como a informação se encontra organizada no cadastro e nos restantes sistemas de informação.

Podem definir-se áreas de análise com base nas origens de água, nos pontos de entrega, nos reservatórios, nas zonas de medição e controlo (ZMC) e nas zonas de gestão de pressão (ZGP).

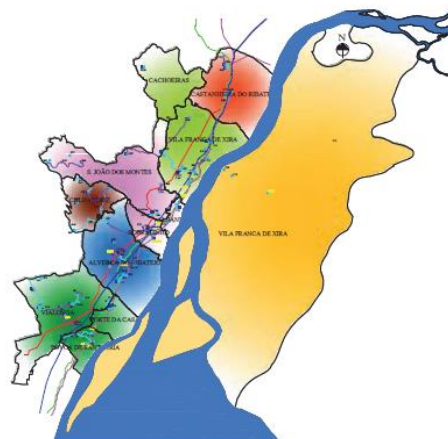


Figura 34: Setorialização espacial, retirada de (Alegre & Covas, 2010)

Avaliação da situação referência

Tendo em conta as medidas de desempenho estabelecidas, deverá proceder-se à avaliação do desempenho atual do sistema e à identificação dos principais problemas existentes em cada área de análise e para o sistema hidráulico principal.

Previsão da situação futura na alternativa de *status quo*

Para cada área de análise bem como para o sistema hidráulico principal, deve realizar-se a previsão do desempenho futuro tendo em conta as novas solicitações e a degradação das condições de conservação da infraestrutura para o caso de não serem efetuadas intervenções de reabilitação e de se manterem as práticas de manutenção atuais. Deverá realizar-se esta previsão para o horizonte do plano tático assim como para o horizonte de longo prazo, ou seja, do plano estratégico.

Avaliação pormenorizada das áreas e dos componentes prioritários

Nas etapas anteriores foram identificados os componentes críticos bem como as áreas de análise. Nesta etapa pretende-se analisar pormenorizadamente os componentes prioritários e as áreas de análise.

Devem também ser analisados outros componentes que, apesar de apresentarem um desempenho global aceitável, possuam problemas localizados a resolver, ou que possam ser alvo de reabilitação devido a fatores externos que ainda não foram tidos em conta até ao momento.

Passo 3 - Produção do plano de GPI

A elaboração do plano tático de GPI inclui a identificação e análise de alternativas de intervenção, a formulação de táticas e a redação do plano.

Passo 3.1 - Produção do plano: identificação e análise de alternativas de intervenção

Identificação de soluções alternativas de intervenção

Depois de serem identificados os problemas e causas para os mesmos em cada área de análise dever-se-á conceber e pré-dimensionar soluções alternativas de intervenção. Podendo estas mesmas alternativas ser apenas infraestruturais, como por exemplo o caso das obras de reabilitação, ou introduzir alterações ao modo de operação e manutenção. Outra hipótese será a combinação das duas alternativas mencionadas anteriormente.

Previsão do desempenho futuro de cada uma das soluções alternativas identificadas

A viabilidade técnica e económica de cada solução alternativa deverá ser analisada num horizonte de longo prazo. Devendo ser considerado para esta análise, a avaliação do desempenho de cada área prioritária em termos qualitativos e empíricos.

Seleção da melhor solução para cada área de análise

Na escolha da melhor solução alternativa deverá ter-se em consideração o equilíbrio entre o custo, o desempenho e o risco, para todo o período de análise. Apesar de o balanço destas três dimensões ser realizado de forma simplificada e qualitativa, torna-se bastante importante na tomada de decisão.

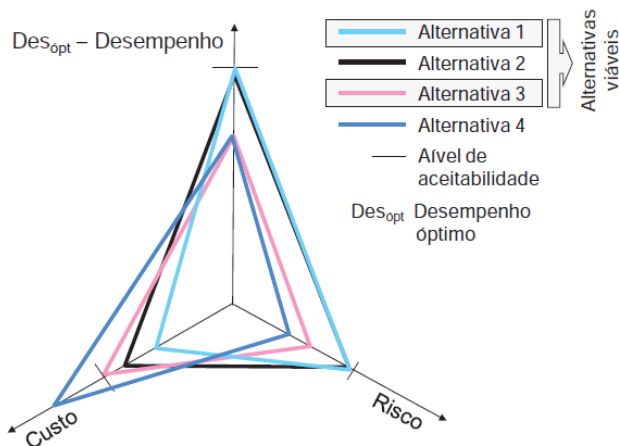


Figura 35: Referencial com as três dimensões (desempenho, risco e custo) para quatro alternativas, com os respetivos níveis de aceitabilidade bem como o ponto de desempenho ótimo (retirada de (Alegre & Covas, 2010))

Estabelecimento de prioridades de intervenção

Deverão ser estabelecidas prioridades de intervenção com base nos resultados anteriores e, em fatores externos que não tenham ainda sido contemplados na avaliação técnica global, como por exemplo intervenções noutras infraestruturas. A prioridade mais elevada corresponde ao nível 1 e assim sucessivamente.

A ERSAR recomenda que o estabelecimento de prioridades seja feito da seguinte forma:

- *“Se a situação de status quo no ano horizonte do plano tiver desempenho inaceitável, a prioridade de intervenção é 1, independentemente da existência de prioridades externas.”*
- *“Se a situação de status quo no ano horizonte do plano tiver desempenho aceitável, se existir uma prioridade externa elevada (prioridade 1) e se a intervenção introduzir melhorias face ao status quo, então a prioridade de intervenção é também 1.”*
- *“Se a situação de status quo no horizonte do plano e a longo prazo tiver desempenho bom e a intervenção não trazer melhorias significativas, a prioridade de intervenção é baixa (prioridade 3), mesmo que existam prioridades externas. Neste caso particular é importante analisar também o desempenho a longo prazo dadas as previsíveis restrições de intervenção posteriores.”*
- *“Se a situação de status quo for mediano, se a intervenção trazer melhorias medianas ou significativas e se a prioridade de intervenção externa for mediana, baixa ou inexistente, a prioridade de intervenção é 2.”*

Passo 3.2 - Produção do plano: formulação de táticas e redação do plano

Formulação de táticas

O processo de planeamento de GPI pode produzir táticas de diversa natureza, tais como:

- táticas infraestruturais, que incluem as intervenções exclusivamente físicas, como obras de construção civil e equipamentos;
- táticas de operação e manutenção, que correspondem aos processos de operação e manutenção dos ativos físicos;
- outras táticas não infraestruturais, que sejam pertinentes para a adequada gestão patrimonial da infraestrutura, relacionadas com outros tipos de ativos, tais como ativos financeiros, de recursos humanos e de informação.

Produção do plano

O plano tático é um documento que deverá ser objetivo, claro e bem estruturado. Este deve conter os seguintes elementos necessários à GPI:

- estratégias condicionantes da GPI;
- objetivos e metas táticas do plano;
- caracterização do desempenho atual do sistema;
- previsão do desempenho futuro;
- síntese do diagnóstico;
- plano de intervenções infraestruturais;
- plano de operação e manutenção;
- outras táticas não infraestruturais e respetivas prioridades;
- contribuições para o plano de gestão financeira.

Passo 4 - Implementação do plano

O plano de GPI engloba táticas infraestruturais, táticas de operação e manutenção e outras táticas não infraestruturais.

A implementação das táticas infraestruturais é realizada através do desenvolvimento e concretização de planos operacionais.

A implementação das táticas de operação e manutenção é executada através do desenvolvimento e concretização dos planos de organização e manutenção.

A implementação de outras táticas não infraestruturais pode ser feita por via direta do processo de GPI ou por via de outros processos de gestão, como por exemplo o de recrutamento de recursos humanos.

Passo 5 - Monitorização do plano

A monitorização do plano deverá incluir a avaliação do plano e a avaliação do grau de implementação de cada uma das táticas.

A avaliação de desempenho abrange o cálculo anual das medidas de desempenho, a comparação dos valores de desempenho com as metas correspondentes, a análise dos possíveis desvios e a identificação das respetivas causas;

A avaliação do grau de implementação de cada uma das táticas permite antecipar desvios face às metas estabelecidas, como por exemplo casos em que a obra esteja atrasada. Desta forma poderão ser introduzidas melhorias corretivas na fase de revisão do plano.

Passo 6 - Revisão do plano

O plano deve ser revisto anualmente. O plano revisto tem como data de referência a data da revisão e, como data final, a correspondente ao horizonte temporal de 3 a 5 anos, deste modo a organização dispõe sempre de um plano de médio prazo atualizado.

As informações relativas a procura, condição física dos sistemas e alterações nos pressupostos e outros condicionalismos, devem ser atualizadas.

A monitorização e a revisão do plano tático é importante para a atualização dos objetivos estratégicos e das respetivas metas, bem como das estratégias propriamente ditas.

3.5. Método AHP

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido por Saaty de 1971 a 1975 e é uma das ferramentas da análise multicritério (Jovanovic B. *et al.*, 2015) (Saaty R. , 1987). Os métodos de análise multicritério são amplamente utilizados para a seleção da solução ótima dentro de um número finito de alternativas (Singaravel & Selvaraj, 2015).

O método AHP tem em conta a subjetividade do processo de tomada de decisão e permite aos decisores transformar essa avaliação subjetiva em medidas objetivas (Saaty T. , 2008).

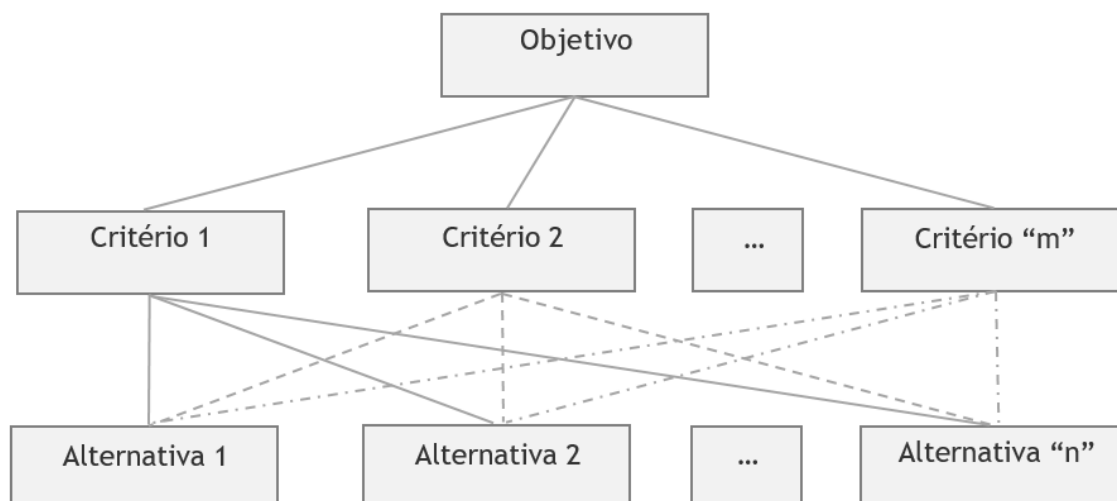
De acordo com (Saaty R. , 1987), o método AHP permite obter o peso de cada critério através do uso de um conjunto de comparações, dois a dois.

Segundo (Saaty T. , 2008), a tomada de decisão deve ser feita de forma organizada de modo a gerar prioridades de intervenção, sendo por isso necessário decompor a decisão nos seguintes passos:

Passo 1: Definir o problema e determinar o nível de conhecimento exigido.

Passo 2: Estruturar o problema em níveis hierárquicos (Tabela 3) a partir do topo, no primeiro nível é estabelecido o objetivo global, no segundo são definidos os critérios e no terceiro nível são definidas um conjunto de alternativas.

Tabela 3: Estruturação do problema em níveis hierárquicos



Passo 3: Construção de um conjunto de matrizes que utilizam comparações par a par. Cada elemento do nível superior é usado para comparar os elementos dos níveis inferiores em relação ao mesmo. Por exemplo as diversas alternativas (nível 3) podem ser comparadas entre si em relação a um dado critério (nível 2). Para a realização de comparações é necessária uma escala de valores que indique quantas vezes mais importante ou dominante é um elemento sobre o outro, em relação ao critério segundo o qual estes estão a ser avaliados. A Tabela 4 representa essa escala.

Tabela 4: Escala de classificação do grau de importância a utilizar no método AHP segundo Saaty

| Grau de importância | Definição | Explicação |
|---------------------|--|---|
| 1 | Igual importância | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Importância moderada de um sobre o outro | A experiência e o bom senso favorecem ligeiramente uma atividade em detrimento da outra |
| 5 | Essencial ou importância forte | A experiência e o bom senso favorecem fortemente uma atividade em detrimento da outra |
| 7 | Importância muito forte | Uma atividade é fortemente preferível e o seu domínio é demonstrado na prática |
| 9 | Extrema importância | A evidência de uma atividade ser preferível à outra encontra-se na ordem mais alta de afirmação |
| 2,4,6,8 | Valores intermédios entre dois valores adjacentes | Utilizados no caso de ser necessário estabelecer um melhor compromisso entre dois valores |
| Reciprocidade | Se a atividade i assumir um dos valores acima descritos quando comparada com a atividade j , então j assumirá o valor recíproco quando comparado com i | - |

Passo 4: Usar as prioridades obtidas pelas comparações, para pesar as prioridades do nível imediatamente abaixo. Repetir este procedimento para cada elemento. Depois para cada elemento do nível inferior adicionar esses mesmos pesos obtendo-se desta forma a prioridade geral ou global. Repetir este processo até que as prioridades finais das alternativas no último nível sejam definidas.

Capítulo 4

4. Caso de Estudo

Neste capítulo desenvolve-se o caso de estudo que considera dados da entidade gestora do ano 2014, visto serem os dados mais atuais no período em que decorreu o estágio.

4.1. Situação no ano de análise (2014)

A atividade dos Serviços Municipalizados de Castelo Branco é a de garantir o normal abastecimento de água aos munícipes do concelho, com fiabilidade e qualidade adequadas, a recolha das águas residuais domésticas e pluviais, resíduos urbanos, bem como a higiene e limpeza urbana.

Os Serviços Municipalizados de Castelo Branco têm como área geográfica o Concelho de Castelo Branco, constituído por 19 freguesias, ocupando uma área de 1.438,19 Km², tendo uma população residente de 53.840 (INE, 2014), distribuída por 120 povoações, o que dá uma densidade populacional de 37,4 hab/Km².

Os Serviços Municipalizados de Castelo Branco concessionaram em 2008, à empresa Águas do Centro, S.A., as infraestruturas da “Alta” por um período de 30 anos.

O sistema de abastecimento de água é composto por cerca de 803,8 km de condutas de distribuição que permitem uma cobertura de 100% do território do concelho, abastecendo 99,3% da população residente. Os restantes 0,7% da população residente são abastecidos por sistemas autónomos locais.

4.1.1. Caracterização da entidade gestora

Tabela 5: Perfil da entidade gestora

| Modelo de gestão | Serviços Municipalizados |
|-----------------------------------|---|
| Distribuição do capital realizado | 100% Câmara Municipal Castelo Branco |
| Alojamentos servidos | 33.313 |
| Volume da atividade | 3,7 x 10 ⁶ m ³ de água faturada/ano |
| Tipologia da área de intervenção | Misto - urbano e rural |
| Utilizador dos sistemas | SMCB |

Tabela 6: Perfil do Sistema de abastecimento de água

| | |
|--|------------------------------|
| Comprimento da rede | 803,8 km |
| Nº e densidade de ramais | 31.608 ramais e 39 ramais/km |
| Nº de estações elevatórias | 4 |
| Índice de conhecimento infraestrutural e de gestão patrimonial | 80 (em 100) |

4.1.2 Visão e missão da entidade gestora

Visão

“Os Serviços Municipalizados de Castelo Branco, enquanto organismo público da Administração Local, orientam a sua ação no sentido de promover o progresso e o desenvolvimento sustentável do Município, aos níveis ambiental, económico e social, criando condições de competitividade, inovação e modernidade, e assegurando uma eficiente, transparente e rigorosa gestão e afetação de recursos, de modo a serem reconhecidos como uma entidade de referência do serviço público local e o garante da qualidade do espaço urbano da comunidade albicastrense, envolvendo as partes interessadas na melhoria do desempenho organizacional.”

Missão

“Conceber, construir e gerir o sistema de distribuição de água, recolha e escoamento eficaz dos pluviais e efluentes domésticos, recolha de resíduos sólidos urbanos e serviços de Higiene e Limpeza Urbana, garantindo ao Município a prestação de um serviço público de qualidade, segurança e proteção ambiental através de processos de gestão eficientes e respeitadores dos valores sociais e ambientais mais elevados, consolidando uma imagem de confiança e competência, perante os seus funcionários, munícipes e cidadãos.”

4.2. Planeamento estratégico

A entidade gestora Serviços Municipalizados de Castelo Branco gere o sistema de distribuição de água, a recolha das águas residuais domésticas e pluviais, resíduos urbanos, bem como a higiene e limpeza urbana do concelho de Castelo Branco.

4.2.1. Âmbito e horizonte do plano

O plano estratégico de GPI é de âmbito específico, abrangendo a rede de abastecimento de água em toda a área geográfica servida.

O planeamento estratégico para o sistema de abastecimento de água do Concelho de Castelo Branco possui um horizonte de planeamento de 20 anos.

4.2.2. Objetivos estratégicos

Os objetivos estratégicos foram definidos com base na visão e na missão da entidade gestora e ajustados no âmbito do presente trabalho, Tabela 7.

Tabela 7: Objetivos estratégicos

| |
|--|
| Objetivo 1: Adequação da interface com o utilizador |
| Avaliar com base nos critérios de acessibilidade (física e económica) do serviço aos utilizadores e de qualidade do serviço. |
| Objetivo 2: Sustentabilidade da prestação do serviço |
| Avaliar com base nos critérios de sustentabilidade económica do serviço, de sustentabilidade infraestrutural e de produtividade física dos recursos humanos. |
| Objetivo 3: Sustentabilidade ambiental |
| Avaliar de acordo com os critérios de eficiência na utilização dos recursos ambientais e de eficiência na prevenção da poluição. |

4.2.3. Critérios de avaliação

Os critérios de avaliação dos objetivos definidos, Tabela 8, refletem os aspetos relevantes para a avaliação do cumprimento dos objetivos a atingir. Tendo sido obtidos com base nos objetivos dos SMCB e adaptados à realidade da presente dissertação.

Tabela 8: Critérios de avaliação

| Objetivos estratégicos | Critério de avaliação |
|------------------------|--|
| Objetivo 1 | Critério 1.1 Acessibilidade do serviço aos utilizadores |
| | Critério 1.2 Qualidade do serviço prestado aos utilizadores |
| Objetivo 2 | Critério 2.1 Sustentabilidade económica |
| | Critério 2.2 Sustentabilidade infraestrutural |
| | Critério 2.3 Produtividade física dos recursos humanos |
| Objetivo 3 | Critério 3.1 Eficiência na utilização de recursos ambientais |

4.2.4. Métricas e metas de avaliação

Os critérios de avaliação dos objetivos são traduzidos por um conjunto de medidas de desempenho, cuja avaliação permite uma quantificação inequívoca do cumprimento de metas estabelecidas.

Utilizou-se o sistema que corresponde à 2.^a geração de indicadores de avaliação da qualidade dos serviços de abastecimento de água. Este sistema foi desenvolvido pela ERSAR em parceria com o LNEC, tendo por base os princípios e orientações da *International Water Association*. A 2.^a geração de indicadores encontra-se disponível para consulta no Guia Técnico N^o 19 da ERSAR. A descrição das métricas e dos respetivos indicadores utilizados no presente estudo encontram-se resumidos na forma de tabelas no Anexo I (LNEC & ERSAR, 2013). As metas foram definidas com base nas indicações da entidade gestora, de acordo com os níveis de serviço pretendidos a longo prazo (Tabela 9).

Tabela 9: Métricas de avaliação

| Objetivos | Critérios de avaliação | Métricas | Metas | |
|------------|------------------------|--|--------|---------|
| | | | 5 anos | 20 anos |
| Objetivo 1 | Critério 1.1 | Acessibilidade física do serviço (%) (AA01b) | 100 | 100 |
| | | Acessibilidade económica do serviço (%) (AA02) | 0.5 | 0.3 |
| | Critério 1.2 | Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) (AA03b) | 0.5 | 0 |
| | | Qualidade da água (%) (AA04) | 100 | 100 |
| | | Resposta a reclamações e sugestões (%) (AA05) | 100 | 100 |
| Objetivo 2 | Critério 2.1 | Cobertura dos gastos totais (-) (AA06) | 1 | 1.1 |
| | | Adesão ao serviço (%) (AA07b) | 99 | 100 |
| | | Água não faturada (%) (AA08) | 20 | 10 |
| | Critério 2.2 | Reabilitação de condutas (%/ano) (AA10) | 1.0 | 3.0 |
| | | Ocorrência de avarias em condutas (nº./100 km.ano) (AA11) | 30 | 15 |
| | Critério 2.3 | Adequação dos recursos humanos (nº./ 1000 ramais) (AA12b) | 3 | 3 |
| Objetivo 3 | Critério 3.1 | Perdas reais de água (l / ramal / dia) (AA13b) | 110 | 80 |

4.2.5. Diagnóstico

A avaliação da situação no ano de análise (2014) foi elaborada com base no sistema de avaliação (métricas e metas) definidas anteriormente, (Tabela 9), e teve com principal objetivo a identificação dos aspetos mais críticos a melhorar. Na Tabela 10, encontram-se os dados relativos ao sistema de avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água, do concelho de Castelo Branco. Estes dados referem-se ao ano de 2014 e foram disponibilizados pelos SMCB.

Tabela 10: Dados do sistema de avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água do concelho de Castelo Branco, ano de 2014

| | |
|--|----------|
| Alojamentos | |
| dAA07b - Alojamentos com serviço efetivo (n.º) | 33313 |
| dAA08b - Alojamentos com serviço disponível não efetivo (n.º) | 4679 |
| dAA09b - Alojamentos existentes (n.º) | 38282 |
| Reclamações | |
| dAA10b - Reclamações e sugestões (n.º/ano) | 27 |
| dAA11b - Respostas a reclamações e sugestões (n.º/ano) | 27 |
| Falhas e avarias | |
| dAA12b - Falhas no abastecimento (n.º/ano) | 0 |
| dAA13b - Avarias em condutas (n.º/ano) | 94 |
| Balço Hídrico | |
| dAA14b - Água entrada no sistema (m ³ /ano) | 4816022 |
| dAA17b - Água não faturada (m ³ /ano) | 1066836 |
| dAA18b - Perdas reais (m ³ /ano) | 821173 |
| Controlo da Qualidade da Água | |
| dAA22b - Análises realizadas à qualidade da água para consumo humano, de entre as requeridas pela legislação (n.º/ano) | 2121 |
| dAA23b - Análises realizadas à qualidade da água (n.º/ano) | 1839 |
| dAA24b - Análises requeridas à qualidade da água (n.º/ano) | 2121 |
| dAA25b - Conformidade de análises da água (n.º/ano) | 1836 |
| Infraestruturas e a sua Utilização | |
| dAA30b - Comprimento total das condutas (Km) | 803.8 |
| dAA31b - Comprimento médio de condutas (Km) | 672.8 |
| dAA32b - Condutas reabilitadas nos últimos cinco anos (Km) | 57 |
| dAA33b - Ramais de ligação (n.º) | 31608 |
| Economia | |
| dAA50b - Rendimentos e ganhos totais (€/ano) | 7902032 |
| dAA51b - Gastos totais (€/ano) | 6039299 |
| dAA52b - Encargo médio com o serviço de abastecimento de água (€/ano) | 141 |
| dAA53b - Rendimento médio disponível familiar (€/ano) | 27685.65 |
| Recursos Humanos | |
| dAA59b - Pessoal afeto ao serviço de abastecimento de água (n.º) | 27.7 |
| dAA60b - Pessoal em <i>outsourcing</i> afeto ao serviço de abastecimento de água (n.º) | 6 |

Na Tabela 11, realizou-se o cálculo de cada métrica com a respetiva classificação em: bom, mau e mediano, em concordância com a 2.ª geração de indicadores de avaliação da qualidade dos serviços de abastecimento de água, desenvolvidos pela ERSAR em parceria com o LNEC. No Anexo I podem consultar-se as tabelas que contêm a descrição e sistema de classificação de cada métrica (LNEC & ERSAR, 2013).

Tabela 11: Avaliação do desempenho atual do sistema de abastecimento de água do conselho de Castelo Branco

| Métricas | Metas (t5) | Resultados (t0) | Comentário |
|--|------------|---|--------------|
| AA01b - Acessibilidade física do serviço (%) | 100 | $(dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100 = (33313 + 4679) / 38282 \times 100 = 99,24\%$ | Bom |
| AA02ab - Acessibilidade económica do serviço (%) | 0.5 | $dAA52ab / dAA53ab \times 100 = 141 / 27685.65 \times 100 = 0,51\%$ | Mediano |
| AA03b - Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.5 | $dAA12b / dAA33b \times 1000 = 0 / 31608 \times 1000 = 0$ | Bom |
| AA04ab - Qualidade da água (%) | 100 | $(dAA25ab / dAA23ab) \times (dAA22ab / dAA24ab) \times 100 = (1836 / 1839) \times (2121 / 2121) \times 100 = 99,84\%$ | Bom |
| AA05ab - Resposta a reclamações e sugestões (%) | 100 | $dAA11ab / dAA10ab \times 100 = 27 / 27 \times 100 = 100\%$ | Bom |
| AA06ab - Cobertura dos gastos totais (-) | 1 | $dAA50ab / dAA51ab = 7902032 / 6039299.0 = 1.31$ | Insuficiente |
| AA07b - Adesão ao serviço (%) | 99 | $dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100 = 33313 / (33313 + 4679) \times 100 = 87,68\%$ | Insuficiente |
| AA08ab - Água não faturada (%) | 20 | $dAA17ab / dAA14ab \times 100 = 1066836 / 4816022 \times 100 = 22,15\%$ | Mediano |
| AA10ab - Reabilitação de condutas (%/ano) | 1.0 | $dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5 = 57 / 672,8 \times 100 / 5 = 1.69$ | Bom |
| AA11ab - Ocorrência de avarias em condutas (nº./100 km.ano) | 30 | $dAA13ab / dAA30ab \times 100 = 94 / 803.8 \times 100 = 11,69\%$ | Bom |
| AA12b - Adequação dos recursos humanos (nº./1000 ramais) | 3 | $(dAA59b + dAA60b) / dAA33b \times 1000 = (27,7 + 6) / 31608 \times 1000 = 1,07$ | Insuficiente |
| AA13b - Perdas reais de água (l / ramal / dia) | 110 | $(dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365) = (821173 / 31608) \times (1000 / 365) = 71,18$ | Bom |

Na Tabela 12, pode observar-se o resumo do desempenho do sistema de abastecimento do concelho de Castelo Branco, no ano de análise de 2014, obtida a partir do *software* AWARE-P que apresenta a avaliação global, designada por *rank*. A avaliação global é obtida pela média do desempenho de todas as métricas. Neste caso a entidade gestora considerou que todas as métricas tinham o mesmo peso.

Tabela 12: Desempenho atual do sistema de abastecimento de água do conselho de castelo Branco (A.00) com indicação do *ranking* global

| | AA01b | AA02ab | AA03b | AA04ab | AA05ab | AA06ab | AA07b | AA08ab | AA10ab | AA11ab | AA12b | AA13b | 2014 Rank (global) |
|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------------------|
| A.00 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 1.96 #1 |

Da análise das tabelas 11 e 12, verifica-se que as métricas, acessibilidade física do serviço, ocorrência de falhas no abastecimento, qualidade da água, resposta a reclamações e sugestões, reabilitação de condutas, ocorrência de avarias em condutas, bem como perdas reais de água têm um bom desempenho no sistema global. Neste sentido não será necessário realizar estratégias de intervenção relacionadas com estas métricas.

Com desempenho mediano situam-se as métricas, acessibilidade económica do serviço e água não faturada.

As métricas, cobertura dos gastos totais, adesão ao serviço e adequação dos recursos humanos apresentam um desempenho insuficiente.

Dado que o sistema apresenta um desempenho insuficiente nas referidas métricas, estabeleceram-se estratégias de intervenção de modo a melhorar o desempenho do sistema.

A cobertura dos gastos totais assume um valor acima do aceitável, ou seja, a entidade gestora apresentou um valor de rendimentos e ganhos totais muito superior ao dos gastos totais. Pelo que, poderá atuar-se do lado da receita, reduzindo a tarifa a pagar pelos consumidores, ou em alternativa aumentar a despesa investindo por exemplo em estratégias de reabilitação.

Uma vez que o sistema possui um desempenho insuficiente ao nível da água não faturada a estratégia futura passará por realizar intervenções faseadas, bem como promover o controlo das perdas de água, com vista à melhoria dos serviços atuais. Com a realização destas intervenções é espectável que a percentagem de água não faturada diminua.

A adesão ao serviço apresenta desempenho insuficiente para a globalidade do sistema uma vez que existem bastantes alojamentos que apesar de poderem usufruir da ligação à rede de distribuição de água não estão efetivamente ligados. Não se prevê a implementação de qualquer estratégia, visto que, segundo a entidade gestora, a baixa adesão ao serviço está frequentemente relacionada com a desertificação das aldeias do interior do país. Portanto esta

métrica será avaliada para cada área de análise de modo a averiguar quais as localidades em que a adesão ao serviço assume um valor inferior ao aceitável.

A entidade gestora possui um desempenho insuficiente a nível da adequação dos recursos humanos em relação à densidade de ramais que tem a seu cargo. O valor é inferior ao aceitável, o que significa que a entidade deveria ter mais pessoal afeto ao serviço de abastecimento de água. A conclusão foi retirada depois de ser colocada esta questão aos SMCB. Dado o exposto, considera-se a estratégia E4, que consiste em ajustar a estrutura hierárquica, os recursos humanos e os modelos de decisão, bem como definir a política de *outsourcing* que permita gerir a infraestrutura de modo sustentável.

4.2.6. Estratégias para a gestão patrimonial de infraestruturas

Com base no diagnóstico efetuado, definiram-se, em coordenação com a entidade gestora, estratégias infraestruturais (Tabela 13) e não-infraestruturais (Tabela 14) alinhadas com os objetivos estratégicos previamente definidos.

Tabela 13: Estratégias infraestruturais

| |
|---|
| E1 - Realizar intervenções de reabilitação faseadas com vista à melhoria dos níveis de serviço atuais |
| <p>Descrição da estratégia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a curto prazo, nos componentes principais mais críticos para o funcionamento do sistema e comprovadamente em condição física deficiente; • a médio prazo, nas partes do sistema e nos componentes considerados prioritários, com base em informação complementar recolhida a curto prazo e no diagnóstico de funcionamento do sistema; • a longo prazo, nas partes do sistema e nos componentes ainda problemáticos, por forma a atingir bons níveis de serviço e um índice de valor da infraestrutura da ordem de 50%. |
| E2 - Promover o controlo de perdas de água |
| <p>Descrição da estratégia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sectorização da rede e medição zonada; • gestão de pressões; • localização de fugas; • reparação do sistema. |
| E3 - Melhorar a integração entre os sistemas de informação |
| <p>Descrição da estratégia:</p> <p>Pretende-se nesta estratégia cruzar a informação do SIG com os diversos sistemas, nomeadamente: gestão de clientes, gestão de obras por administração direta, controlo de empreitadas, ordens de serviço, gestão documental, de forma a haver uma integração dos dados.</p> |

Tabela 14: Estratégias não-infraestruturais

E4 - Ajustar a estrutura hierárquica, os recursos humanos e os modelos de decisão e definir a política de *outsourcing* que permita gerir a infraestrutura de modo sustentável.

Descrição da estratégia:

Esta estratégia é indispensável para cumprir os novos requisitos regulatórios relativos à qualidade de serviço e à legislação de qualidade da água. Permite que, ao nível tático, se proceda à identificação de prioridades de reabilitação de curto e médio prazo, à melhoria da gestão de informação, da gestão de recursos humanos próprios e contratados e da gestão de recursos tecnológicos (próprios e contratados) de apoio ao diagnóstico, à realização de obras de reabilitação e à monitorização dos resultados.

4.2.7. Monitorização do plano estratégico de GPI

A monitorização consiste na recolha dos dados necessários, no cálculo sistemático das métricas de desempenho para todos os objetivos estratégicos e na comparação entre estas e as respetivas metas. A monitorização resulta na produção anual de documento síntese onde são apresentados os resultados obtidos.

A monitorização é feita pela equipa do departamento dos serviços técnicos, ficando o coordenador do plano GPI responsável pela sua verificação, sendo aprovado pela administração.

O plano estratégico será monitorizado anualmente, de modo a identificar eventuais desvios e ações corretivas de melhoria, que garantam o cumprimento dos objetivos e fundamentem um eventual ajuste de metas e de estratégias.

4.2.8. Revisão do plano estratégico de GPI

A revisão do plano estratégico consiste na análise dos resultados da monitorização, com a identificação das causas de desvios e medidas de melhoria.

A revisão deverá ser efetuada com uma frequência de 5 anos, pela equipa do departamento dos serviços técnicos, ficando o coordenador do plano GPI responsável pela sua verificação e aprovação, sendo aprovado pela administração.

4.3. Planeamento Tático

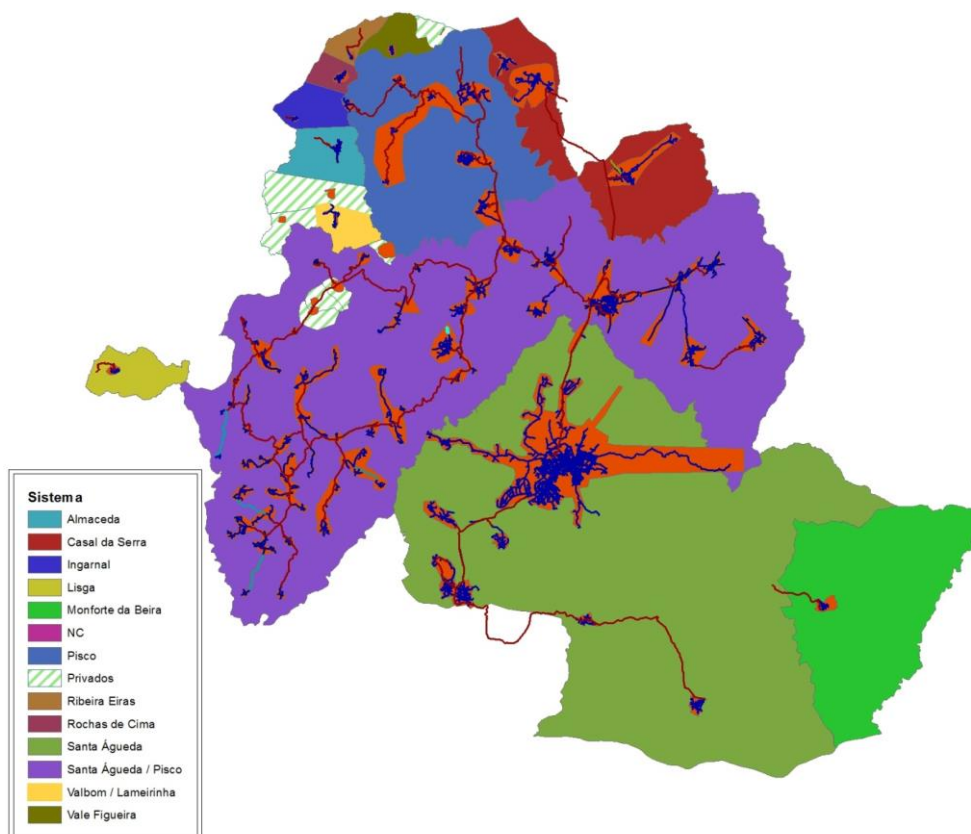


Figura 36: Segmentação do concelho de Castelo Branco por sistema de abastecimento

A seguir é apresentado o planeamento tático desenvolvido pelo autor para um horizonte de planeamento de 5 anos. Os objetivos táticos estabelecidos foram os seguintes: garantir a acessibilidade do serviço aos utilizadores; garantir a qualidade do serviço prestado aos utilizadores; assegurar a sustentabilidade económica; assegurar a sustentabilidade infraestrutural e garantir a eficiência na utilização de recursos ambientais. Foi garantida a articulação com os objetivos estratégicos.

4.3.1. Ligação ao planeamento estratégico

O planeamento tático, com um horizonte de 5 anos, insere-se dentro do planeamento estratégico com um horizonte de 20 anos. Este planeamento tático pretende concretizar as estratégias de GPI da organização, definindo as vias de implementação sectorial e temporal para atingir os resultados pretendidos.

4.3.2. Horizontes temporais

O presente plano tático tem em consideração dois horizontes temporais, um horizonte de planeamento tático e o horizonte de análise. O horizonte do planeamento tático considera o tempo estimado para a realização das intervenções físicas (obras) de reabilitação e expansão, intervenções de operação e manutenção e outras intervenções não-infraestruturais das opções

consideradas. O horizonte de análise contempla o período de tempo necessário à quantificação do impacto expectável das táticas de GPI, sobretudo em termos de objetivos táticos e estratégicos definidos.

Tabela 15: Horizontes temporais do plano tático

| Tipo | Caracterização |
|---|---|
| Horizonte de planeamento tático | Duração: 5 anos |
| | Aplicação: De 2014/12/31 a 2018/12/31 (ano/mês/dia) |
| Horizontes de análise (intervalos considerados) | Táticas infraestruturais: 20 anos |
| | Táticas de operação e manutenção: 20 anos |
| | Outras táticas não-infraestruturais: 20 anos |

4.3.3. Objetivos táticos, critérios, métricas e metas

Objetivos táticos

Os objetivos táticos estão alinhados com os objetivos estratégicos, materializando as estratégias da organização. Os objetivos foram definidos em coordenação com a entidade gestora.

Tabela 16: Objetivos táticos

| |
|---|
| Objetivo T1: Garantir a acessibilidade do serviço aos utilizadores |
| Descrição do objetivo: Pretende-se avaliar a acessibilidade do serviço no que respeita à possibilidade de ligação deste à infraestrutura física da entidade gestora. |
| Alinhamento com o critério de avaliação estratégico E1.1: Acessibilidade do serviço aos utilizadores |
| Objetivo T2: Garantir a qualidade do serviço prestado aos utilizadores |
| Descrição do objetivo: Avaliar a qualidade do serviço prestado aos utilizadores referente à frequência de interrupções que se verificam no serviço prestado, à pressão e à qualidade de água fornecida pela entidade gestora. |
| Alinhamento com o critério de avaliação estratégico E1.2: Qualidade do serviço prestado aos utilizadores |
| Objetivo T3: Assegurar a sustentabilidade económica |
| Descrição do objetivo: Avaliar o nível de sustentabilidade da gestão do serviço em termos económico-financeiros, no que respeita às perdas económicas correspondentes à água que apesar de ser captada, tratada, transportada, armazenada e distribuída, não chega a ser faturada aos utilizadores. |
| Alinhamento com o critério de avaliação estratégico E2.1: Sustentabilidade económica |
| Objetivo T4: Assegurar a sustentabilidade infraestrutural |
| Descrição do objetivo: Avaliar o nível de sustentabilidade da gestão do serviço em termos infraestruturais, no que respeita ao índice de valor da infraestrutura e à existência de uma frequência reduzida de avarias nas condutas. |
| Alinhamento com o critério de avaliação estratégico E2.2: Sustentabilidade infraestrutural |
| Objetivo T5: Garantir a eficiência na utilização de recursos ambientais |
| Descrição do objetivo: Avaliar o nível de sustentabilidade ambiental do serviço em termos da eficiência na utilização de recursos ambientais no que respeita às perdas reais de água, enquanto bem escasso que exige uma gestão racional. |
| Alinhamento com o critério de avaliação estratégico E3.1: Eficiência na utilização de recursos ambientais |

Critérios de avaliação

Para cada objetivo tático são definidos critérios de avaliação, os quais permitem uma avaliação concreta do respetivo nível de cumprimento. Os critérios foram definidos de acordo com os objetivos dos SMCB e adaptados à realidade do presente trabalho.

Tabela 17: Critérios de avaliação no nível tático

| Objetivos táticos | Critérios de avaliação |
|---|---|
| Objetivo T1: Garantir a acessibilidade do serviço aos utilizadores | Critério T1.1: Adequação da acessibilidade física do serviço |
| Objetivo T2: Garantir a qualidade do serviço prestado aos utilizadores | Critério T2.1: Minimização da interrupção do serviço |
| | Critério T2.2: Adequação da pressão de serviço |
| Objetivo T3: Assegurar a sustentabilidade económica | Critério T3.1: Minimização de água não faturada |
| | Critério T3.2: Adequação da adesão ao serviço |
| Objetivo T4: Assegurar a sustentabilidade infraestrutural | Critério T4.1: Adequação da sustentabilidade infraestrutural do sistema |
| | Critério T4.2: Adequação da integridade infraestrutural do sistema |
| Objetivo T5: Garantir a eficiência na utilização de recursos ambientais | Critério T5.1: Adequação dos níveis de perdas reais |

Métricas e metas de avaliação

A aplicação dos critérios de avaliação é feita através da definição de métricas que permitem objetividade e complementaridade entre si. Para cada uma das métricas são definidas metas pretendidas para o presente e para o horizonte de análise (5 anos), do plano tático.

Algumas métricas utilizadas no planeamento estratégico, definidas segundo o sistema que corresponde à 2.^a geração de indicadores de avaliação da qualidade dos serviços de abastecimento de água pela ERSAR, mantêm-se no planeamento tático. As métricas que são comuns aos dois níveis de planeamento são as seguintes:

- Acessibilidade física do serviço (AA01b);
- Ocorrência de falhas no abastecimento (AA03b);
- Água não faturada (AA08ab);
- Adesão ao serviço (AA07b);
- Reabilitação de condutas (AA10ab);
- Ocorrência de avarias em condutas (AA11ab).

No planeamento estratégico adicionou-se ainda a métrica, perdas reais de água (AA13b), da 2.^o geração de indicadores da ERSAR, cuja descrição se encontra numa tabela do Anexo I.

De forma a realizar uma análise mais aprofundada considerou-se ainda as seguintes métricas:

- adequação da pressão de serviço;
- índice de valor infraestrutural bem como as perdas reais de água.

O indicador adequação da pressão de serviço (QS10), pertence à biblioteca da *International Water Association* e é definido como se pode ver na Tabela 18.

Tabela 18: Descrição do indicador adequação da pressão de serviço (%) - (QS10), retirada de (Alegre, Hirner, Baptista, & Parena, 2004)

| QS10 – Adequação da pressão de serviço (%) |
|--|
| Número de pontos de entrega onde as pressões na hora de maior consumo são iguais ou superiores ao chamado nível requerido (excepto para o consumo excepcional) / número de ramais x 100 |
| QS10 = D33 / C24 x 100 |
| C24 - Número de ramais (n.º) |
| D33 - Pontos de entrega com pressão adequada (n.º) |
| Deve ser utilizado apenas o indicador QS10 ou o QS11, em alternativa. O QS11 aplica-se se a densidade de ramais < 20/km de rede (por exemplo, no caso de sistemas de produção e adução). O QS10 aplica-se em todas as restantes situações. |
| Recomenda-se que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior ao ano, as comparações internas devem ser feitas com prudência e devem ser evitadas comparações externas. |

O índice de valor infraestrutural, (*infrastructure index value*, IVI), é uma métrica que representa o grau de juventude, de maturidade ou de envelhecimento de uma infraestrutura, sendo calculado de acordo com a Fórmula 1:

$$IVI(t) = \frac{\sum_{i=1}^N (CS_{i,t} \times \frac{vr_{i,t}}{vu_i})}{\sum_{i=1}^N CS_{i,t}} \quad (1)$$

em que:

t: ano em que se está a fazer a avaliação [ano];

IVI(t): índice de valor da infraestrutura no ano t [-];

N: n.º total de ativos [-];

CS_{i,t}: custo de substituição do ativo i no ano t [€];

vr_{i,t}: vida útil residual do ativo i no ano t [ano];

vu_i: vida útil técnica total do ativo i [ano].

A entidade gestora, Serviços Municipalizados de Castelo Branco considera que valores de IVI acima de 0.45, significam que a infraestrutura é recente, onde não é necessário investir em reabilitação por isso o nível de desempenho é bom. Entre 0.30 e 0.45, a infraestrutura encontra-se ligeiramente envelhecida e, portanto, o nível de desempenho é mediano. Valores abaixo de

0.30 significam que a infraestrutura se encontra envelhecida e necessita de investimentos elevados em reabilitação.

Na sequência do trabalho realizado pelo autor, Tabela 19, reúnem-se todas as métricas de avaliação do nível tático, especificando-se a que objetivo e critério dizem respeito. Identifica-se a respetiva biblioteca de cada métrica assim como as metas a atingir desde o ano de análise até ao quinto ano.

Tabela 19: Métricas e metas de avaliação no nível tático

| Objetivos | Critérios de avaliação | Métricas | Biblioteca | Metas | |
|-------------|------------------------|--|------------|-------|-------|
| | | | | Ano 0 | Ano 5 |
| Objetivo T1 | Critério T1.1 | Acessibilidade física do serviço (AA01b) (%) | ERSAR | 95 | 100 |
| Objetivo T2 | Critério T2.1 | Ocorrência de falhas no abastecimento (AA03b) (nº/1000 ramais.ano) | ERSAR | 1 | 0 |
| | Critério T2.2 | Adequação da pressão de serviço (QS10) (%) | IWA | 90 | 100 |
| Objetivo T3 | Critério T3.1 | Água não faturada (AA08ab) (%) | ERSAR | 20 | 15 |
| | Critério T3.2 | Adesão ao serviço (AA07b) (%) | ERSAR | 99 | 100 |
| Objetivo T4 | Critério T4.1 | Índice de Valor da Infraestrutura (IVI) (-) | GT16 | 0.5 | 0.5 |
| | | Reabilitação de condutas (AA10ab) (%/ano) | ERSAR | 1 | 3 |
| | Critério T4.2 | Ocorrência de avarias em condutas (AA11ab) (nº./100 km.ano) | ERSAR | 30 | 15 |
| Objetivo T5 | Critério T5.1 | Perdas reais de água (AA13b) (l / ramal.dia) | ERSAR | 100 | 80 |

4.3.4. Definição de cenários

A definição de cenários ao nível do planeamento tático implica estabelecer um conjunto plausível de possíveis enquadramentos futuros do meio envolvente, a partir do qual sejam avaliadas alternativas de intervenção tática.

A entidade gestora delineou alguns cenários, nomeadamente:

- a vontade política da autarquia local, da qual os SMCB dependem;
- o êxodo rural provocando redução de consumo;
- a expansão da rede na zona periférica da cidade de Castelo Branco.

Os SMCB consideram que nenhum dos cenários considerados tem uma forte probabilidade de vir a acontecer e caso aconteçam, o impacto na rede não é significativo. Posto isto, não se aplica qualquer cenário ao nível tático.

4.3.5. Diagnóstico no nível tático

Identificação e avaliação da informação disponível

Para o processo de recolha de informação é necessário definir o tipo de informação, a origem, classificando a respetiva fiabilidade e exatidão. Os dados da Tabela 20 foram fornecidos pela entidade gestora.

Tabela 20: Informação utilizada no plano tático

| Tipo de informação | Origem | Fiabilidade |
|--|--------------------------|-------------|
| Estratégias da organização | Plano Estratégico de GPI | 99 |
| Dados necessários ao cálculo das métricas ao nível global do sistema | Dados do Sistema Tático | 80 |
| Informação de cadastro | SIG | 85 |
| Informação operacional qualitativa sobre o estado de conservação dos componentes | SIG | 80 |
| Informação operacional sobre o modo de funcionamento do sistema | SIG | 80 |
| Informação sobre solicitações | Aquamatrix | 85 |
| Dados contabilísticos | Contabilidade | 99 |

Discretização em áreas de análise

O abastecimento de água ao concelho de Castelo Branco é assegurado por 12 Sistemas, abrangendo 3 grandes sistemas (Santa Águeda, Pisco e Casal da Serra). Um dos sistemas pode ser abastecido por duas origens de água em simultâneo ou alternadas (Santa Águeda e Pisco). Existem ainda 8 sistemas autónomos alimentados por captações locais.

Os sistemas de captações locais são constituídos por captações subterrâneas (minas, furos, poços e barragem), a partir dos quais são alimentados pequenos reservatórios de regularização que sustentam as redes de distribuição de água dos aglomerados populacionais próximos. Os sistemas subdividem-se em 63 subsistemas, os quais são compostos por reservatório ou estação elevatória.

No âmbito desta dissertação selecionaram-se para análise 6 subsistemas, uma vez que foram considerados como representativos da realidade do sistema de abastecimento do concelho de Castelo Branco. Na tomada desta decisão, também foram tidas em conta as limitações de tempo para a realização do trabalho. Foram então escolhidos os subsistemas de: S. Vicente da Beira, Casal da Serra, Lomba Chã, Caféde e Benquerenças. Cada um deles possui características distintas tais como: o ano de construção, materiais utilizados e comprimento total.

Na Tabela 21 encontra-se a descrição de cada subsistema.

Tabela 21: Descrição sumária dos sistemas de Abastecimento de Água analisados

| |
|---|
| <p>Área de análise 1: S. Vicente da Beira (4040)</p> <p>Subsistema abastecido pelo sistema do Pisco, que abastece um reservatório de 75m³, abastecendo as localidades de S. Vicente da Beira, Casal da Fraga e Caldeira. A rede de distribuição está em bom estado na zona mais antiga, à volta da igreja, porque foi renovada. O resto da rede da zona alta é em fibrocimento (da fonte e da Igreja para Norte). Os lugares de Casal da Fraga e de Caldeira têm rede em bom estado. A rede foi construída entre 1980 e 2013, sendo o diâmetro de 90 a 63mm em PEAD e PVC, com cerca de 21.65 Km.</p> |
| <p>Área de análise 2: Casal da Serra (5010)</p> <p>Este Subsistema é abastecido pelo Sistema Casal da Serra, que abastece um reservatório de 75m³. A rede de distribuição está em bom estado, construída em 1992, sendo o diâmetro de 63mm em PVC, com cerca de 4,4 Km.</p> |
| <p>Área de análise 3: Lomba Chã (9120)</p> <p>Este Subsistema é abastecido pelo Sistema Santa Águeda / Pisco, que abastece um reservatório com 50 m³ de capacidade. A rede de distribuição está em bom estado, abastecendo as aldeias de Lomba Chã, Versadas, Nave, Teixugueiras e o Res. de Calvos, sendo o diâmetro de 63mm em PVC, com cerca de 11,87 Km, tendo sido construída entre 1992 e 1994.</p> |
| <p>Área de análise 4: Caféde (9310)</p> <p>Este Subsistema é abastecido pelo Sistema Santa Águeda / Pisco, que abastece um reservatório com 75 m³, com cota insuficiente para garantir a pressão mínima regulamentar, pelo que existe um sistema pressurizado na zona alta, junto à escola primária. A rede de distribuição em material PVC, com diâmetro de 90 e 63mm, com cerca de 9,6 Km, tendo sido construída entre 1980 e 2005.</p> |
| <p>Área de análise 5: Benquerenças (11050)</p> <p>Este Subsistema é abastecido pelo Sistema Santa Águeda, que abastece um reservatório elevado com 150m³. A rede de distribuição em material de PVC, com diâmetro de 90 a 63mm, com cerca de 10,5 Km, tendo sido construída entre 1980 e 2013.</p> |
| <p>Área de análise 6: Monforte da Beira (12010)</p> <p>Sistema autónomo, constituído por um poço, que abastece um reservatório com 150m³. A rede de distribuição em material de PVC, com diâmetro de 90 a 63mm, com cerca de 7,48 Km, tendo sido construída entre 1966 e 2009.</p> |

Avaliação da situação de referência para cada subsistema

Pretende-se analisar o desempenho do sistema de abastecimento e identificar os principais problemas existentes, no ano de análise, 2014. Para tal, procedeu-se à avaliação do estado de conservação e funcional dos componentes críticos e ao cálculo das métricas estabelecidas ao nível tático para cada subsistema, de modo a identificar as áreas e os componentes críticos mais problemáticos, Anexo V.

Na Tabela 22 encontra-se um resumo do desempenho das métricas para cada área de análise. A avaliação global foi calculada pelo *software* AWARE-P. Foram ainda classificadas as alternativas em relação ao desempenho.

Tabela 22: Desempenho das métricas por área de análise e classificação do desempenho global de cada subsistema com a respetiva hierarquização

| | Acessibilidade física do serviço (AA01b) (%) | Ocorrência de falhas no abastecimento (AA03b) (n.º/1000 ramais.ano) | Adesão ao serviço (AA07b) (%) | Água não faturada (AA08ab) (%) | Reabilitação de condutas (AA10ab) (%/ano) | Ocorrência de avarias em condutas (AA11ab) (n.º./100 k.m.ano) | Perdas reais de água (AA13b) (l / ramal.dia) | Índice de Valor da Infraestrutura (IVI) (-) | Adequação da pressão de serviço (QS10) (%) | Avaliação Global 2014 | Classificação (do maior para o menor desempenho) |
|----------------------------|--|---|-------------------------------|--------------------------------|---|---|--|---|--|-----------------------|--|
| Benquerenças (11050) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 2,28 | 1 |
| Monforte da Beira (12010) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 1,64 | 6 |
| S. Vicente da Beira (4040) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 1,89 | 4 |
| Casal da Serra (5010) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 2,09 | 3 |
| Lomba Chã (9120) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 2,19 | 2 |
| Caféde (9310) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 1,74 | 5 |

Da análise da Tabela 22, constatou-se que o subsistema de Benquerenças possui o melhor desempenho, ocupando a primeira posição na classificação do desempenho das alternativas. As áreas de análise, Benquerenças, Casal da Serra e Lomba Chã possuem um bom desempenho. Por sua vez as áreas de análise Monforte da Beira, S. Vicente da Beira e Caféde apresentam um desempenho mediano. A entidade gestora considerou a intervenção de apenas uma área de análise. Considerando o desempenho das seis áreas de análise verifica-se que a área de intervenção prioritária é Monforte da Beira uma vez que é a que tem um índice de desempenho mais baixo.

4.3.6. Análise da área prioritária de intervenção

Neste subcapítulo definiram-se as alternativas de modo a melhorar o desempenho do subsistema de Monforte da Beira. As alternativas foram definidas pelo autor do trabalho em coordenação com a entidade gestora.

A primeira opção a ser considerada foi: não realizar qualquer intervenção na rede de abastecimento, que corresponde à situação de *status quo*. A expressão *status quo* significa o mesmo estado que antes, daí ser utilizada para definir esta alternativa.

As alternativas consideradas à exceção da situação de *status quo* foram definidas de modo a resolver os problemas identificados no subsistema de Monforte da Beira. Este subsistema possui desempenho insuficiente nas métricas: adesão ao serviço, água não faturada, reabilitação de condutas e adequação da pressão de serviço.

Relativamente à métrica, adesão ao serviço, de acordo com os SMCB, a mesma apresenta um desempenho insuficiente devido ao êxodo rural que se tem vindo a verificar. Por se tratar de um fator externo, a entidade gestora não pode levar a cabo ações que melhorem esta métrica.

O desempenho insuficiente das métricas, água não faturada e reabilitação de condutas está associado ao mau estado de conservação da rede de abastecimento. Por este motivo considerou-se a substituição das condutas mais envelhecidas. Os SMCB, consideram que as condutas devem ser substituídas quando atingem a sua vida útil.

Quanto à métrica, adequação da pressão de serviço, foi observado a partir de dados fornecidos pela entidade gestora, que a pressão de abastecimento é demasiado baixa em alguns pontos de consumo. De modo a resolver esta situação consideraram-se duas opções: construir um reservatório elevado ou colocar uma estação elevatória no sistema. A alternativa I considera a substituição parcial das condutas e construção de um reservatório elevado. A alternativa II considera a substituição parcial das condutas e colocação de uma estação elevatória.

Previsão da situação futura na alternativa de *status quo*

A previsão do funcionamento futuro considera a degradação natural por envelhecimento da condição física dos componentes do sistema e a evolução a médio e a longo prazo das solicitações de serviço. De seguida é analisada a alternativa *status quo* para a área de análise prioritária, Monforte da Beira. Esta análise foi realizada com o auxílio do *software* AWARE-P.

Tabela 23: Previsão da situação futura na alternativa *status quo*, obtida com o *software* AWARE-P

| A.00 Statu Quo | Planning | | | | | Analysis | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2023 | 2028 | 2033 | 2034 |
| AA01b Acessibilidade física do serviço (%) | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 |
| AA03b Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 |
| AA07b Adesão ao serviço (%) | 80.91 0.90 | 80.87 0.90 | 80.83 0.90 | 80.79 0.90 | 80.76 0.90 | 80.68 0.90 | 80.60 0.90 | 80.52 0.89 | 80.44 0.89 |
| AA08b Água não faturada (%) | 58.60 0.58 | 58.65 0.58 | 58.70 0.58 | 58.75 0.58 | 58.81 0.58 | 58.89 0.58 | 58.98 0.58 | 59.07 0.58 | 59.16 0.58 |
| AA10b Reabilitação de condutas (%/ano) | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 |
| AA11b Ocorrências de avarias em condutas (nº/100km/ano) | 0.00 3.00 | 3.34 2.89 | 6.68 2.78 | 10.02 2.67 | 13.37 2.53 | 18.82 2.37 | 21.46 2.28 | 24.10 2.20 | 26.74 2.11 |
| AA13b Perdas reais de água (l/ramal/dia) | 76.93 2.23 | 77.03 2.23 | 77.12 2.23 | 77.22 2.23 | 77.31 2.23 | 77.50 2.23 | 77.69 2.22 | 77.88 2.22 | 78.08 2.22 |
| IVI IVI | 0.54 2.90 | 0.52 2.70 | 0.50 2.50 | 0.49 2.40 | 0.48 2.30 | 0.41 1.73 | 0.34 1.27 | 0.27 0.90 | 0.26 0.87 |
| QS10 Adequação da pressão de serviço | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 |

Da análise da Tabela 23 constata-se que o sistema possui um desempenho insuficiente ao nível da adesão ao serviço, água não faturada, reabilitação de condutas e adequação da pressão de serviço, ao longo do período de planeamento e de análise. O desempenho do índice de valor infraestrutural é bom até ao ano de planeamento 2018 mas começa a decrescer no período de análise, passando de mediano a insuficiente. O decréscimo do valor da infraestrutura era expectável uma vez que esta alternativa não considera qualquer intervenção infraestrutural. As restantes métricas possuem um desempenho bom durante o todo o horizonte temporal considerado.

Previsão da situação futura nas alternativas I e II

De modo a corrigir os problemas existentes a alternativa I considera a substituição parcial de condutas e construção de um reservatório elevado. A alternativa II consiste na substituição parcial de condutas e colocação de uma estação elevatória. Dado que as duas alternativas foram concebidas para corrigir os mesmos problemas apresentam o mesmo desempenho. A previsão da situação futura foi realizada com o auxílio do *software* AWARE-P, á semelhança da alternativa *Status Quo*.

Tabela 24: Previsão da situação futura nas alternativas I e II, obtida com base no *software* AWARE-P

| A.01 Substituição parcial das condutas e colocação de reservatório elevado | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2023 | 2028 | 2033 | 2034 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| AA01b Acessibilidade física do serviço (%) | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 | 100.00 2.00 |
| AA03b Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 |
| AA07b Adesão ao serviço (%) | 80.91 0.90 | 80.87 0.90 | 80.83 0.90 | 80.79 0.90 | 80.76 0.90 | 80.68 0.90 | 80.60 0.90 | 80.52 0.89 | 80.44 0.89 |
| AA08b Água não faturada (%) | 58.60 0.59 | 52.39 0.68 | 46.18 0.77 | 39.96 0.86 | 33.75 0.95 | 30.92 0.99 | 28.09 1.19 | 25.25 1.48 | 22.42 1.76 |
| AA10b Reabilitação de condutas (%/ano) | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 19.12 3.00 | 19.12 3.00 | 17.90 3.00 | 0.00 0.00 | 0.00 0.00 | 0.59 0.74 | 0.59 0.74 |
| AA11b Ocorrências de avarias em condutas (nº/100km/ano) | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 | 0.00 3.00 |
| AA13b Perdas reais de água (l/ramal/dia) | 76.93 2.23 | 61.55 2.38 | 46.16 2.54 | 30.78 2.69 | 15.39 2.85 | 14.62 2.85 | 13.85 2.86 | 13.08 2.87 | 12.31 2.88 |
| IVI IVI | 0.54 2.90 | 0.52 2.70 | 0.82 3.00 | 0.80 3.00 | 0.78 3.00 | 0.68 3.00 | 0.58 3.00 | 0.51 2.60 | 0.49 2.40 |
| QS10 Adequação da pressão de serviço | 84.54 0.87 | 84.54 0.87 | 100.00 3.00 | 100.00 3.00 | 100.00 3.00 | 100.00 3.00 | 100.00 3.00 | 100.00 3.00 | 100.00 3.00 |

A Tabela 24 mostra que o desempenho das alternativas I e II em relação à métrica, adesão ao serviço, é insuficiente para todo o período de planeamento bem como de análise. Esta situação foi prevista inicialmente, visto que a entidade gestora não pode implementar medidas para reverter esta situação.

A métrica, água não faturada, apresenta uma ligeira melhoria no desempenho, face à situação de *status quo*, já no período de análise, ano 2028. A métrica, reabilitação de condutas, apresenta um bom desempenho a partir do ano 2016 até 2018, uma vez que parte da rede de distribuição (condutas com mais de 50 anos) é renovada no ano de 2016.

O índice de valor infraestrutural possui um bom desempenho durante o horizonte temporal considerado, ao contrário da alternativa *status quo*.

Nas alternativas I e II é resolvido o problema da adequação da pressão de serviço, passando o desempenho desta métrica de insuficiente para bom a partir do ano de 2016.

Na Tabela 25 é apresentada a avaliação de desempenho global da alternativa *status quo* e das alternativas I e II. A avaliação do desempenho global das alternativas, para o horizonte temporal considerado, foi obtida com o auxílio do *software* AWARE-P.

Tabela 25: Avaliação do desempenho global da alternativa status quo e das alternativas I e II para o horizonte temporal de análise das estratégias infraestruturais

| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2023 | 2028 | 2033 | 2034 | Avaliação Global 2014 | Classificação (do maior para o menor desempenho) |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|--|
| <i>Status Quo</i> | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 1,56 | 2 |
| Alternativa I e II | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 2,13 | 1 |

4.3.7. Custos para implementação das Alternativas I e II

Custo de substituição das condutas

As alternativas I e II consideram a substituição parcial das condutas, por isso o valor calculado neste ponto é comum a ambas.

Os custos de substituição de condutas foram apurados segundo relatório do Instituto Superior Técnico realizado para a Secretaria-Geral do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, encontrando-se as tabelas utilizadas no Anexo II (Covas, et al., 2015).

Na Tabela 26 é elaborado o cálculo para substituição das condutas de diâmetro 63 mm em PVC, considerando que o pavimento é calçada.

Tabela 26: Cálculo do preço por metro linear de substituição das condutas de 63 mm de diâmetro em PVC, com pavimento calçada

| Descrição | Custo €/m ² | Largura da vala | Largura da área pavimentada (Lv+0,40) | Área (m ²) por metro linear | Preço (m ²) | Preço por metro linear (€) |
|--|------------------------|-----------------|---------------------------------------|---|-------------------------|----------------------------|
| Levantamento e reposição do pavimento | 11,1 | 0,563 | 0,963 | 0,963 | 11,1 | 11,70 |
| Conduta de distribuição PVC | | | | | | 25,10 |
| Total substituição da conduta e pavimentação | | | | | | 36,80 |

Na Tabela 27 é elaborado o cálculo para substituição das condutas de diâmetro 90 mm em PVC, considerando que o pavimento é calçada.

Tabela 27: Cálculo do preço por metro linear de substituição das condutas de 90 mm de diâmetro em PVC, com pavimento calçada

| Descrição | €/m2 | Largura da vala | Largura da área pavimentada (Lv+0,40) | Área (m2) por metro linear | Preço (m2) | Preço por metro linear (€) |
|--|------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| Levantamento e reposição do pavimento | 11,1 | 0,59 | 0,99 | 0,99 | 11,1 | 11,70 |
| Conduta de distribuição PVC | | | | | | 29,20 |
| Total substituição da conduta e pavimentação | | | | | | 40,90 |

Nas alternativas I e II planeou-se a substituição parcial das condutas. No ano 2016, considera-se a substituição das condutas que atingiram o seu período de vida útil, ou seja, as que foram construídas no ano de 1966. Na Tabela 28 pode visualizar-se o estado das condutas em questão, para o ano de 2016.

Tabela 28: Custo de substituição das condutas com mais de 50 anos no ano de 2016

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1966 | 63 | PVC | 50 | 0 | 2,144 | 78899,20 |
| 1966 | 90 | PVC | 50 | 0 | 0,245 | 10020,50 |
| Total | | | | | | 88919,7 |

Assim o custo de substituição é o somatório dos custos de substituição das condutas com diâmetro de 63 mm e de 90 mm, cujo valor total é 88 919,7 €.

No ano de 2030 considera-se a substituição das condutas com mais de 50 anos nesse ano, que é o caso das condutas construídas em 1980 (Tabela 29).

Tabela 29: Custo de substituição das condutas com mais de 50 anos no ano de 2030

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1980 | 90 | PVC | 50 | 0 | 0,215 | 8793,50 |

Como se pode observar na tabela anterior o custo de substituição das condutas no ano de 2030 é 8793,50 €.

Custo de Construção de Reservatório Elevado

A solução de construção de um reservatório elevado consiste na substituição do reservatório existente atualmente. Neste caso o reservatório servirá para abastecer toda a rede de abastecimento de água do sistema de Monforte da Beira.

Começou-se por dimensionar o depósito. Sabe-se que a população a servir totaliza 376 habitantes, informação disponibilizada pelos Censos 2011 (INE, 2011).

Segundo o decreto regulamentar nº23/95, de 23 de Agosto, artigo 13º, a capitação para uma população até 1000 habitantes, toma o valor de 80 litros/habitante/dia.

No número 7, do artigo 70º, do mesmo decreto regulamentar, estabelece-se a reserva de água para emergência, consoante o grau de risco da zona. Segundo o número 1, do artigo 18º, Monforte enquadra-se numa zona de risco de grau 1. Portanto a reserva de água para emergência deverá ser de 75 m³.

No número 10, do artigo 70º, define-se a fórmula de cálculo para a capacidade do depósito. A capacidade de armazenamento deverá ser:

$$V \geq K Q_{md} \quad (1)$$

Em que “Q” é o caudal médio diário anual (m³) do aglomerado e K é um coeficiente que varia consoante o número de habitantes do aglomerado populacional.

Para o número de habitantes do sistema de Monforte o coeficiente K toma o valor de 2.

Portanto a capacidade de armazenamento do sistema será:

$$\begin{aligned} V &\geq 2 \times (80 \times 376) = \\ &= 60610 = 60.61 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (2)$$

Adicionando a reserva de emergência:

$$\begin{aligned} 60.61 + 75 &= \\ &= 135.61 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (3)$$

A capacidade total do reservatório será 135.61 m³.

No cálculo da altura do fuste deverá ter-se em consideração os pontos que onde a pressão é mínima e haverá necessidade de aumentar a pressão, mas também, os pontos onde a pressão é máxima, para que nestes casos a pressão continue dentro da zona de conforto.

Sabe-se que nos pontos onde a pressão a mínima, o valor registado é 10 m.c.a., portanto com uma altura do fuste de 15 m, a pressão passaria a 25 m.c.a.. Como o valor máximo de pressão registado atualmente é de 35 m.c.a., com esta altura do fuste passará a tomar o valor 50 m.c.a. que se encontra dentro da pressão regulamentar e zona de conforto.

O reservatório terá a capacidade de armazenamento de 135.61 m³ e 15 metros de altura do fuste.

Segundo o relatório do IST (Covas, et al., 2015), os custos de construção de reservatório elevado em (€/ (m³.m)) são definidos segundo as seguintes equações:

Custo de construção civil, C_{cc} :

$$C_{cc} = 358.45 \times V^{-0.72} \times h^{0.577} \quad (4)$$

Custo de equipamento eletromecânico e instalações elétricas, C_e :

$$C_e = 21.68 \times V^{-0.458} \times h^{0.178} \quad (5)$$

Em que, V , é a capacidade total de armazenamento em (m³) e h em (m) é a altura do fuste.

Substituindo os valores nas equações para o sistema de Monforte da Beira:

Custo de construção civil, C_{cc} :

$$\begin{aligned} C_{cc} &= 358.45 \times 135.61^{-0.72} \times 15^{0.577} = \\ &= 49.86 \text{ €/}(m^3.m) \end{aligned} \quad (6)$$

Custo de equipamento eletromecânico e instalações elétricas, C_e :

$$\begin{aligned} C_e &= 21.68 \times 135.61^{-0.458} \times 15^{0.178} = \\ &= 3.71 \text{ €/}(m^3.m) \end{aligned} \quad (7)$$

O custo total será a somatório dos custos em (€/m³.m)), a multiplicar pelo volume do total do reservatório e a altura do fuste:

$$\begin{aligned} (49.86 + 3.71) \times 135.61 \times 15 = \\ = 108\,967 \text{ €} \end{aligned} \tag{8}$$

O custo total do reservatório é 108 967 €. Deverá ainda ter-se em consideração outros custos, que se recomenda no relatório do IST (Covas, et al., 2015), 15 % dos custos totais. O custo total considerando outros custos, será 125 312 €.

Para o custo de manutenção anual do reservatório considerou-se as lavagens semestrais com um custo de 100 €, ou seja 200 € anuais. Com uma periodicidade de 10 anos deve ser pintado o interior do reservatório e proceder-se à reparação de fissuras com um custo de 3000 €.

Custo de Construção de Estação Elevatória

A estação elevatória servirá para abastecer os pontos de consumo onde a pressão é mais baixa. Neste caso não se considera o abastecimento da globalidade do sistema, para tal tem de se definir uma ZMC constituída só pelos pontos com pressão desadequada, visto que estes se encontram numa zona bem delimitada e sequencialmente. A estação elevatória será constituída por dois grupos eletrobomba, de modo a que caso haja uma falha de um dos grupos o outro entre em funcionamento.

Como se verificou anteriormente existem 124 pontos com pressão desadequada. Estimou-se a população a servir em 124 habitações. A população de Monforte da Beira totaliza 376 habitantes, existindo 634 alojamentos, o que quer dizer que existe menos de uma pessoa por habitação. Considera-se uma pessoa por habitação de modo a que o sistema seja dimensionado para corresponder a um eventual aumento de população. Assim considera-se que a população a servir por estes 124 pontos de consumo é 124 habitantes.

De acordo com o artigo 13º do decreto regulamentar nº23/95, de 23 de Agosto, o valor da capitação para aglomerados populacionais até 1000 habitantes é 80 l/habitante/dia.

O caudal em (m³/s) será:

$$Q = \frac{80 \times 124}{1000} \tag{9}$$

$$Q = 9.92 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q = \frac{(80 \times 124)}{24 \times 60 \times 60}$$

$$= 0.11 \text{ l/s} = 0.00011 \text{ m}^3/\text{s}$$
(10)

O caudal diário é 0.00011 m³/s.

Deverá ser considerado o caudal nas horas de ponta, que considera o valor do caudal diário calculado anteriormente a multiplicar pelo respetivo fator de ponta. O fator de ponta é calculado segundo o nº1 do artigo 19º, com a seguinte equação:

$$f = 2 + \frac{70}{\sqrt{P}}$$

$$f = 2 + \frac{70}{\sqrt{124}}$$

$$f = 8.29$$
(11)

Caudal de ponta:

$$Q_p = 8.29 \times 0.00011$$

$$Q_p = 0.00095 \text{ m}^3/\text{s}$$
(12)

O sistema de Monforte da Beira como foi analisado anteriormente constitui uma zona de risco de incêndio de grau 1 (nº 1, artigo 18º). No número 2 do artigo 18º, estabelece-se os caudais instantâneos a garantir em caso de incêndio, que para o grau 1 corresponde a 15 l/s.

O caudal de cálculo que a eletrobomba terá de debitar é o somatório do caudal de ponta e do caudal a garantir em caso de incêndio.

$$Q = 0.00095 + 0.015$$

$$Q = 0.016 \text{ m}^3/\text{s}$$
(13)

Neste caso a pressão a garantir é a pressão de conforto para os aglomerados populacionais com pressão desadequada, tomando o valor de 30 m.c.a..

A potência do escoamento segundo relatório do IST (Covas, et al., 2015), é calculada através da seguinte fórmula:

$$P_e = \gamma \times Q \times H \quad (14)$$

O peso volúmico da água γ é igual a 9.81 N/m³. Q é o caudal nominal total, correspondente à soma de caudais nominais dos grupos eletrobomba instalados em paralelo (m³/s). H é a altura nominal de elevação de cada grupo em paralelo (m).

$$P_e = 9.81 \times (2 \times 0.016) \times 30 \quad (15)$$

$$P_e = 9,39 \text{ Kw}$$

Em concordância com o relatório do IST (Covas, et al., 2015), o custo por Kw do equipamento eletromecânico e instalações elétricas, é estimados consoante a potência do escoamento, segundo a seguinte fórmula:

$$C_e = 42853 \times P_e^{-0.594}$$

$$C_e = 42853 \times 9.39^{-0.594} \quad (16)$$

$$C_e = 11329.69 \text{ €/Kw}$$

Terá de ser construída uma estrutura para abrigar os equipamentos eletromecânicos e as respetivas instalações elétricas. O custo por Kw de construção civil é dado pela seguinte equação:

$$C_{cc} = 11603 \times P_e^{-0.53}$$

$$C_{cc} = 11603 \times 9.39^{-0.53} \quad (17)$$

$$C_{cc} = 3540.44 \text{ €/Kw}$$

De acordo com o relatório do IST (Covas, et al., 2015), os custos de construção civil com arranjos exteriores acresce 11 % aos custos sem arranjos exteriores:

$$C_{cc} = 3540.44 \times 1.11 \quad (18)$$

$$C_{cc} = 3929.89 \text{ €/Kw}$$

O custo total da estação elevatória será:

$$C_{ee} = 9.39 (11329.69 + 3929.89) \quad (19)$$

$$C_{ee} = 143271.87 \text{ €}$$

Devem considerar-se uma percentagem de 15% dos custos totais, para outros custos:

$$C_{ee} = 143271.87 \times 1.15 \quad (20)$$

$$C_{ee} = 164763 \text{ €}$$

O custo total da estação elevatória é 164763 €.

Para o cálculo da energia elétrica consumida pela eletrobomba, dimensionou-se um equipamento adequado às condições do escoamento. Para tal usou-se o software de seleção da marca KSB que produz este tipo de equipamentos. O resumo da seleção encontra-se no anexo III e as características da eletrobomba no Anexo IV.

No software de dimensionamento começou por se selecionar o tipo de utilização para a eletrobomba, que neste caso, é abastecimento de água.

A temperatura do abastecimento situa-se em cerca de 20 °C. Introduziu-se o caudal de cálculo, 56.33 m³/h e a altura manométrica 30 m.c.a.. Introduzidos estes dados o software calcula a potência necessária da eletrobomba e sugere o modelo, Omega 080-370 B GB P F, dentro da sua gama de equipamentos.

Para as condições do escoamento, caudal 56.33 m³/h e a altura manométrica 30 m.c.a., a potência absorvida pelo motor é 7.21 Kw.

Analisando a ficha técnica do equipamento, a tensão nominal é 400 V e a corrente nominal é 22.8 A.

Para se averiguar qual a potência a contratar, terá de ser calculada a potência aparente em kVA:

$$S = U \times I$$

$$S = 400 \times 22.8 \quad (21)$$

$$S = 9.120 \text{ kVA}$$

Segundo o decreto regulamentar, nº 23/95, de 23 de Agosto, deve garantir-se que excepcionalmente os dois grupos eletrobomba funcionem em conjunto para reforço da capacidade elevatória. A potência aparente é 9.120 kVA, para cada grupo eletrobomba. Para os dois grupos a potência aparente é 18.240 kVA. O valor da potência contratada terá de ser superior a este valor para que possa suportar a ligação de outros equipamentos elétricos de menor potência como a iluminação. A Tabela 30 contém os preços recomendados pela ERSE para o setor da energia, e é sobre a mesma que os custos de energia serão calculados no âmbito deste trabalho.

Tabela 30: Preços recomendados pela ERSE para o setor da energia

| TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN (<=20,7 kVA e >2,3 kVA) | | PREÇOS | |
|---|---------------------|-----------|-----------|
| Potência | (kVA) | (EUR/mês) | (EUR/dia) |
| Tarifa simples , bi-horária e tri-horária | 3,45 | 4,75 | 0,1561 |
| | 4,6 | 6,17 | 0,2030 |
| | 5,75 | 7,59 | 0,2496 |
| | 6,9 | 9,01 | 0,2962 |
| | 10,35 | 13,26 | 0,4360 |
| | 13,8 | 17,51 | 0,5758 |
| | 17,25 | 21,77 | 0,7156 |
| | 20,7 | 26,02 | 0,8554 |
| Energia activa | | (EUR/kWh) | |
| Tarifa simples <=6,9 kVA | | 0,1587 | |
| Tarifa simples >6,9 kVA | | 0,1602 | |
| Tarifa bi-horária <=6,9 kVA | Horas fora de vazio | 0,1853 | |
| | Horas de vazio | 0,0978 | |
| Tarifa bi-horária >6,9 kVA | Horas fora de vazio | 0,1890 | |
| | Horas de vazio | 0,0986 | |
| Tarifa tri-horária <=6,9 kVA | Horas de ponta | 0,2106 | |
| | Horas de cheias | 0,1675 | |
| | Horas de vazio | 0,0978 | |
| Tarifa tri-horária >6,9 kVA | Horas de ponta | 0,2144 | |
| | Horas de cheias | 0,1704 | |
| | Horas de vazio | 0,0986 | |

Considerando os escalões de potência a contratar, verifica-se que é necessário contratar 20.7 kVA para esta instalação elétrica. A potência contratada terá um custo mensal de 26.02 €.

$$\text{Custo}_{\text{potência contratada}} = 12 \times 26.02 \quad (22)$$

$$\text{Custo}_{\text{potência contratada}} = 312.24 \text{ €}$$

Para calcular a energia consumida pela eletrobomba terá de se estimar o tempo de funcionamento diário da mesma.

O caudal diário, calculado anteriormente, é 9.92 m³/dia. O fator de ponta estabelece o padrão de consumo da população. Neste caso o valor do fator de ponta é 8.29. O caudal de ponta é igual a:

$$Q_p = 8.29 \times 0.00011$$

$$Q_p = 0.00095 \text{ m}^3/\text{s} \quad (23)$$

$$Q_p = 3.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

O caudal de ponta corresponde a 3.42 m³/h, o que quer dizer que a população demorará a consumir o total diário 9.92 m³ em 2.90 horas.

$$t = \frac{9.92}{3.42} \quad (24)$$

$$t = 2.90 \text{ horas}$$

A população concentra o consumo total diário em 2.90 horas, ou seja, em cerca de 2 horas e 54 minutos.

Para o cálculo do gasto de eletricidade anual com a eletrobomba, calcula-se o tempo de funcionamento anual:

$$t = 2.90 \times 365 \quad (25)$$

$$t = 1057.18 \text{ horas/ano}$$

O custo de eletricidade anual gasto pela eletrobomba é o resultado da multiplicação, do tempo de funcionamento do equipamento em (horas/ano), da potência absorvida pelo equipamento em (kW/h) e do custo da eletricidade em (€/kW).

$$\text{Custo}_{\text{energia consumida}} = 1057.18 \times 7.21 \times 0.1602 \quad (26)$$

$$\text{Custo}_{\text{energia consumida}} = 1221.09 \text{ €}$$

O custo total da energia elétrica consumida pela eletrobomba é o somatório do custo da potência contratada e do custo da energia consumida.

$$\text{Custo}_{\text{total}} = \text{Custo}_{\text{potência contratada}} + \text{Custo}_{\text{energia consumida}}$$

$$\text{Custo}_{\text{total}} = 312.24 + 1221.09 \quad (27)$$

$$\text{Custo}_{\text{total}} = 1533.33 \text{ €/ano}$$

Para o custo de manutenção da estação elevatória considerou-se um valor de 50€ por mês, valor fornecido pelos Serviços Municipalizados de Castelo Branco, considerando as operações necessárias e a sua periodicidade, bem como os custos de deslocação ao local. Assim anualmente a estação elevatória tem um encargo de 600 €. O custo anual do consumo de energia elétrica e de manutenção da eletrobomba é 2133.33 €.

Valor Atual Líquido dos Projetos

O valor atual líquido na alternativa I, que consiste na substituição parcial de condutas e colocação de um reservatório elevado, é -66 450 €.

O valor atual líquido na alternativa II, que consiste na substituição parcial de condutas e construção de estação elevatória, é -182 307 €.

4.3.8. Escolha da alternativa de intervenção - Utilização do Método AHP

Para auxiliar na tomada de decisão relativamente à melhor alternativa de intervenção utilizou-se o método AHP uma vez que os critérios desempenho, risco e custo se encontram em unidades de medida diferentes entre si. A complexidade das comparações das três alternativas de

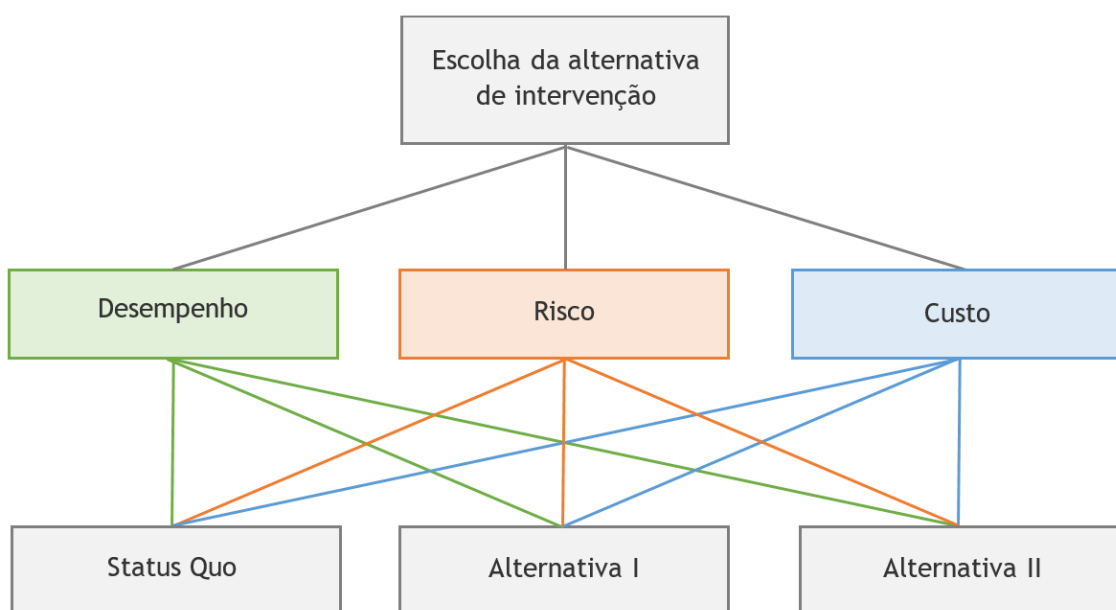
intervenção em relação aos 3 critérios definidos também não permite que seja tomada uma decisão racional sem a utilização deste mesmo método.

A seguir é aplicado passo a passo o método AHP, como descrito na revisão bibliográfica.

Passo 1: Inicialmente é estabelecido o objetivo global, sendo neste caso concreto a escolha da alternativa de intervenção, entre as 3 propostas, que assume o melhor compromisso em relação aos 3 critérios de avaliação.

Passo 2: No passo 2 define-se a estrutura hierárquica da tomada de decisão (Tabela 31) que mostra a relação que existe entre os critérios e as diversas alternativas. Cada alternativa de intervenção é avaliada em relação aos três critérios de avaliação.

Tabela 31: Estrutura hierárquica da tomada de decisão do presente caso de estudo



Passo 3: Neste ponto são definidas as matrizes de comparação, avaliando-se numa primeira fase o peso de cada critério.

De acordo com as características da entidade gestora considera-se que o risco é 5 vezes mais importante que o desempenho. Por sua vez o desempenho e o risco são classificados da mesma forma em relação ao custo, sendo 3 vezes mais importantes do que o mesmo. Com base nestes dados construiu-se a matriz 1.

$$\begin{array}{l}
 \text{Desempenho} \\
 \text{Risco} \\
 \text{Custo}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 \text{Desempenho} & \text{Risco} & \text{Custo} \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 1 & \frac{1}{5} & 3 \\
 5 & 1 & 3 \\
 \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \end{array}
 \quad (1)$$

Construção da matriz normalizada (2):

$$\begin{array}{l}
 \text{Desempenho} \\
 \text{Risco} \\
 \text{Custo}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 \text{Desempenho} & \text{Risco} & \text{Custo} \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 0,158 & 0,13 & 0,429 \\
 0,789 & 0,652 & 0,429 \\
 0,053 & 0,217 & 0,143
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \end{array}
 \quad (2)$$

Vetor próprio (3):

$$\begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{c}
 0,16 \\
 0,65 \\
 0,14
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \quad (3)$$

A seguir realiza-se a representação gráfica do grau de importância dos três critérios, desempenho, risco e custo.

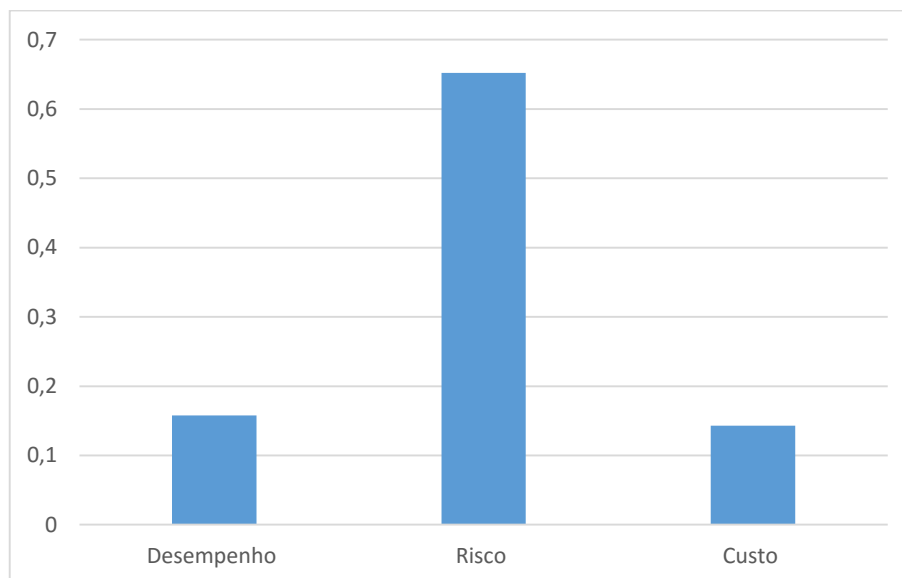


Gráfico 1: Representação gráfica da importância relativa dos três componentes, desempenho, risco e custo. A componente de mitigação do risco assume uma importância bastante destacada face ao desempenho e ao custo

Depois de calculados os pesos de cada critério são classificadas as diversas alternativas de intervenção relativamente aos critérios de desempenho, risco e custo.

Desempenho

O desempenho das diversas alternativas foi analisado na Tabela 25 e assume um valor de 1,56 para a situação de *status quo* e um valor de 2,13 para as alternativas I e II, que assumem o mesmo desempenho. Importa referir que a escala utilizada na classificação do desempenho vai de 0 a 3, sendo que de [0, 1] considera-se que o desempenho é insuficiente, de]1, 2] o desempenho é mediano e de]2, 3] o desempenho é bom.

Assim sendo, é evidente que a nível de desempenho as alternativas I e II são preferíveis à solução de *status quo*. Dada a diferença de valores, de 1,56 para 2,13, numa escala de 3, as alternativas I e II assumem extrema importância em relação à situação de *status quo*, que de acordo com a classificação proposta por Saaty a ponderação será de 9, em valor absoluto. Com base nesta análise constrói-se a matriz (4).

$$\begin{array}{c}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 1 & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\
 9 & 1 & 1 \\
 9 & 1 & 1
 \end{bmatrix}
 \quad (4)$$

Construção da matriz normalizada (5):

$$\begin{array}{c}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 0,053 & 0,053 & 0,053 \\
 0,474 & 0,474 & 0,474 \\
 0,474 & 0,474 & 0,474
 \end{bmatrix}
 \quad (5)$$

Vetor próprio (6):

$$\begin{bmatrix}
 0,05 \\
 0,47 \\
 0,47
 \end{bmatrix}
 \quad (6)$$

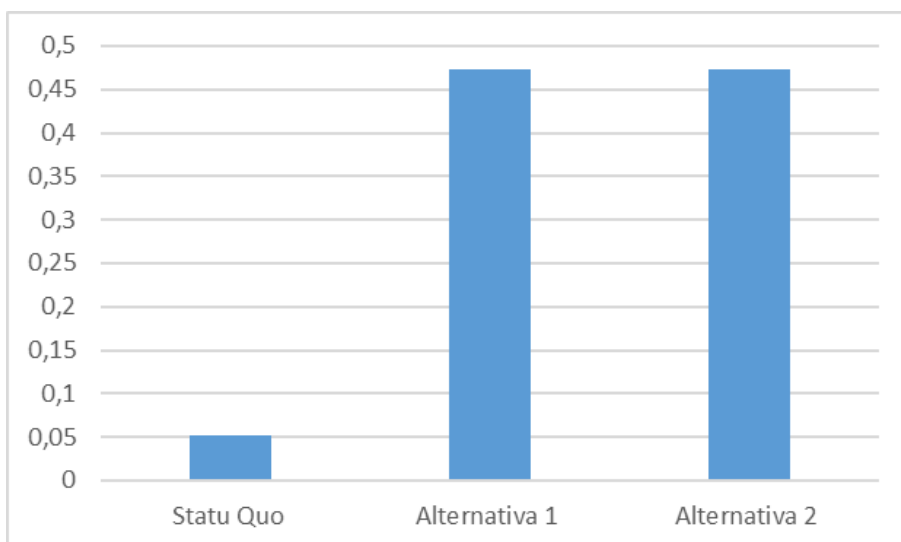


Gráfico 2: Classificação das alternativas de intervenção em relação ao critério desempenho. As alternativas I e II apresentam a mesma cotação. Face à situação de *status quo*, as alternativas I e II apresentam uma melhoria muito significativa relativamente ao critério de desempenho

Risco

A avaliação do risco também foi efetuada com base no método AHP, que permite comparar valores objetivos, mas assume uma importância ainda maior quando as grandezas não são mensuráveis, sendo facilmente comparáveis par a par. No caso do risco a situação de *status quo* representa um nível de risco elevadíssimo comparativamente com as duas alternativas que apresentam o mesmo nível de risco. Na solução de *status quo* a ocorrência de roturas não só tem elevada probabilidade de acontecer como ainda conduz a consequências graves como é o caso de valores de perdas de água inaceitáveis.

As alternativas I e II consideram a substituição parcial da rede, principalmente nos troços mais problemáticos e envelhecidos bem como a resolução de problemas relacionados com a baixa pressão de serviço, reduzindo neste caso o risco para valores perfeitamente aceitáveis.

Face ao exposto as alternativas I e II são de extrema importância em relação à opção de não realizar qualquer tipo de intervenção e por isso o grau de importância em valor absoluto será 9, em concordância com a escala proposta por Saaty.

As alternativas I e II uma vez que consideram as mesmas alterações apenas mudando a forma como são efetuadas conduzem a níveis de risco iguais e por isso a ponderação é de 1, quando comparada uma com a outra. Com base nesta análise construiu-se a matriz (7).

$$\begin{array}{l}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 1 & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\
 9 & 1 & 1 \\
 9 & 1 & 1
 \end{bmatrix}
 \quad (7)$$

Construção da matriz normalizada (8):

$$\begin{array}{l}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 0,053 & 0,053 & 0,053 \\
 0,474 & 0,474 & 0,474 \\
 0,474 & 0,474 & 0,474
 \end{bmatrix}
 \quad (8)$$

Vetor próprio (9):

$$\begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,47 \\ 0,47 \end{bmatrix} \quad (9)$$

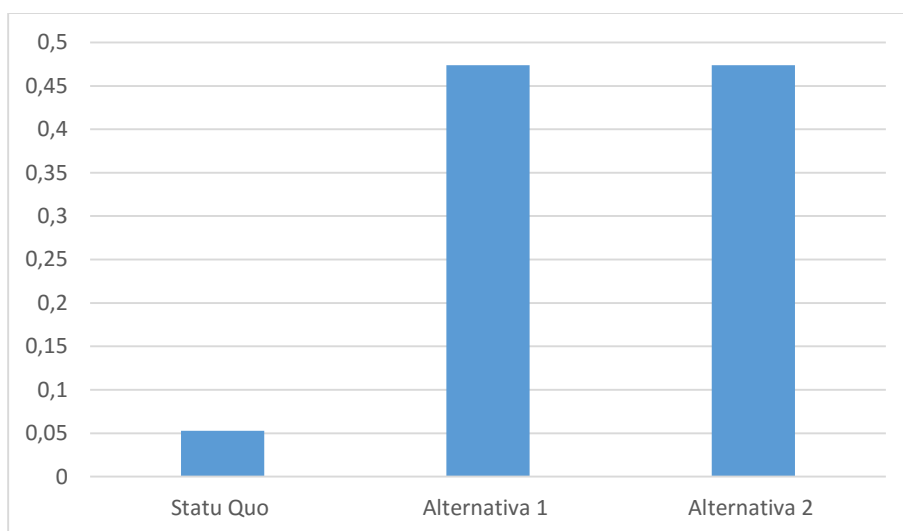


Gráfico 3: Classificação das alternativas de intervenção em relação ao critério de mitigação do risco. As alternativas I e II apresentam a mesma cotação. Face à situação de *status quo*, as alternativas I e II apresentam uma melhoria muito significativa relativamente ao critério do risco

Custo

Relativamente ao custo a situação de *status quo* é a que representa um valor menor uma vez que não é proposta qualquer intervenção infraestrutural. O custo desta opção prende-se com as perdas elevadas de água pelo estado de conservação da rede, contudo em relação ao custo das táticas infraestruturais representa um valor residual. A alternativa I tem um valor atual líquido de -66.450,28 € e na alternativa II o valor é de -182.306,76. Assim a alternativa *status quo* em relação ao custo tem uma importância forte em relação à alternativa I e é de extrema importância quando comparada com a alternativa II. Por outro lado, a alternativa I revela uma importância muito forte quando comparada com a alternativa II. A matriz (10) foi construída com base na análise efetuada neste parágrafo.

$$\begin{array}{l}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \text{Status Quo} & \text{Alternativa I} & \text{Alternativa II} \\
 1 & 5 & 9 \\
 \frac{1}{5} & 1 & 7 \\
 \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & 1
 \end{bmatrix}
 \quad (10)$$

Construção da matriz normalizada (11):

$$\begin{array}{l}
 \text{Status Quo} \\
 \text{Alternativa I} \\
 \text{Alternativa II}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \text{Status Quo} & \text{Alternativa I} & \text{Alternativa II} \\
 0,763 & 0,814 & 0,529 \\
 0,153 & 0,163 & 0,412 \\
 0,085 & 0,023 & 0,059
 \end{bmatrix}
 \quad (11)$$

Vetor próprio (12):

$$\begin{bmatrix}
 0,76 \\
 0,16 \\
 0,06
 \end{bmatrix}
 \quad (12)$$

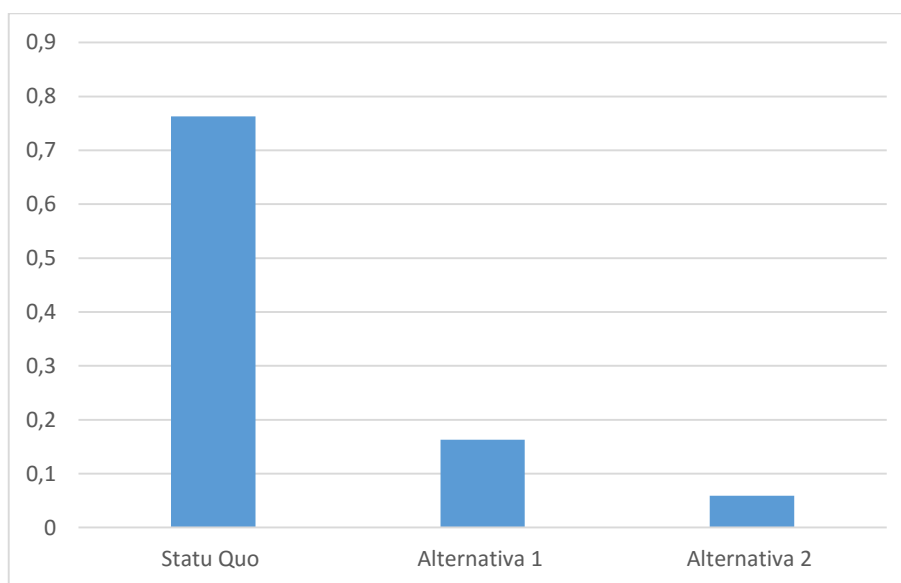


Gráfico 4: Classificação das alternativas de intervenção em relação ao critério custo. A situação de *status quo* é que apresenta a cotação mais elevada uma vez que possui o custo mais baixo das três alternativas consideradas. A alternativa 1 apresenta um custo ligeiramente mais baixo do que a alternativa 2.

Passo 4: Define-se a matriz (13) que combina a ponderação de cada alternativa em relação a cada critério e multiplica-se pelo vetor próprio dos pesos de cada critério. Deste modo obtém-se a cotação global de cada alternativa. A alternativa que assume um valor superior é a que deve ser considerada.

$$\begin{bmatrix} 0.05 & 0.05 & 0.76 \\ 0.47 & 0.47 & 0.16 \\ 0.47 & 0.47 & 0.06 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.65 \\ 0.14 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.41 \\ 0.39 \end{bmatrix} \leftarrow \text{Alternativa I} \quad (13)$$

Neste caso concreto a Alternativa I é a que possui melhor cotação e por esse facto deverá ser a alternativa a ser implementada. O custo que envolve a alternativa II faz com que a mesma ocupe a segunda posição, com uma cotação mais baixa do que a alternativa ótima. A opção de não ser realizada qualquer tipo de intervenção na rede apresenta uma cotação global inaceitável.

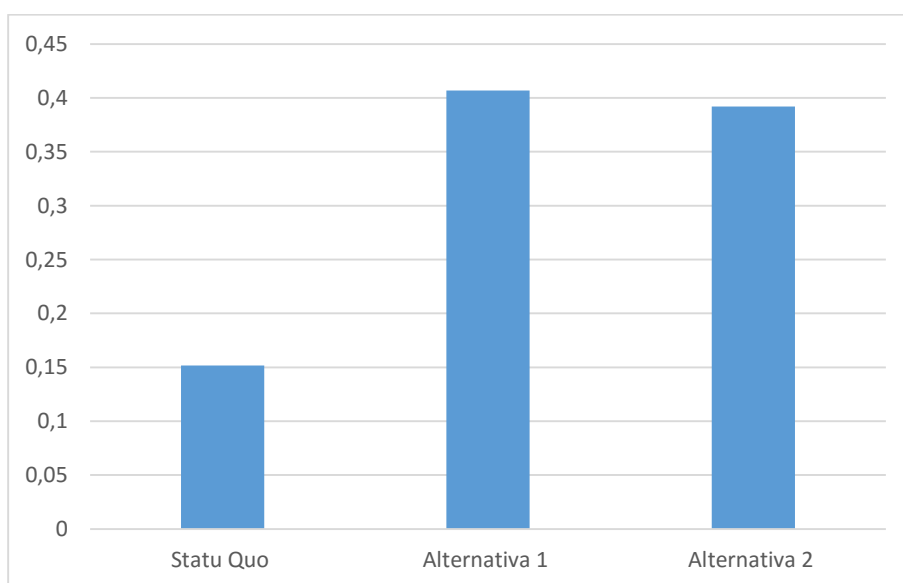


Gráfico 5: Cotação Global das 3 alternativas. Pode observar-se que a alternativa 1 é a que possui melhor compromisso entre as três consideradas. A solução de *status quo* é a que apresenta a cotação global mais baixa.

Capítulo 5

5. Conclusões

5.1. Síntese e conclusões gerais

A presente dissertação teve como objetivo principal demonstrar a aplicação prática da GPI ao sistema de abastecimento de água do concelho de Castelo Branco e utilizar o método AHP para auxílio na tomada de decisão. Para tal foram estabelecidos objetivos intermédios, sendo os mesmos: a caracterização de um sistema de abastecimento de água, revisão bibliográfica sobre o tema da gestão patrimonial de infraestruturas, aplicação de um modelo de GPI a um sistema de abastecimento de água real e por fim a aplicação do método AHP no auxílio da tomada de decisão do referido caso prático.

Pode afirmar-se que o trabalho realizado cumpriu amplamente os objetivos inicialmente propostos.

Definidos os conceitos teóricos associados ao tema realizou-se a aplicação na práticas dos mesmos através do caso de estudo, capítulo IV. O caso de estudo desenvolveu-se em quatro fases principais. Inicialmente realizou-se a caracterização da situação no ano de análise da entidade gestora “Serviços Municipalizados de Castelo Branco”. A aplicação de um modelo de GPI a um sistema de abastecimento abordou-se nas fases dois e três, através do planeamento

estratégico e tático, respetivamente. Depois de aplicado o modelo de GPI ao sistema de abastecimento foi definida a área de análise de intervenção prioritária, Monforte da Beira, tendo sido porposta para a mesma três alternativas. Por fim aplicou-se o método AHP por forma a identificar qual a melhor alternativa de intervenção segundo os critérios desempenho, risco e custo.

Pode assim afirmar-se que o presente trabalho permitiu compreender melhor a aplicação da gestão patrimonial de infraestruturas a um sistema de abastecimento de água bem como a utilização do método AHP no auxílio da tomada de decisão final.

Da aplicação da GPI a um sistema de abastecimento de água podem retirar-se as seguintes conclusões:

- A caracterização da situação atual do sistema a analisar bem como a estruturação do problema através da definição dos objetivos a atingir é a fase mais importante.
- A escolha dos critérios e métricas por forma a analisar o cumprimento dos objetivos definidos inicialmente deverá ser a mais abrangente possível, contudo a mesma depende da informação disponível sobre o sistema de abastecimento em análise. A combinação destes dois fatores faz com que a escolha de critérios e métricas seja uma das tarefas mais complexas.
- Na avaliação da métrica “Índice de valor Infraestrutural - IVI” não existe uma escala de classificação e de cores pré-estabelecida como existe para as restantes métricas analisadas. Portanto o estabelecimento de uma escala de classificação realiza-se de acordo com as características e indicações da gestão da entidade gestora em causa.
- O modelo de GPI aplicado permitiu identificar as métricas com desempenho insuficiente a nível global e assim delinear algumas estratégias de modo a melhorar o desempenho de todo o sistema de abastecimento e identificando assim as métricas a serem alvo de análise aprofundada nos vários subsistemas.
- O planeamento tático permitiu identificar a área de análise com menor desempenho que se refere à localidade de Monforte da Beira. Por forma a melhorar o desempenho da mesma conceberam-se três alternativas de intervenção.

Depois de se analisarem as 3 alternativas de intervenção teria de ser tomada uma decisão e escolhendo-se apenas uma. Para tal foi testada a validade do método AHP no auxílio da tomada de decisão final. O método AHP permitiu assim escolher a alternativa com melhor compromisso entre as 3 propostas segundo os critérios de desempenho, risco e custo. Com a aplicação do método foi ainda possível estabelecer um peso diferente a cada critério de acordo com a política de gestão e qualidade da entidade gestora. A dimensão do risco por falta de informação disponível não pôde ser definida de forma objetiva, contudo o método AHP possibilitou a sua classificação a nível quantitativo ao realizar comparações par a par.

Para o decisor é relativamente fácil comparar o risco de uma alternativa com a outra considerando os respetivos fatores.

A GPI avalia vários fatores que condicionam o desempenho da infraestrutura ao invés de considerar apenas a idade da mesma e a sua vida útil. Ou seja a indicação de que a infraestrutura deve ser substituída advém do seu estado de funcionamento global não considerando apenas a sua idade, contudo esse fator também entra no critério do índice de valor infraestrutural.

Pode assim concluir-se que a aplicação de um modelo de GPI é extremamente benéfico para as entidades gestoras que gerem sistemas de abastecimento de água, permitindo a racionalização dos investimentos em reabilitação.

5.2. Desenvolvimentos futuros

A aplicação do método AHP permitiu escolher a alternativa de intervenção com melhor compromisso entre os critérios desempenho, risco e custo. No presente caso de estudo analisaram-se 6 subsistemas dos 63 a cargo dos SMCB. Recomenda-se a utilização do método AHP no auxílio da tomada de decisão por parte da entidade gestora, envolvendo a globalidade do sistema.

Sugere-se ainda a integração de um módulo de apoio à tomada de decisão no *software* AWARE-P, que de uma forma intuitiva poderá simplificar a aplicação do método AHP, podendo o mesmo vir a ser utilizado por outras entidades gestoras.

Referências Bibliográficas

- (s.d.). Obtido de Fucoli - Somepal (Fundição de Ferro S. A.): <http://www.fucoli-somepal.pt/>
- Alegre, H., & Coelho, S. (2013). Infrastructure Asset Management of Urban Water Systems. *INTECH*.
- Alegre, H., & Covas, D. (2010). *Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Abastecimento de Água - Uma Abordagem Centrada na Reabilitação*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos; Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Instituto Superior Técnico.
- Alegre, H., Coelho, S., & Leitão, J. (2012). Gestão Patrimonial de Infra-estruturas em Sistemas Urbanos de Água.
- Alegre, H., Coelho, S., Almeida, M., & Vieira, P. (2005). *Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos; Instituto da Água; Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Alegre, H., Covas, D., Coelho, S., Almeida, M., & Cardoso, M. (2011). AWARE-P: Uma Abordagem Integrada para Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Sistemas Urbanos de Água.
- Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J., & Parena, R. (2004). *Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água - Guia Técnico 1*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos; Laboratório Nacional de Engenharia Civil .
- Ambrósio, A. (1997). O envolvimento dos sectores público e privado no abastecimento de água e na drenagem e tratamento de águas residuais em Portugal.
- Benoliel, M., Ferreira, E., Cardoso, V., & Lopes, A. (11 de 11 de 2009). Seminário ERSAR “Esquema de Aprovação em Portugal para os produtos em contacto com a água destinada ao consumo humano”. *Experiência do Laboratório Central da EPAL na aprovação dos materiais em contacto com a água*. Lisboa: IPAC; EPAL.
- Bretas, E., Lemos, J., & Lourenço, P. (2012). Masonry Dams: Analysis of the Historical Profiles of Sazilly, Delocre, and Rankine. *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration*.
- Cardoso, M., Silva, M., Coelho, S., & Almeida, M. (2012). Urban water infrastructure asset management - a structured approach in four water utilities. *IWA Publishing*.

- CESDA. (2014). Ficha de Boas Práticas - Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água .
- Coelho, S., Loureiro, D., & Alegre, H. (2006). *Modelação e Análise de Sistemas de Abastecimento de Água*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos; Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Covas, D., Monteiro, A., Teixeira, A., Cabeças, A., Barros, C., Figueiredo, D., . . . Marchionni, V. (2015). *Custos de referência de infraestruturas do ciclo urbano de água, de valorização de resíduos urbanos sólidos e de proteção da orla costeira Relatório Final - Volume II*. Instituto Superior Técnico .
- CRISAN, C., & Borza, A. (2015). Research Methodology - A Quality Assurance Instrument. Analysis of Internationalized Masters of Babeş-Bolyai University.
- Decreto Regulamentar nº 23/ 95. (23 de 08 de 1995). Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.
- Dialynas, E., & Angelakis, A. (s.d.). The Evolution of Water Supply Technologies in Ancient Crete, Greece.
- ERSAR. (2013). Nota à Imprensa - "Água Não Faturada nos Sistemas de Abastecimento Corresponde a 167 Milhões de Euros Anuais".
- Gog, M. (2015). Case Study Research. *International Journal of Sales, Retailing and Marketing*.
- Gordon , A., & Shore, K. (1988). Life Cycle Renewal as a Business Process. *Innovations in Urban Infrastructure Seminar of the APWA International Public Works Congress*. Las Vegas, Nevada,USA.
- Henriques, J., Palma, J., & Ribeiro, Á. (2006). *Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos; Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- INE. (2011). *Instituto Nacional de Estatística* . Obtido de Censos 2011: censos.ine.pt
- INE. (2014). *Instituto Nacional de Estatística* . Obtido de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&inDOccorrCod=0008273&selTab=tab0
- INE. (2015). *Instituto Nacional de Estatística*. Obtido de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&inDOccorrCod=0008273&selTab=tab0
- INSAAR. (2011). Glossário - caracterização física e de funcionamento.
- INSAAR. (2011). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*.
- IST. (2009). Órgãos de Manobra e Controlo - Tipos, função e localização.
- IST. (2015). Custos de referência de infraestruturas do ciclo urbano da água, de valorização de resíduos sólidos urbanos e de proteção da orla costeira, Relatório Final
- Jovanovic, B., Filipovic, J., & Bakic, V. (2015). Prioritization of manufacturing sectors in Serbia for energy management improvement - AHP method. *Energy Conversion and Management*.
- Juuti , P., Katko, T., & Vuorinen , H. (05 de 08 de 2015). *A Brief History of Water and Health from Ancient Civilizations to Modern Times*. Obtido de IWA Publishing (International Water Association): <http://www.iwapublishing.com/news/brief-history-water-and-health-ancient-civilizations-modern-times>
- LNEC. (2012). Necessidades de Informação para GPI.
- LNEC, & ERSAR. (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 2.ª geração do sistema de avaliação*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR); Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
- Long, H. (2014). An Empirical Review of Research Methodologies and Methods in Creativity Studies (2003-2012). *Creativity research journal*.
- Mays, L., Koutsoyiannis, D., & Angelakis, A. (2007). A Brief History of Urban Water Supply in the Antiquity. *Water Science & Technology: Water Supply*.
- Merlin , F., Pereira , V., & Júnior , W. (2012). Sustainable Development Induction in Organizations: A Convergence Analysis of ISO Standards Management Tools' Parameters.
- Oliveira , L. (2011). *Dissertação e Tese em Ciência e Tecnologia segundo Bolonha - Guia de boas práticas*. Lisboa : Lidel.
- Pato, J. (2011). *História das políticas públicas de abastecimento*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).
- Pietrzak, M., & Paliszkiwicz, J. (2015). Framework of Strategic Learning: The PDCA Cycle.

- Ramos , H., Covas , D., & Araújo, L. (2004). Válvulas Redutoras de Pressão e Produção de Energia . Lisboa : Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos - 7 ° Congresso da Água.
- Rodrigues , J., & Nunes , L. (2005). *Hidráulica Volume III*. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros.
- Saaty, R. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Pergamon Journals*.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*.
- Simas, L., Gonçalves, P., Lopes, J., & Alexandre, C. (2005). *Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos .
- Singaravel, B., & Selvaraj, T. (2015). Optimization of machining parameters in turning operation using combined topsis and ahp method. *Tehnički vjesnik*.
- SMCB. (2016). *Serviços Municipalizados de Castelo Branco* . Obtido de <http://www.sm-castelobranco.pt/os-smcb/historia.aspx>
- Sousa , E. (2001). *Sistemas de abastecimento de água - constituição e bases quantitativas de dimensionamento*. Lisboa .
- VANIER, D. (2000). Advanced Asset Management: Tools and Techniques. *APWA International Public Works Congress NRCC/CPWA Seminar Series Innovations in Urban Infrastructure*. Montreal Road, Ottawa, canada.
- Venkatesh, V., Brown, S., & Sullivan, Y. (2016). Guidelines for Conducting Mixed-methods Research: An Extension and Illustration. *Journal of the Association for Information Systems*.
- Vieira, J., & Morais, C. (2005). *Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos; Universidade do Minho.

ANEXOS

ANEXO I

Tabelas da 2.^a geração de indicadores de desempenho (ERSAR/ LNEC)

Tabela 32: Indicador acessibilidade física do serviço, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA01b – Acessibilidade física do serviço (%) | |
|--|--------------------------|
| <p>Percentagem do número total de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora para os quais as infraestruturas do serviço de distribuição de água se encontram disponíveis.</p> $AA01b = (dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100$ <p>dAA07b – Alojamentos com serviço efetivo (n.º) dAA08b – Alojamentos com serviço disponível não efetivo (n.º) dAA09b – Alojamentos existentes (n.º)</p> | |
| <p>Valores de referência para sistemas em baixa</p> <p><u>Valores de referência para áreas de intervenção predominantemente urbanas</u></p> <p>Qualidade do serviço boa [95; 100] Qualidade do serviço mediana [80; 95[Qualidade do serviço insatisfatória [0; 80[</p> <p><u>Valores de referência para áreas de intervenção mediamente urbanas</u></p> <p>Qualidade do serviço boa [90; 100] Qualidade do serviço mediana [80; 90[Qualidade do serviço insatisfatória [0; 80[</p> <p><u>Valores de referência para áreas de intervenção predominantemente rurais</u></p> <p>Qualidade do serviço boa [80; 100] Qualidade do serviço mediana [70; 80[Qualidade do serviço insatisfatória [0; 70[</p> | |
| Código IWA: – | Código ERSAR anterior: – |

Tabela 33: Indicador acessibilidade económica do serviço, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA02ab – Acessibilidade económica do serviço (%) | | |
|---|--------------------------|--------------|
| <p>Peso do encargo médio com o serviço de abastecimento de água no rendimento médio disponível por agregado familiar na área de intervenção do sistema.</p> $AA02ab = dAA52ab / dAA53ab \times 100$ <p>dAA52ab – Encargo médio com o serviço de abastecimento de água (€/ano) dAA53ab – Rendimento médio disponível familiar (€/ano)</p> | | |
| Valores de referência para sistemas em | alta | baixa |
| Qualidade do serviço boa | [0; 0,25] | [0; 0,50] |
| Qualidade do serviço mediana |]0,25; 0,50] |]0,50; 1,00] |
| Qualidade do serviço insatisfatória |]0,50; +∞ [|]1,00; +∞ [|
| <p>Para os sistemas em alta, este indicador não considera as ineficiências dos sistemas em baixa, porquanto este aspeto não é relevante na respetiva avaliação.</p> | | |
| Código IWA: – | Código ERSAR anterior: – | |

Tabela 34: Indicador ocorrência de falhas no abastecimento, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA03b – Ocorrência de falhas no abastecimento [n.º/(1000 ramais · ano)] | |
|---|---|
| <p>Número de falhas no abastecimento por 1000 ramais.</p> $AA03b = dAA12b / dAA33b \times 1000$ <p>dAA12b – Falhas no abastecimento (n.º/ano) dAA33b – Ramais de ligação (n.º)</p> | |
| Valores de referência para sistemas em | baixa |
| Qualidade do serviço boa | [0,0; 1,0] |
| Qualidade do serviço mediana |]1,0; 2,5] |
| Qualidade do serviço insatisfatória |]2,5; +∞ [|
| Código IWA: QS14 (adaptado) | Código ERSAR anterior: AA03b (adaptado) |

Tabela 35: Indicador água segura, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA04ab – Água Segura (%) | |
|--|--------------------------|
| <p>Percentagem de água controlada e de boa qualidade, sendo esta o produto da percentagem de cumprimento da frequência de amostragem pela percentagem de cumprimento dos valores paramétricos fixados na legislação dos parâmetros sujeitos a controlo de rotina 1, controlo de rotina 2 e controlo de inspeção, tal como definido no Anexo II do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto.</p> | |
| $AA04ab = (dAA25ab / dAA23ab) \times (dAA22ab / dAA24ab) \times 100$ | |
| <p>dAA22ab – Análises obrigatórias realizadas à qualidade da água (n.º/ano) dAA23ab – Análises realizadas aos parâmetros com valor paramétrico (n.º/ano) dAA24ab – Análises obrigatórias regulamentares à qualidade da água (n.º/ano) dAA25ab – Análises realizadas em cumprimento do valor paramétrico (n.º/ano)</p> | |
| Valores de referência para sistemas em | alta e baixa |
| Qualidade do serviço boa | [98,50; 100,00] |
| Qualidade do serviço mediana | [94,50; 98,50] |
| Qualidade do serviço insatisfatória | [00,00; 94,50] |
| Código IWA: – | Código ERSAR anterior: – |

Tabela 36: Indicador cobertura dos gastos totais, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA06ab – Cobertura dos gastos totais (-) | |
|---|--------------------------|
| <p>Rácio entre os rendimentos e ganhos totais e os gastos totais.</p> | |
| $AA06ab = dAA50ab / dAA51ab$ | |
| <p>dAA50ab – Rendimentos e ganhos totais (€/ano) dAA51ab – Gastos totais (€/ano)</p> | |
| Valores de referência para sistemas em | alta e baixa |
| Qualidade do serviço boa | [1,0; 1,1] |
| Qualidade do serviço mediana | [0,9; 1,0[ou]1,1; 1,2] |
| Qualidade do serviço insatisfatória | [0,0 ;0,9[ou]1,2; +∞ [|
| Código IWA: Fi30 | Código ERSAR anterior: – |

Tabela 37: Indicador resposta a reclamações e sugestões, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA05ab – Resposta a reclamações e sugestões (%) | | |
|---|-----------------------------|-----------|
| <p>Percentagem de reclamações e sugestões escritas que foram objeto de resposta escrita num prazo não superior a 22 dias úteis.</p> | | |
| $AA05ab = dAA11ab / dAA10ab \times 100$ | | |
| <p>dAA10ab – Reclamações e sugestões (n.º/ano) dAA11ab – Respostas a reclamações e sugestões (n.º/ano)</p> | | |
| Valores de referência para sistemas em | alta | baixa |
| Qualidade do serviço boa | 100 | 100 |
| Qualidade do serviço mediana | [95; 100[| [85; 100[|
| Qualidade do serviço insatisfatória | [0; 95[| [0; 85[|
| <p>Devem ser incluídos solicitações e pedidos que reflitam que as expectativas do reme- tente relativamente ao serviço não foram correspondidas.</p> | | |
| Código IWA: QS34 | Código ERSAR anterior: AA06 | |

Tabela 38: Indicador adesão ao serviço, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA07b – Adesão ao serviço (%) | |
|--|--------------------------|
| <p>Percentagem do número total de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora para os quais as infraestruturas do serviço de distribuição de água estão disponíveis e têm serviço efetivo (com existência de ramal e de contrato mesmo que temporariamente suspenso durante uma parte do ano em análise).</p> $AA07b = dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100$ <p>dAA07b – Alojamentos com serviço efetivo (n.º) dAA08b – Alojamentos com serviço disponível não efetivo (n.º)</p> | |
| Valores de referência para sistemas em | baixa |
| Qualidade do serviço boa | [95,0; 100,0] |
| Qualidade do serviço mediana |]90,0; 95,0[|
| Qualidade do serviço insatisfatória | [0,0; 90,0[|
| Código IWA: – | Código ERSAR anterior: – |

Tabela 39: Indicador água não faturada, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA08ab – Água não faturada (%) | | |
|--|-----------------------------|---------------|
| <p>Percentagem de água entrada no sistema que não é faturada.</p> $AA08ab = dAA17ab / dAA14ab \times 100$ <p>dAA14ab – Água entrada no sistema (m³/ano) dAA17ab – Água não faturada (m³/ano)</p> | | |
| Valores de referência para sistemas em | alta | baixa |
| Qualidade do serviço boa | [0,0; 5,0] | [0,0; 20,0] |
| Qualidade do serviço mediana |]5,0; 7,5[|]20,0; 30,0[|
| Qualidade do serviço insatisfatória |]7,5; 100,0] |]30,0; 100,0] |
| Código IWA: Fi46 | Código ERSAR anterior: AA10 | |

Tabela 40: Indicador reabilitação de condutas, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA10ab – Reabilitação de condutas (%/ano) | |
|---|--|
| <p>Percentagem média anual de condutas de adução e distribuição com mais de dez anos que foram reabilitadas nos últimos cinco anos.</p> $AA10ab = dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5$ <p>dAA31ab – Comprimento médio de condutas (km) dAA32ab – Condutas reabilitadas nos últimos cinco anos (km)</p> | |
| Valores de referência para sistemas em | alta e baixa |
| Qualidade do serviço boa | [1,0; 4,0] |
| Qualidade do serviço mediana | [0,8; 1,0[ou]4,0; 100] |
| Qualidade do serviço insatisfatória | [0,0; 0,8[|
| <p>Note-se que o inverso do valor médio deste indicador ao longo da vida do sistema corresponde ao número de anos de instalação das condutas. No caso de entidades gestoras que não disponham de registo histórico para a totalidade do período de 5 anos, o indicador deve ser calculado para o período com dados disponíveis.</p> | |
| Código IWA: Op16 (adaptado) | Código ERSAR anterior: AA14 (adaptado) |

Tabela 41: Indicador ocorrência de avarias em condutas, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA11ab – Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km · ano)] | | |
|--|-----------|-----------------------------|
| Número de avarias em condutas por unidade de comprimento. | | |
| $AA11ab = dAA13ab / dAA30ab \times 100$ | | |
| dAA13ab – Avarias em condutas (n.º/ano) | | |
| dAA30ab – Comprimento total de condutas (km) | | |
| Valores de referência para sistemas em | alta | baixa |
| Qualidade do serviço boa | [0; 15] | [0; 30] |
| Qualidade do serviço mediana |]15; 30] |]30; 60] |
| Qualidade do serviço insatisfatória |]30; +∞ [|]60; +∞ [|
| Neste indicador excluem-se as avarias em condutas comprovadamente provocadas por terceiros e cuja reparação lhes foi faturada. O cálculo deste indicador, feito em geral a partir do registo de ordens de trabalho, deve excluir as reparações devidas ao controlo ativo de fugas. | | |
| Código IWA: Op31 | | Código ERSAR anterior: AA16 |

Tabela 42: Indicador adequação dos recursos humanos, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA12b – Adequação dos recursos humanos (n.º/1000 ramais) | |
|--|------------------------------|
| Número equivalente a tempo inteiro de empregados afetos ao serviço de abastecimento de água por 1000 ramais. | |
| $AA12b = (dAA59b + dAA60b) / dAA33b \times 1000$ | |
| dAA33b – Ramais de ligação (n.º) | |
| dAA59b – Pessoal afeto ao serviço de abastecimento de água (n.º) | |
| dAA60b – Pessoal em outsourcing afeto ao serviço de abastecimento de água (n.º) | |
| Valores de referência para sistemas em | baixa |
| <u>Valores de referência para áreas de intervenção predominantemente urbanas</u> | |
| Qualidade do serviço boa | [2,0; 3,0] |
| Qualidade do serviço mediana | [1,5; 2,0[ou]3,0; 3,5] |
| Qualidade do serviço insatisfatória | [0; 1,5[ou]3,5; +∞[|
| <u>Valores de referência para áreas de intervenção mediantemente urbanas</u> | |
| Qualidade do serviço boa | [2,0; 3,5] |
| Qualidade do serviço mediana | [1,5; 2,0[ou]3,5; 4,3] |
| Qualidade do serviço insatisfatória | [0; 1,5[ou]4,3; +∞[|
| <u>Valores de referência para áreas de intervenção predominantemente rurais</u> | |
| Qualidade do serviço boa | [2,0; 4,0] |
| Qualidade do serviço mediana | [1,5; 2,0[ou]4,0; 6,0] |
| Qualidade do serviço insatisfatória | [0; 1,5[ou]6,0; +∞[|
| Código IWA: – | Código ERSAR anterior: AA17b |

Tabela 43: Indicador perdas reais de água, retirada de (LNEC & ERSAR, 2013)

| AA13b – Perdas reais de água [l/(ramal · dia)] | |
|---|--------------------------|
| Volume de perdas reais por ramal. | |
| $AA13b = (dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365)$ | |
| dAA18b – Perdas reais (m ³ /ano) | |
| dAA33b – Ramais de ligação (n.º) | |
| Valores de referência para sistemas em | baixa |
| Qualidade do serviço boa | [0; 100] |
| Qualidade do serviço mediana |]100; 150] |
| Qualidade do serviço insatisfatória |]150; +∞ [|
| Este indicador aplica-se a entidades em baixa se a densidade de ramais for igual ou superior a 20/km de rede. | |
| Código IWA: Op23 | Código ERSAR anterior: – |

ANEXO II

Tabelas de custos de referência de infraestruturas (IST)

Tabela 44: Custo base de levantamento e reposição de pavimentos, retirada de (IST, 2015)

| Custo base de levantamento e reposição de pavimentos, €/m ² | | | | |
|--|--|------|---------|------|
| Tipologia | | P10 | M (P50) | P90 |
| LR1 | Betume asfáltico em estradas municipais (E.M.) | 9.3 | 12.8 | 20.6 |
| LR2 | Betume asfáltico em estradas nacionais (E.N.) | 16.6 | 21.0 | 24.2 |
| LR3 | Cubos de granito, calçada à portuguesa, blocos de encaixe, paralelos e pedra de chão | 7.0 | 11.1 | 19.0 |
| LR4 | Saibro, terra batida e brita | 1.0 | 3.5 | 7.4 |
| LR5 | Macadame | 2.4 | 6.6 | 17.7 |
| LR6 | Betonilha esquadrelada | 10.2 | 16.2 | 22.7 |

Tabela 45: Custo de referência para abertura de vala, retirada de (IST, 2015)

| Diâmetro D (mm) | Largura de vala* L (m) | Custo de referência, €/m** | | | | | |
|-----------------|------------------------|----------------------------|------|------|-----|------|------|
| | | LR1 | LR2 | LR3 | LR4 | LR5 | LR6 |
| 50 - 150 | 0.65 | 13.5 | 22.0 | 11.7 | 3.7 | 6.9 | 17.0 |
| 160 | 0.66 | 13.6 | 22.2 | 11.8 | 3.7 | 7.0 | 17.1 |
| 180 | 0.68 | 13.8 | 22.7 | 12.0 | 3.8 | 7.1 | 17.5 |
| 200 | 0.70 | 14.1 | 23.1 | 12.2 | 3.9 | 7.3 | 17.8 |
| 250 | 0.75 | 14.7 | 24.1 | 12.8 | 4.0 | 7.6 | 18.6 |
| 280 | 0.78 | 15.1 | 24.8 | 13.1 | 4.1 | 7.8 | 19.1 |
| 300 | 0.80 | 15.4 | 25.2 | 13.3 | 4.2 | 7.9 | 19.4 |
| 315 | 0.82 | 15.6 | 25.5 | 13.5 | 4.3 | 8.0 | 19.6 |
| 350 | 0.85 | 16.0 | 26.2 | 13.9 | 4.4 | 8.3 | 20.2 |
| 355 | 0.86 | 16.1 | 26.3 | 14.0 | 4.4 | 8.3 | 20.3 |
| 400 | 0.90 | 16.7 | 27.3 | 14.5 | 4.6 | 8.6 | 21.0 |
| 450 | 0.95 | 17.3 | 28.3 | 15.0 | 4.7 | 8.9 | 21.8 |
| 500 | 1.00 | 17.9 | 29.4 | 15.6 | 4.9 | 9.3 | 22.6 |
| 550 | 1.25 | 21.1 | 34.6 | 18.3 | 5.8 | 10.9 | 26.7 |
| 600 | 1.30 | 21.8 | 35.7 | 18.9 | 6.0 | 11.2 | 27.5 |
| 630 | 1.33 | 22.2 | 36.3 | 19.2 | 6.1 | 11.4 | 28.0 |
| 700 | 1.40 | 23.1 | 37.8 | 20.0 | 6.3 | 11.9 | 29.1 |
| 800 | 1.50 | 24.3 | 39.9 | 21.1 | 6.7 | 12.6 | 30.7 |
| 900 | 1.60 | 25.6 | 42.0 | 22.2 | 7.0 | 13.2 | 32.3 |
| 1000 | 1.70 | 26.9 | 44.1 | 23.4 | 7.4 | 13.9 | 33.9 |
| 1100 | 1.80 | 28.2 | 46.2 | 24.5 | 7.7 | 14.5 | 35.6 |
| 1200 | 1.90 | 29.5 | 48.3 | 25.6 | 8.1 | 15.2 | 37.2 |

NOTAS:

- 1 Custo de marcação e corte de pavimento: 1.20 €/m.
- 2 P10: Percentil 10; M (P50): Mediana (Percentil 50); P90: Percentil 90.
- 3 * Largura de vala, $L(m) = D_d + 0.5$, $D_d \leq 500mm$; $L(m) = D_d + 0.7$, $D_d > 500mm$.
- 4 ** Calculado considerando que a largura de área pavimentada, L_p (m), excede de 0.40 m a largura de vala necessária para a instalação da conduta.

Tabela 46: Custo de referência de conduta de distribuição, retirada de (IST, 2015)

| DN (mm) | Custo de referência de conduta de distribuição, €/m | | | | | | | | |
|---------|---|---------|------|-----------|---------|-------|-------|---------|-------|
| | PVC PN10 | | | PEAD PN10 | | | FFd | | |
| | P10 | M (P50) | P90 | P10 | M (P50) | P90 | P10 | M (P50) | P90 |
| 50 | - | - | - | - | 22.3 | - | - | - | - |
| 63 | 23.5 | 25.1 | 26.6 | 23.3 | 37.6 | 51.4 | - | - | - |
| 75 | 23.9 | 26.1 | 28.3 | 42.8 | 48.0 | 53.2 | - | - | - |
| 90 | 26.3 | 29.2 | 31.5 | 31.4 | 43.9 | 61.6 | - | - | - |
| 100 | - | - | - | - | - | - | 69.9 | 73.3 | 81.1 |
| 110 | 28.7 | 32.9 | 33.0 | 51.1 | 61.7 | 77.2 | - | - | - |
| 125 | 32.1 | 34.4 | 35.4 | 52.7 | 65.6 | 78.5 | - | - | - |
| 140 | 32.5 | 33.8 | 35.2 | 56.0 | 71.5 | 87.1 | - | - | - |
| 150 | - | - | - | - | - | - | 92.8 | 102.6 | 112.3 |
| 160 | - | - | - | 66.7 | 78.0 | 94.9 | - | - | - |
| 200 | 36.5 | 39.1 | 41.7 | 80.2 | 93.0 | 112.7 | 120.8 | 134.5 | 144.8 |
| 250 | - | 46.3 | - | 85.6 | 105.3 | 125.0 | - | - | - |
| 300 | - | - | - | - | - | - | 210.7 | 217.1 | 227.0 |
| 315 | - | 55.8 | - | 124.5 | 138.7 | 165.7 | - | - | - |
| 355 | - | - | - | - | 136.7 | - | - | - | - |
| 400 | - | 93.7 | - | - | - | - | 233.5 | 257.2 | 271.4 |

Tabela 47: Custo de referência de reservatório elevado, retirada de (IST, 2015)

| V (m³) | h (m) | Custo de referência de reservatório elevado, €/m³.m | | | | | |
|--------|-------|---|----|------|--|----|------|
| | | Construção civil sem arranjos exteriores (C _{cc}) | | | Equipamento eletromecânico e instalações elétricas (C _e) | | |
| | | Cp10 | Cr | Cp90 | Cp10 | Cr | Cp90 |
| 100 | 15 | 33 | 62 | 117 | 7 | 15 | 31 |
| 200 | 15 | 17 | 38 | 81 | 5 | 11 | 27 |
| 300 | 15 | 11 | 28 | 72 | 3 | 9 | 27 |
| 400 | 15 | 8 | 23 | 67 | 2 | 8 | 27 |
| 500 | 15 | 6 | 19 | 64 | 2 | 7 | 28 |
| 100 | 20 | 38 | 73 | 142 | 8 | 16 | 34 |
| 200 | 20 | 24 | 44 | 83 | 6 | 12 | 24 |
| 300 | 20 | 16 | 33 | 69 | 4 | 10 | 22 |
| 400 | 20 | 12 | 27 | 63 | 3 | 9 | 22 |
| 500 | 20 | 9 | 23 | 59 | 3 | 8 | 22 |
| 100 | 25 | 37 | 83 | 185 | 7 | 17 | 41 |
| 200 | 25 | 27 | 50 | 96 | 6 | 12 | 25 |
| 300 | 25 | 19 | 38 | 74 | 5 | 10 | 21 |
| 400 | 25 | 15 | 31 | 64 | 4 | 9 | 20 |
| 500 | 25 | 12 | 26 | 59 | 3 | 8 | 20 |
| 100 | 30 | 36 | 92 | 240 | 6 | 17 | 51 |
| 200 | 30 | 27 | 56 | 116 | 6 | 13 | 29 |
| 300 | 30 | 21 | 42 | 84 | 5 | 10 | 23 |
| 400 | 30 | 17 | 34 | 70 | 4 | 9 | 21 |
| 500 | 30 | 13 | 29 | 63 | 3 | 8 | 20 |

Tabela 48: Custo de referência de estação elevatória, retirada de (IST, 2015)

| P _e (kW) | Custo de referência de estação elevatória, €/kW | | | | | |
|---------------------|---|--------|--------|--|--------|---------|
| | Construção civil sem arranjos exteriores (C _{cc}) | | | Equipamento eletromecânico e instalações elétricas (C _e) | | |
| | Cp10 | Cr | Cp90 | Cp10 | Cr | Cp90 |
| 0.5 | 3 278 | 16 753 | 85 670 | 19 839 | 64 697 | 210 985 |
| 1 | 2 312 | 11 603 | 58 234 | 13 320 | 42 853 | 137 869 |
| 2 | 1 621 | 8 036 | 39 826 | 8 904 | 28 384 | 90 489 |
| 3 | 1 314 | 6 482 | 31 980 | 7 020 | 22 306 | 70 880 |
| 4 | 1 130 | 5 565 | 27 406 | 5 925 | 18 801 | 59 659 |
| 5 | 1 005 | 4 945 | 24 332 | 5 192 | 16 466 | 52 222 |
| 10 | 695 | 3 425 | 16 884 | 3 434 | 10 906 | 34 638 |
| 20 | 477 | 2 372 | 11 789 | 2 261 | 7 224 | 23 079 |
| 30 | 382 | 1 913 | 9 583 | 1 767 | 5 677 | 18 238 |
| 40 | 326 | 1 643 | 8 283 | 1 482 | 4 785 | 15 447 |
| 50 | 288 | 1 459 | 7 403 | 1 293 | 4 191 | 13 586 |
| 100 | 195 | 1 011 | 5 243 | 842 | 2 776 | 9 146 |
| 150 | 155 | 815 | 4 296 | 655 | 2 181 | 7 269 |
| 200 | 131 | 700 | 3 734 | 547 | 1 839 | 6 182 |
| 250 | 115 | 622 | 3 352 | 475 | 1 610 | 5 454 |
| 300 | 104 | 565 | 3 070 | 424 | 1 445 | 4 925 |
| 350 | 95 | 520 | 2 851 | 385 | 1 318 | 4 519 |
| 400 | 88 | 485 | 2 674 | 354 | 1 218 | 4 195 |
| 430 | 84 | 467 | 2 583 | 338 | 1 167 | 4 030 |

ANEXO III

Relatório de seleção da eletrobomba da estação elevatória

Compact data sheet

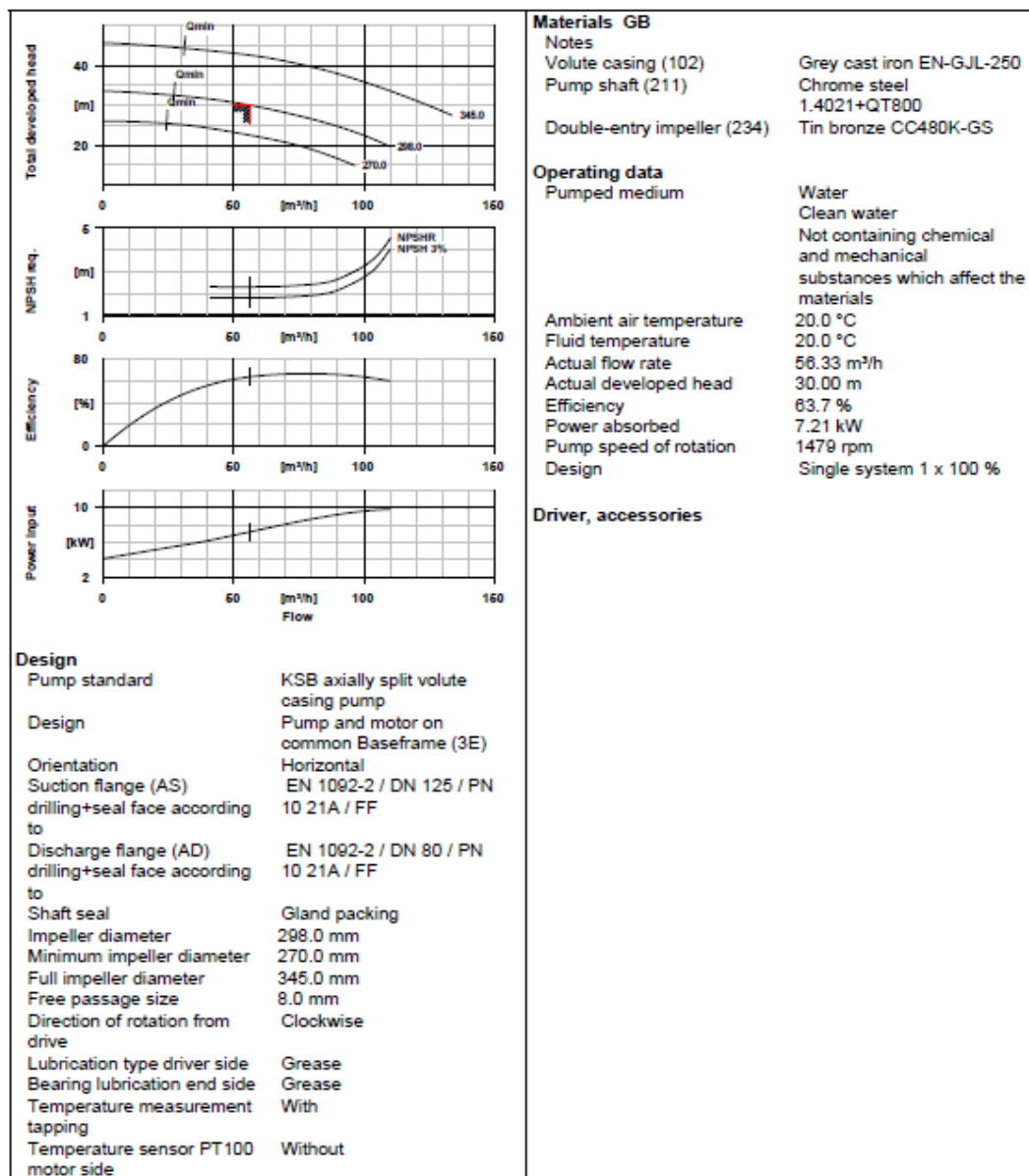


Customer item no.:
Communication dated:
Doc. no.:
Quantity: 1

Number: ES 4031246
Item no.: 100
Date: 10/12/2015
Page: 1 / 2

Omega 080-370 B GB P F

Version no.: 1



Compact data sheet



Customer item no.:
 Communication dated:
 Doc. no.:
 Quantity: 1

Number: ES 4031246
 Item no.:100
 Date: 10/12/2015
 Page: 2 / 2

Omega 080-370 B GB P F

Version no.: 1

| | | | |
|-------------------------------|------|--------------------------------------|---|
| Vibration measurement tapping | With | Manufacturer | Flender |
| | | Coupling type | Eupex N |
| | | Nominal size | 110 |
| | | Coupling guard type | Lightweight, not treadproof (ZN79) |
| | | Guard size | A251 |
| | | Guard material | Steel |
| | | Baseplate type | Pump and motor on common baseframe (3E) – light execution |
| | | Baseplate size | OM3E01 |
| | | Scope of mounting parts : | Baseframe for pump set incl. foundation bolts |
| | | Driver type | Electric motor |
| | | Drive standard mech. | IEC |
| | | Efficiency class | Efficiency class IE3 acc. to IEC60034-30-1 |
| | | Motor speed | 1479 rpm |
| | | Frequency | 50 Hz |
| | | Rated voltage | 400 V |
| | | Rated power P2 | 11.00 kW |
| | | Available reserve | 52.62 % |
| | | Rated current | 22.8 A |
| | | Starting current ratio | 7.9 |
| | | Insulation class | F to IEC 34-1 |
| | | Motor enclosure | IP55 |
| | | Temperature sensor | 3 PTC resistors |
| | | Terminal box position | 0°/360° (top) |
| | | Motor winding | 400 / 690 V |
| | | Frequency inverter operation allowed | FI allowed |
| | | Motor noise pressure level | 68 dBa |

ANEXO IV

Características da eletrobomba

Data sheet

Customer item no.:
 Communication dated:
 Doc. no.:
 Quantity: 1

Number: ES 4031246
 Item no.: 100
 Date: 10/12/2015
 Page: 1 / 3

Omega 080-370 B GB P F

Version no.: 1

Operating data

| | | | |
|--|--|---|---------------------------------------|
| Requested flow rate | 56.33 m ³ /h | Actual flow rate | 56.33 m ³ /h |
| Requested developed head | 30.00 m | Actual developed head | 30.00 m |
| Pumped medium | Water Clean water Not containing chemical and mechanical substances which affect the materials | Efficiency | 63.7 % |
| | | Power absorbed | 7.21 kW |
| | | Pump speed of rotation | 1479 rpm |
| Ambient air temperature | 20.0 °C | NPSH required | 2.31 m |
| Fluid temperature | 20.0 °C | NPSH 3% | 1.81 m |
| Fluid density | 998 kg/m ³ | Discharge press. | 2.94 bar.g |
| Fluid viscosity | 1.00 mm ² /s | Min. allow. mass flow for continuous stable operation | 7.55 kg/s |
| Suction pressure max. | 0.00 bar.g | Shutoff head | 33.62 m |
| Mass flow rate | 15.62 kg/s | Max. allow. mass flow Design | 30.52 kg/s Single system 1 x 100 % |
| Max. power on curve | 9.78 kW | | |
| Min. allow. flow for continuous stable operation | 27.22 m ³ /h | | |

Design

| | | | |
|--|---|-------------------------------------|---|
| Pump standard | KSB axially split volute casing pump | Full impeller diameter | 345.0 mm |
| Design | Pump and motor on common Baseframe (3E) | Free passage size | 8.0 mm |
| Orientation | Horizontal | Direction of rotation from drive | Clockwise |
| Suction flange (AS) drilling+seal face according to | EN 1092-2 / DN 125 / PN 10 21A / FF | Bearing seal driver side | Lip seal |
| Discharge flange (AD) drilling+seal face according to | EN 1092-2 / DN 80 / PN 10 21A / FF | Bearing type driver side | Anti-friction bearings |
| Shaft seal | Gland packing | Lubrication type driver side | Grease |
| Manufacturer | KSB | Bearing sealing end side | Lip seal |
| Type | RT-P | Bearing type end side | Anti-friction bearings |
| Sealing plan | PE Gland packing (external circulation) | Bearing lubrication end side | Grease |
| Clean water operation: Pumped liquid with max. 50 mg/l solids. | | Temperature measurement tapping | With |
| Wear ring | Casing wear ring | Temperature sensor PT100 motor side | Without |
| Wear ring type | Standard design | Vibration measurement tapping | With |
| Impeller diameter | 298.0 mm | Color | Ultramarine blue (RAL 5002) KSB-blue |
| Minimum impeller diameter | 270.0 mm | | |

Data sheet



Customer item no.:
Communication dated:
Doc. no.:
Quantity: 1

Number: ES 4031246
Item no.: 100
Date: 10/12/2015
Page: 2 / 3

Omega 080-370 B GB P F

Version no.: 1

Driver, accessories

| | | | |
|---|---|--------------------------------------|--|
| Manufacturer | Flender | Frequency | 50 Hz |
| Coupling type | Eupex N | Rated voltage | 400 V |
| Nominal size | 110 | Rated power P2 | 11.00 kW |
| Coupling guard type | Lightweight, not treadproof (ZN79) | Available reserve | 52.62 % |
| Guard size | A251 | Rated current | 22.8 A |
| Guard material | Steel | Starting current ratio | 7.9 |
| Baseplate type | Pump and motor on common baseframe (3E) – light execution | Insulation class | F to IEC 34-1 |
| Baseplate size | OM3E01 | Motor enclosure | IP55 |
| Scope of mounting parts : Baseframe for pump set incl. foundation bolts | | Cos phi at 4/4 load | 0.80 |
| Driver type | Electric motor | Motor efficiency at 4/4 load | 91.4 % |
| Drive standard mech. | IEC | Temperature sensor | 3 PTC resistors |
| Model (make) | KSB-Motor | Terminal box position | 0°/360° (top) Viewed from the drive |
| Drive supplied by | Standard motor supplied by KSB - mounted by KSB | Motor winding | 400 / 690 V |
| Motor const. type | B3 | Number of poles | 4 |
| Motor size | 160M | Connection mode | Delta |
| Efficiency class | Efficiency class IE3 acc. to IEC60034-30-1 | Motor cooling method | Surface cooling |
| Motor speed | 1479 rpm | Motor material | Aluminium |
| | | Frequency inverter operation allowed | FI allowed |
| | | Motor noise pressure level | 68 dBa |

Materials GB

| | | | |
|--|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Notes | | Shaft seal housing (441) | Grey cast iron EN-GJL-250 |
| General criteria for a water analysis: pH-value \geq 7; chloride content (Cl) \leq 250 mg/kg. Chlorine (Cl2) \leq 0.6 mg/kg. Ammonium (NH4+) \leq 2 mg/kg, free of H2S; Chlorine (Cl2) \leq 0.6 mg/kg. | | Gland (452) | S235JR |
| Volute casing (102) | Grey cast iron EN-GJL-250 | Stuffing box insert (455) | Tin Bronze CC493K |
| Pump shaft (211) | Chrome steel 1.4021+QT800 | Neck ring (457) | Tin Bronze CC493K |
| Double-entry impeller (234) | Tin bronze CC480K-GS | Lantern ring (458) | PF2774-9005-P1 |
| Bearing housing (350.1) | Grey cast iron EN-GJL-250 | Casing wear ring (502) | Tin Bronze CC493K |
| | | Shaft protecting sleeve (524.1) | GX120CRM029-2 1.4138 |

Certifications

| | | | |
|---|-------------------|-------------------------|---------------|
| Tests acc. to QCP-Plan | | Test pressure | 4.28 bar.g |
| Test standard | QCP to ZN56555-1A | Test time | 5.0 min |
| Acceptance standard: None; tolerances to ISO 9906 class 2 | | Certificate | Without |
| Balancing test | | Test participation | Non-witnessed |
| Balancing grade | G 6,3 | Quantity, non-witnessed | 1 |
| Part | Impeller | Quantity, witnessed | 0 |
| Certificate | Without | Final visual inspection | |
| Test participation | Non-witnessed | Certificate | Without |
| Quantity, non-witnessed | 1 | Test participation | Non-witnessed |
| Quantity, witnessed | 0 | Quantity, non-witnessed | 1 |
| | | Quantity, witnessed | 0 |

Hydrostatic test (room temp.)

Range Complete pump with shaft seal

Data sheet



Customer item no.:
Communication dated:
Doc. no.:
Quantity: 1

Number: ES 4031246
Item no.: 100
Date: 10/12/2015
Page: 3 / 3

Omega 080-370 B GB P F

Version no.: 1

ANEXO V

Avaliação do desempenho das métricas para cada subsistema

São Vicente da Beira

Os dados relativos à área de análise de São Vicente da Beira encontram-se resumidos na Tabela 49.

Tabela 49: Caracterização da área de análise de São Vicente da Beira

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo Substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1980 | 63 | PVC | 50 | 16 | 4,746 | 174652,80 |
| 1980 | 90 | PVC | 50 | 16 | 0,576 | 23558,40 |
| 1984 | 63 | PVC | 50 | 20 | 2,296 | 84492,80 |
| 1992 | 63 | PVC | 50 | 28 | 0,337 | 12401,60 |
| 1993 | 63 | PVC | 50 | 29 | 6,398 | 235446,40 |
| 1994 | 63 | PVC | 50 | 30 | 0,667 | 24545,60 |
| 1998 | 63 | PVC | 50 | 34 | 2,931 | 107860,80 |
| 1998 | 63 | PEAD | 45 | 29 | 0,208 | 7654,40 |
| 2003 | 63 | PVC | 50 | 39 | 0,161 | 5924,80 |
| 2004 | 63 | PVC | 50 | 40 | 0,344 | 12659,20 |
| 2004 | 90 | PVC | 50 | 40 | 0,121 | 4948,90 |
| 2005 | 63 | PVC | 50 | 41 | 0,204 | 7507,20 |
| 2007 | 63 | PVC | 50 | 43 | 0,319 | 11739,20 |
| 2008 | 63 | PVC | 50 | 44 | 0,053 | 1950,40 |
| 2009 | 63 | PVC | 50 | 45 | 1,123 | 41326,40 |
| 2009 | 90 | PVC | 50 | 45 | 0,218 | 8916,20 |
| 2010 | 63 | PEAD | 45 | 41 | 0,089 | 3275,20 |
| 2012 | 63 | PVC | 50 | 48 | 0,823 | 30286,40 |
| 2012 | 90 | PVC | 50 | 48 | 0,003 | 122,70 |
| 2013 | 63 | PEAD | 45 | 44 | 0,030 | 1104,00 |

Os dados do sistema de avaliação da qualidade referentes à área de análise de São Vicente da Beira encontram-se sistematizados na Tabela 50.

Tabela 50: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de São Vicente da Beira

| Indicador | Valor |
|--|---------|
| dAA07b - Alojamentos com serviço efetivo (nº) | 438 |
| dAA08b - Alojamentos com serviço disponível não efetivo (nº) | 183 |
| dAA09ab - Alojamentos existentes (nº) | 621 |
| dAA12b - Falhas no abastecimento (nº/ano) | 0 |
| dAA13ab - Avarias em condutas (nº/ano) | 1 |
| dAA14ab - Água entrada no sistema (m ³ /ano) | 53799 |
| dAA17ab - Água não faturada (m ³ /ano) | 15424 |
| dAA18ab - Perdas reais (m ³ /ano) | 12339,2 |
| dAA30ab - Comprimento total de condutas (km) | 21.65 |
| dAA31ab - Comprimento médio de condutas (Km) | 18.32 |
| dAA32ab - Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos (Km) | 0,945 |
| dAA33b Ramais de ligação (nº) | 664 |
| D33 - Pontos de entrega com pressão adequada (nº) | 365 |
| C24 - Número de ramais (n.º) | 664 |

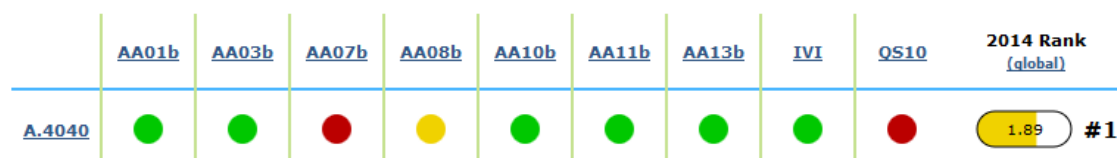
Na Tabela 51 encontram-se sintetizados os cálculos referentes às métricas da área de São Vicente da Beira, com informação sobre a classificação das mesmas com base nos sistemas de avaliação descritos anteriormente.

Tabela 51: Avaliação do desempenho atual da área de análise de São Vicente da Beira

| Métricas | Metas (t5) | Resultados (t0) | Comentário |
|--|------------|---|--------------|
| AA01b - Acessibilidade física do serviço (%) | 100 | $(dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100 =$ $(438 + 183) / 621 \times 100 =$ 100% | Bom |
| AA03b - Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.5 | $dAA12b / dAA33b \times 1000 =$ $0 / 664 \times 1000 =$ 0 | Bom |
| AA07b - Adesão ao serviço (%) | 99 | $dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100 =$ $438 / (438 + 183) \times 100 =$ 70.53% | Insuficiente |
| AA08ab - Água não faturada (%) | 20 | $dAA17ab / dAA14ab \times 100 =$ $15424 / 53799 \times 100 =$ 28.67% | Mediano |
| AA10ab - Reabilitação de condutas (%/ano) | 1.0 | $dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5 =$ $0.95 / 18.32 \times 100 / 5 =$ 1.04 | Bom |
| AA11ab - Ocorrência de avarias em condutas (nº./100 km.ano) | 30 | $dAA13ab / dAA30ab \times 100 =$ $1 / 21.65 \times 100 =$ 4.62 | Bom |
| AA13b - Perdas reais de água (l / ramal / dia) | 110 | $(dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365) =$ $(12339.2 / 664) \times (1000 / 365) =$ 50.91 | Bom |
| IVI - Índice de valor da infraestrutura | | 0.56 | Bom |
| QS10 - Adequação da pressão de serviço (%) | | $D33 / C24 \times 100 =$ $365 / 664 \times 100 =$ 54.97 | Insuficiente |

A Tabela 24 apresenta uma representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de São Vicente da Beira. A Tabela 52 foi obtida pelo *software* AWARE-P que permitiu obter o desempenho global da área de análise em estudo.

Tabela 52: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de São Vicente da Beira, com o valor do respetivo desempenho global



Casal da Serra

Os dados relativos à área de análise de Casal da Serra encontram-se resumidos na Tabela 53.

Tabela 53: Caracterização da área de análise de Casal da Serra

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo de substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|-----------------------|
| 1992 | 63 | PVC | 50 | 28 | 4,404 | |

Os dados do sistema de avaliação da qualidade referentes à área de análise de Casal da Serra encontram-se sistematizados na Tabela 54.

Tabela 54: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Casal da Serra

| Indicador | Valor |
|--|--------|
| dAA07b - Alojamentos com serviço efetivo (nº) | 119 |
| dAA08b - Alojamentos com serviço disponível não efetivo (nº) | 0 |
| dAA09ab - Alojamentos existentes (nº) | 119 |
| dAA12b - Falhas no abastecimento (nº/ano) | 0 |
| dAA13ab - Avarias em condutas (nº/ano) | 1 |
| dAA14ab - Água entrada no sistema (m ³ /ano) | 8616 |
| dAA17ab - Água não faturada (m ³ /ano) | 3562 |
| dAA18ab - Perdas reais (m ³ /ano) | 2849.6 |
| dAA30ab - Comprimento total de condutas (km) | 4.4 |
| dAA31ab - Comprimento médio de condutas (Km) | 4.4 |
| dAA32ab - Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos (Km) | 0 |
| dAA33b Ramais de ligação (nº) | 167 |
| D33 - Pontos de entrega com pressão adequada (nº) | 167 |
| C24 - Número de ramais (n.º) | 167 |

Na Tabela 55 calcularam-se as métricas que dizem respeito à área de análise de Casal da Serra classificando-se as mesmas de acordo com os respetivos sistemas de avaliação descritos anteriormente.

Tabela 55: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Casal da Serra

| Métricas | Metas (t5) | Resultados (t0) | Comentário |
|--|------------|--|--------------|
| AA01b - Acessibilidade física do serviço (%) | 100 | $(dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100 =$ $(119 + 0) / 119 \times 100 =$ 100% | Bom |
| AA03b - Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.5 | $dAA12b / dAA33b \times 1000 =$ $0 / 167 \times 1000 =$ 0 | Bom |
| AA07b - Adesão ao serviço (%) | 99 | $dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100 =$ $119 / (119 + 0) \times 100 =$ 100% | Bom |
| AA08ab - Água não faturada (%) | 20 | $dAA17ab / dAA14ab \times 100 =$ $3562 / 8616 \times 100 =$ 41.34% | Insuficiente |
| AA10ab - Reabilitação de condutas (%/ano) | 1.0 | $dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5 =$ $0 / 4.4 \times 100 / 5 =$ 0 | Insuficiente |
| AA11ab - Ocorrência de avarias em condutas (nº./100 km.ano) | 30 | $dAA13ab / dAA30ab \times 100 =$ $1 / 4.4 \times 100 =$ 22.73 | Bom |
| AA13b - Perdas reais de água (l / ramal / dia) | 110 | $(dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365) =$ $(2849.6 / 167) \times (1000 / 365) =$ 46.75 | Bom |
| IVI - Índice de valor da infraestrutura | | 0.56 | Bom |
| QS10 - Adequação da pressão de serviço (%) | | $D33 / C24 \times 100 =$ $167 / 167 \times 100 =$ 100% | Bom |

Tabela 56: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Casal da Serra, com o valor do respetivo desempenho global



Lomba Chã

Os dados relativos à área de análise de Lomba Chã encontram-se resumidos na Tabela 57.

Tabela 57: Caracterização da área de análise de Lomba Chã

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo de substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|-----------------------|
| 1992 | 63 | PVC | 50 | 28 | 8,545 | 330062,588 |
| 1994 | 63 | PVC | 50 | 30 | 3,326 | 128471,4064 |

Os dados do sistema de avaliação da qualidade referentes à área de análise de Lomba Chã encontram-se sistematizados na Tabela 58.

Tabela 58: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Lomba Chã

| Indicador | Valor |
|--|-------|
| dAA07b - Alojamentos com serviço efetivo (nº) | 82 |
| dAA08b - Alojamentos com serviço disponível não efetivo (nº) | 46 |
| dAA09ab - Alojamentos existentes (nº) | 128 |
| dAA12b - Falhas no abastecimento (nº/ano) | 0 |
| dAA13ab - Avarias em condutas (nº/ano) | 0 |
| dAA14ab - Água entrada no sistema (m ³ /ano) | 5634 |
| dAA17ab - Água não faturada (m ³ /ano) | 167 |
| dAA18ab - Perdas reais (m ³ /ano) | 133.6 |
| dAA30ab - Comprimento total de condutas (km) | 11.87 |
| dAA31ab - Comprimento médio de condutas (Km) | 11.87 |
| dAA32ab - Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos (Km) | 0 |
| dAA33b Ramais de ligação (nº) | 116 |
| D33 - Pontos de entrega com pressão adequada (nº) | 116 |
| C24 - Número de ramais (n.º) | 116 |

Na Tabela 59 calcularam-se as métricas que dizem respeito à área de análise de Lomba Chã classificando-se as mesmas de acordo com os respetivos sistemas de avaliação descritos anteriormente.

Tabela 59: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Lomba Chã

| Métricas | Metas (t5) | Resultados (t0) | Comentário |
|--|------------|--|--------------|
| AA01b - Acessibilidade física do serviço (%) | 100 | $(dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100 =$ $(82 + 46) / 128 \times 100 =$ 100% | Bom |
| AA03b - Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.5 | $dAA12b / dAA33b \times 1000 =$ $0 / 116 \times 1000 =$ 0 | Bom |
| AA07b - Adesão ao serviço (%) | 99 | $dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100 =$ $82 / (82 + 46) \times 100 =$ 64.06% | Insuficiente |
| AA08ab - Água não faturada (%) | 20 | $dAA17ab / dAA14ab \times 100 =$ $167 / 5634 \times 100 =$ 2.96% | Bom |
| AA10ab - Reabilitação de condutas (%/ano) | 1.0 | $dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5 =$ $0 / 11.87 \times 100 / 5 =$ 0 | Insuficiente |
| AA11ab - Ocorrência de avarias em condutas (nº./100 km.ano) | 30 | $dAA13ab / dAA30ab \times 100 =$ $0 / 11.87 \times 100 =$ 0 | Bom |
| AA13b - Perdas reais de água (l / ramal / dia) | 110 | $(dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365) =$ $(133.6 / 116) \times (1000 / 365) =$ 3.16 | Bom |
| IVI - Índice de valor da infraestrutura | | 0.57 | Bom |
| QS10 - Adequação da pressão de serviço (%) | | $D33 / C24 \times 100 =$ $116 / 116 \times 100 =$ 100% | Bom |

Tabela 60: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Lomba Chã, com o valor do respetivo desempenho global



Caféde

Os dados relativos à área de análise de Caféde encontram-se resumidos na Tabela 61.

Tabela 61: Caracterização da área de análise de Caféde

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1980 | 63 | PVC | 50 | 16 | 6,265 | 230552 |
| 1980 | 90 | PVC | 50 | 16 | 0,79 | 32311 |
| 2004 | 63 | PVC | 50 | 40 | 1,83 | 67344 |
| 2005 | 63 | PVC | 50 | 41 | 0,674 | 24803,2 |

Os dados do sistema de avaliação da qualidade referentes à área de análise de Caféde encontram-se sistematizados na Tabela 62.

Tabela 62: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Caféde

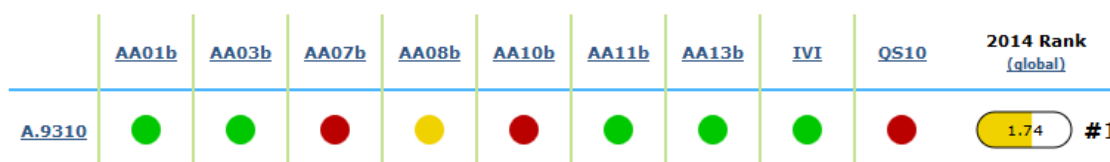
| Indicador | Valor |
|--|--------|
| dAA07b - Alojamentos com serviço efetivo (nº) | 174 |
| dAA08b - Alojamentos com serviço disponível não efetivo (nº) | 37 |
| dAA09ab - Alojamentos existentes (nº) | 211 |
| dAA12b - Falhas no abastecimento (nº/ano) | 0 |
| dAA13ab - Avarias em condutas (nº/ano) | 1 |
| dAA14ab - Água entrada no sistema (m ³ /ano) | 16936 |
| dAA17ab - Água não faturada (m ³ /ano) | 4044 |
| dAA18ab - Perdas reais (m ³ /ano) | 3235.2 |
| dAA30ab - Comprimento total de condutas (km) | 9.56 |
| dAA31ab - Comprimento médio de condutas (Km) | 7.05 |
| dAA32ab - Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos (Km) | 0 |
| dAA33b Ramais de ligação (nº) | 279 |
| D33 - Pontos de entrega com pressão adequada (nº) | 220 |
| C24 - Número de ramais (n.º) | 279 |

Na Tabela 63 calcularam-se as métricas que dizem respeito à área de análise de Caféde classificando-se as mesmas de acordo com os respetivos sistemas de avaliação descritos anteriormente.

Tabela 63: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Cafédé

| Métricas | Metas (t5) | Resultados (t0) | Comentário |
|--|------------|--|--------------|
| AA01b - Acessibilidade física do serviço (%) | 100 | $(dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100 =$ $(174 + 37) / 211 \times 100 =$ 100% | Bom |
| AA03b - Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.5 | $dAA12b / dAA33b \times 1000 =$ $0 / 279 \times 1000 =$ 0 | Bom |
| AA07b - Adesão ao serviço (%) | 99 | $dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100 =$ $174 / (174 + 37) \times 100 =$ 82.46% | Insuficiente |
| AA08ab - Água não faturada (%) | 20 | $dAA17ab / dAA14ab \times 100 =$ $4044 / 16936 \times 100 =$ 23.88% | Mediano |
| AA10ab - Reabilitação de condutas (%/ano) | 1.0 | $dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5 =$ $0 / 7.05 \times 100 / 5 =$ 0 | Insuficiente |
| AA11ab - Ocorrência de avarias em condutas (nº./100 km.ano) | 30 | $dAA13ab / dAA30ab \times 100 =$ $1 / 9.56 \times 100 =$ 10.46 | Bom |
| AA13b - Perdas reais de água (l / ramal / dia) | 110 | $(dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365) =$ $(3235.2 / 279) \times (1000 / 365) =$ 31.77 | Bom |
| IVI - Índice de valor da infraestrutura | | 0.45 | Bom |
| QS10 - Adequação da pressão de serviço (%) | | $D33 / C24 \times 100 =$ $220 / 279 \times 100 =$ 78.85% | Insuficiente |

Tabela 64: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Cafédé, com o valor do respetivo desempenho global



Benquerenças

Os dados relativos à área de análise de Benquerenças encontram-se resumidos na Tabela 65:

Tabela 65: Caracterização da área de análise de Benquerenças

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo Substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1980 | 63 | PVC | 50 | 16 | 0,855 | 31464 |
| 1981 | 63 | PVC | 50 | 17 | 5,274 | 194083,2 |
| 1981 | 90 | PVC | 50 | 17 | 0,214 | 8752,6 |
| 1981 | 80 | FC | 30 | 0 | 0,351 | 14355,9 |
| 2002 | 63 | PVC | 50 | 38 | 0,083 | 3054,4 |
| 2004 | 63 | PVC | 50 | 40 | 0,4 | 14720 |
| 2007 | 63 | PVC | 50 | 43 | 1,2 | 44160 |
| 2008 | 63 | PVC | 50 | 44 | 0,065 | 2392 |
| 2012 | 63 | PVC | 50 | 48 | 0,17 | 6256 |
| 2013 | 63 | PVC | 50 | 49 | 1,886 | 69404,8 |

Os dados do sistema de avaliação da qualidade referentes à área de análise de Benquerenças encontram-se sistematizados na Tabela 66.

Tabela 66: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Benquerenças

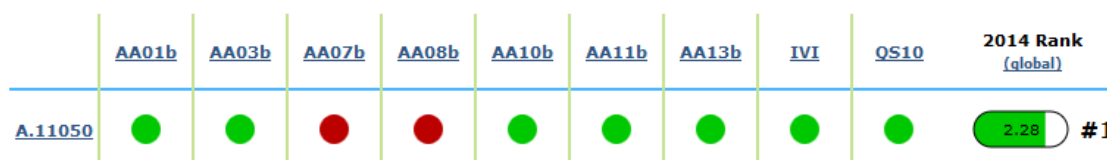
| Indicador | Valor |
|--|-------|
| dAA07b - Alojamentos com serviço efetivo (nº) | 312 |
| dAA08b - Alojamentos com serviço disponível não efetivo (nº) | 113 |
| dAA09ab - Alojamentos existentes (nº) | 425 |
| dAA12b - Falhas no abastecimento (nº/ano) | 0 |
| dAA13ab - Avarias em condutas (nº/ano) | 0 |
| dAA14ab - Água entrada no sistema (m ³ /ano) | 26706 |
| dAA17ab - Água não faturada (m ³ /ano) | 8420 |
| dAA18ab - Perdas reais (m ³ /ano) | 6736 |
| dAA30ab - Comprimento total de condutas (km) | 10.5 |
| dAA31ab - Comprimento médio de condutas (Km) | 6.73 |
| dAA32ab - Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos (Km) | 2.06 |
| dAA33b Ramais de ligação (nº) | 466 |
| D33 - Pontos de entrega com pressão adequada (nº) | 466 |
| C24 - Número de ramais (n.º) | 466 |

Na Tabela 67 calcularam-se as métricas que dizem respeito à área de análise de Benquerenças classificando-se as mesmas de acordo com os respetivos sistemas de avaliação descritos anteriormente.

Tabela 67: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Benquerenças

| Métricas | Metas (t5) | Resultados (t0) | Comentário |
|--|------------|--|--------------|
| AA01b - Acessibilidade física do serviço (%) | 100 | $(dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100 = (312 + 113) / 425 \times 100 = 100\%$ | Bom |
| AA03b - Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.5 | $dAA12b / dAA33b \times 1000 = 0 / 466 \times 1000 = 0$ | Bom |
| AA07b - Adesão ao serviço (%) | 99 | $dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100 = 312 / (312 + 113) \times 100 = 73.41\%$ | Insuficiente |
| AA08ab - Água não faturada (%) | 20 | $dAA17ab / dAA14ab \times 100 = 8420 / 26706 \times 100 = 31.53\%$ | Insuficiente |
| AA10ab - Reabilitação de condutas (%/ano) | 1.0 | $dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5 = 2.06 / 6.73 \times 100 / 5 = 6.12$ | Mediano |
| AA11ab - Ocorrência de avarias em condutas (nº./100 km.ano) | 30 | $dAA13ab / dAA30ab \times 100 = 0 / 10.5 \times 100 = 0$ | Bom |
| AA13b - Perdas reais de água (l / ramal / dia) | 110 | $(dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365) = (6736 / 466) \times (1000 / 365) = 39.60$ | Bom |
| IVI - Índice de valor da infraestruturas | | 0.53 | Bom |
| QS10 - Adequação da pressão de serviço (%) | | $D33 / C24 \times 100 = 466 / 466 \times 100 = 100\%$ | Bom |

Tabela 68: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Benquerenças, com o valor do respetivo desempenho global



Monforte da Beira

Os dados relativos à área de análise de Monforte da Beira encontram-se resumidos na Tabela 69:

Tabela 69: Caracterização da área de análise de Monforte da Beira

| Ano de construção | Diâmetro | Material | Vida útil (técnica) | Vida útil residual | Km | Custo substituição |
|-------------------|----------|----------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|
| 1966 | 63 | PVC | 50 | 2 | 2,144 | 78899,20 |
| 1966 | 90 | PVC | 50 | 2 | 0,245 | 10020,50 |
| 1980 | 90 | PVC | 50 | 16 | 0,215 | 8793,50 |
| 1998 | 63 | PVC | 50 | 34 | 2,286 | 84124,80 |
| 2007 | 63 | PVC | 50 | 43 | 0,327 | 12033,60 |
| 2007 | 90 | PVC | 50 | 43 | 0,520 | 21268,00 |
| 2009 | 63 | PVC | 50 | 45 | 1,117 | 41105,60 |
| 2009 | 90 | PVC | 50 | 45 | 0,627 | 25644,30 |

Os dados do sistema de avaliação da qualidade referentes à área de análise de Monforte da Beira encontram-se sistematizados na Tabela 70.

Tabela 70: Dados do sistema de avaliação da qualidade da área de análise de Monforte da Beira

| Indicador | Valor |
|--|---------|
| dAA07b - Alojamentos com serviço efetivo (nº) | 513 |
| dAA08b - Alojamentos com serviço disponível não efetivo (nº) | 121 |
| dAA09ab - Alojamentos existentes (nº) | 634 |
| dAA12b - Falhas no abastecimento (nº/ano) | 0 |
| dAA13ab - Avarias em condutas (nº/ano) | 0 |
| dAA14ab - Água entrada no sistema (m ³ /ano) | 48037 |
| dAA17ab - Água não faturada (m ³ /ano) | 28148 |
| dAA18ab - Perdas reais (m ³ /ano) | 22518.4 |
| dAA30ab - Comprimento total de condutas (km) | 7.48 |
| dAA31ab - Comprimento médio de condutas (Km) | 4.89 |
| dAA32ab - Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos (Km) | 0 |
| dAA33b Ramais de ligação (nº) | 802 |
| D33 - Pontos de entrega com pressão adequada (nº) | 678 |
| C24 - Número de ramais (n.º) | 802 |

Na Tabela 71 calcularam-se as métricas que dizem respeito à área de análise de Monforte da Beira classificando-se as mesmas de acordo com os respetivos sistemas de avaliação descritos anteriormente.

Tabela 71: Avaliação do desempenho atual da área de análise de Monforte da Beira

| Métricas | Metas (t5) | Resultados (t0) | Comentário |
|--|------------|---|--------------|
| AA01b - Acessibilidade física do serviço (%) | 100 | $(dAA07b + dAA08b) / dAA09b \times 100 =$ $(513 + 121) / 634 \times 100 =$ 100% | Bom |
| AA03b - Ocorrência de falhas no abastecimento (nº/1000 ramais.ano) | 0.5 | $dAA12b / dAA33b \times 1000 =$ $0 / 802 \times 1000 =$ 0 | Bom |
| AA07b - Adesão ao serviço (%) | 99 | $dAA07b / (dAA07b + dAA08b) \times 100 =$ $513 / (513 + 121) \times 100 =$ 80.91% | Insuficiente |
| AA08ab - Água não faturada (%) | 20 | $dAA17ab / dAA14ab \times 100 =$ $28148 / 48037 \times 100 =$ 58.60% | Insuficiente |
| AA10ab - Reabilitação de condutas (%/ano) | 1.0 | $dAA32ab / dAA31ab \times 100 / 5 =$ $0 / 4.89 \times 100 / 5 =$ 0 | Insuficiente |
| AA11ab - Ocorrência de avarias em condutas (nº. /100 km.ano) | 30 | $dAA13ab / dAA30ab \times 100 =$ $0 / 7.48 \times 100 =$ 0 | Bom |
| AA13b - Perdas reais de água (l / ramal / dia) | 110 | $(dAA18b / dAA33b) \times (1000 / 365) =$ $(22518.4 / 802) \times (1000 / 365) =$ 76.93 | Bom |
| IVI - Índice de valor da infraestrutura | | 0.54 | Bom |
| QS10 - Adequação da pressão de serviço (%) | | $D33 / C24 \times 100 =$ $678 / 802 \times 100 =$ 84.54% | Insuficiente |

Tabela 72: Representação gráfica do desempenho de cada métrica da área de análise de Monforte da Beira, com o valor do respetivo desempenho global

