U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2020/2021

AVALIAÇÃO DE RISCO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE SANTA CRUZ DAS FLORES

EMÍLIA ISABEL DE CASTRO E CÂMARA FREITAS VALADÃO

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

Presidente do Júri: Prof. Drª. Joana Maia Moreira Dias
Professor Auxiliar do Departamento de Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

_____

Orientador académico: Prof. Drª. Cidália Maria de Sousa Botelho
Professora Auxiliar do Departamento de Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Orientador na empresa: Eng. Fábio Augusto Ribeiro Pereira Alves
Técnico Superior da Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores

fevereiro, 2021

Por mais que o tempo passe,

será sempre em memória do meu pai,

a pessoa que sempre me incentivou a

querer aprender sempre um pouco mais!

Agradecimentos

Nada se consegue sem muito esforço e esta dissertação é a prova disso, contudo, nada seria possível sem as pessoas mencionadas abaixo.

À Drª. Cidália Botelho, que foi muito mais do que uma orientadora, agradeço-lhe pelo trabalho todo que teve comigo e também por todo o incentivo e amizade, desde o primeiro dia que a contatei com dúvidas acerca deste curso.

Ao Sr. Presidente, José Carlos Mendes, presidente da Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores, que colaborou sempre e autorizou a realização desta dissertação, bem como ao restante executivo do Município.

Ao Eng. Fábio Alves, meu orientador na Câmara, que me passou as pastas de Ambiente e que, mesmo sem obrigação, me guiou ao longo do trabalho, mesmo antes desta tese começar, agradeço-lhe todo o companheirismo e compreensão.

A todos os meus colegas da Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores, que me acolheram tão bem, por toda a ajuda e por todos os lanches, em particular à Drª. Diana Nóia, minha colega de Gabinete e à Maria José Sousa, minha ex-colega de gabinete, as pessoas com quem partilhei os bons momentos e os maiores anseios.

Aos meus colegas da universidade, em especial ao Francisco Ferreira que me enviou todos os documentos necessários.

À minha prima Luísa e aos meus sobrinhos Joãozico e Carmo, por compreenderem a minha ausência e o meu cansaço.

Aos meus melhores amigos, que são família e que estão sempre presentes, estejam onde estiverem, incluindo os *Perdidos*, o meu grupo de amigos nas Flores, que representam muito e me deram força em todas as etapas do curso, em particular à Susana, ao Ricardo e à Carla que me incentivaram ao máximo.

À Filipa, pelo apoio incansável, pelo carinho, por toda a paciência e pelo esforço de me deixar estudar e ir limpar a casa ou fazer-me o almoço.

Às minhas Marias, as mulheres da minha vida – a minha mãe, Dora, e a minha avó, Maria José, que sempre fizeram tudo o que podiam por mim (e ainda o fazem), com muito amor.

Resumo

Em 2010, a Organização das Nações Unidas declarou que a água limpa e segura é um direito humano essencial para a vida. Como tal, a legislação portuguesa estabelece os requisitos da gestão do abastecimento de água para consumo humano, nomeadamente o número de análises e o tipo de parâmetros a analisar, conforme a zona de abastecimento. Além disso, a legislação vigente estabelece também a elaboração de um plano de monitorização operacional e a realização da avaliação de risco para cada zona de abastecimento por parte das entidades gestoras, com vista à elaboração do Plano de Segurança da Água.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, um perigo pode ser definido como qualquer produto químico, biológico, agente físico ou radiológico que tenha o potencial para causar danos, enquanto que um evento perigoso trata-se de uma ocorrência que introduz perigo ou não permite o seu controlo no sistema de abastecimento, podendo os mesmos ocorrer naturalmente ou ser introduzidos ao longo da rede.

Assim, foram identificadas as zonas de abastecimento e as respetivas infraestruturas associadas, nomeadamente captações e reservatórios, por forma a detetar os perigos passíveis de ocorrer no sistema de abastecimento de água de Santa Cruz das Flores e a respetiva probabilidade de ocorrência em cada zona de abastecimento, bem como a severidade associada a cada evento perigoso. Foi também elaborada a respetiva matriz de risco, seguindo o método proposto pela Organização Mundial de Saúde.

No que concerne aos perigos identificados no município de Santa Cruz das Flores, estes traduzem-se maioritariamente em riscos de grau médio e elevado em todas as zonas de abastecimento. Destacam-se os perigos biológicos pela possibilidade destes ocorrerem com maior frequência, devido à localização das captações em zonas agrícolas, nomeadamente a existência de matéria fecal proveniente das atividades pecuárias, a proteção inadequada das captações, por estas não se encontrarem seladas ou seladas inadequadamente e o acesso indevido de animais. Além disso, verifica-se que existe uma variação do caudal de produção das captações, provocada pelas oscilações climáticas, o que causa alterações significativas no caudal do sistema, levando a incapacidades no controlo de processos de tratamento. Relativamente à severidade, os perigos mais danosos para a saúde humana são o acesso humano, através de ações de vandalismo e sabotagem, a florescência de cianobactérias, a deterioração da qualidade da água nos reservatórios, as falhas estruturais, a utilização de materiais e revestimentos inadequados e o crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos.

Palavras Chave: sistema de abastecimento de água, água para consumo humano, perigo, avaliação de risco

Abstract

In 2010, the United Nations declared that clean and safe water was an essential human right for life. So, Portuguese law establishes the requirements for the management of water supply for human consumption, namely the number of analyses and the type of parameters to be analysed, depending on the supply area. In addition, the current legislation also establishes the need of an operational monitoring plan and that management entities should carrying out the risk assessment for each supply zone, in view of the preparation of the Water Safety Plan.

According to the World Health Organization, a hazard can be defined as any chemical, biological, physical or radiological agent that has the potential to cause harm, whereas a dangerous event is an occurrence that introduces danger or does not allow its control in the supply system, which may occur naturally or be introduced throughout the network.

Therefore, the supply zones and their associated infrastructures were identified, namely groundwater sources and reservoirs, in order to detect the dangers possible to occur in the water supply system of Santa Cruz das Flores and the respective probability of occurrence in each supply zone, as well as the severity associated with each dangerous event. The respective risk matrix was also prepared, following the method proposed by the World Health Organization.

Regarding the dangers identified in the municipality of Santa Cruz das Flores, these are mostly of medium and high risk in all supply areas. Biological hazards stands out as the most possible of occur more frequently, due to the location of groundwater sources in agricultural areas, namely the existence of fecal matter from livestock activities, inadequate protection of the sources, as these are not sealed or improperly sealed and the improper access of animals. In addition, there is a variation in the production flow of the abstractions, caused by climatic fluctuations, which causes significant changes in the flow of the system, leading to incapacities in the control of treatment processes. In relation of severity, the most damaging dangers to human health are human access, through vandalism and sabotage, the blooming of cyanobacteria, the deterioration of water quality in reservoirs, structural failures, the use of inappropriate materials and coatings and the growth of microorganisms in biofilms and sediments.

Keywords: water supply system, water for human consumption, danger, risk assessment

Declaração

Declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

Santa Cruz das Flores, 25 de janeiro de 2021

Emília Isabel Valadão

(Emília Isabel de Castro e Câmara Freitas Valadão)

Índice

1 Introdução 1

1.1 Enquadramento 1

1.2 Apresentação da Empresa 1

1.3 Contributos do trabalho 2

1.4 Organização da tese 4

2 Contexto e Estado da Arte 5

2.1 Enquadramento histórico 5

2.2 Sistema de Abastecimento de Água 6

2.3 Plano de Segurança da Água 8

3 Avaliação de risco 11

3.1 Identificação de perigos potenciais associados a um SAA 12

3.1.1 Perigos Biológicos 14

3.1.2 Perigos Químicos 14

3.1.3 Perigos Físicos 15

3.1.4 Perigos Radiológicos 15

3.2 Análise dos perigos potenciais associados a um SAA 15

3.2.1 Perigos na origem 16

3.2.2 Perigos no tratamento 17

3.2.3 Perigos no armazenamento e nos sistemas de distribuição 20

3.2.4 Perigos nos consumidores 21

3.3 Monitorização e controlo 21

4 Caso de estudo 23

4.1 Localização 23

4.2 Sistema de abastecimento de água do caso de estudo 24

4.3 Caracterização do risco 30

4.4 Identificação de perigos 32

4.4.1 Identificação de perigos na origem 32

4.4.2 Perigos no armazenamento e no tratamento 34
4.4.3 Perigos na distribuição 35
4.5 Avaliação de risco para cada zona de abastecimento 36
4.5.1 Zona de abastecimento da Boavista 38
4.5.2 Zona de abastecimento da Caveira 41
4.5.3 Zona de abastecimento dos Cedros 44
4.5.4 Zona de abastecimento da Fazenda – Beija Mão 48
4.5.5 Zona de abastecimento da Fazenda – Sanguinhal 50
4.5.6 Zona de abastecimento do Monte 54
4.5.7 Zona de abastecimento de Ponta Delgada – Levada 57
4.5.8 Zona de abastecimento de Ponta Delgada - Outeiro 60
4.5.9 Zona de abastecimento da Ponta Ruiva 63
4.5.10 Zona de abastecimento da Ribeira dos Barqueiros 65
4.5.11 Zona de abastecimento de Santa Cruz 68
4.5.12 Zona de abastecimento dos Vales 70
5 Conclusões 74
6 Avaliação do trabalho realizado 75
6.1 Objetivos Realizados 75
6.2 Outros Trabalhos Realizados 75
6.3 Limitações e Trabalho Futuro 75
Anexo A Reservatórios de água para consumo humano 80
Anexo B Análises realizadas às captações de água 86

Lista de Figuras

Figura 1 – Heráldica da Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores [5]. 2

Figura 2 – Etapas do PSA, com ênfase nos objetivos da presente dissertação. Adaptado de [7]. 3

Figura 3 - Esquema conceptual de um sistema de abastecimento de água para consumo humano [15]. . 7

Figura 4 - Esquema do ciclo urbano da água. Adaptado de [17]. 7

Figura 5 – Etapas de elaboração e implementação do PSA [22]. 10

Figura 6 – Modelo conceptual das etapas do PDCA [23]. 10

Figura 7 – Processo da gestão do risco [26]. 12

Figura 8 – Gestão de risco associada a um SAA [7]. 13

Figura 9 – Tratamento convencional de uma água para consumo humano de baixa qualidade. Adaptado de [35]. 18

Figura 10 – Localização de Santa Cruz das Flores no arquipélago dos Açores e mapa das freguesias do concelho [38]. 23

Figura 11 – Sistema de abastecimento de água de Santa Cruz das Flores. 25

Figura 12 – Zona de proteção imediata da captação dos Caldeirões – zona de mato. 29

Figura 13 - Zona de proteção imediata da captação da Grota do Sanguinhal – zona agrícola. 29

Figura 14 - Captação da Boavista – a) exterior; b) interior da caixa de captação. 39

Figura 15 – Grupo de captações do Castelo – a) interior de uma das caixas de junção; b) exterior da primeira caixa de captação. 42

Figura 16 – Captação de José Gregório. 45

Figura 17 – Captações da ZA da Fazenda – Sanguinhal – a) Sanguinhal; b) Grota do Sanguinhal; c) Rocinhas. 51

Figura 18 – Captação da Casa da Manteiga. 55

Figura 19 – Captações da ZA dos Vales – a) Castanheiro; b) Caldeirões. 71

Figura A. 1 – Fotografias do Reservatório da Boavista – ZA da Boavista. 80

Figura A. 2 - Fotografias do Reservatório da Caveira – ZA da Caveira. 81

Figura A. 3 - Fotografias do Reservatório dos Cedros – ZA dos Cedros. 81

Figura A. 4 – Fotografia da ETA dos Cedros – ZA dos Cedros. 81

Figura A. 5 - Fotografias do Reservatório da Beija Mão – ZA da Fazenda – Beija Mão. 82

Figura A. 6 - Fotografias do Reservatório do Sanguinhal – ZA da Fazenda – Sanguinhal. 82

Figura A. 7 - Fotografias da Caixa de Perda de Carga, onde é efetuada a desinfeção da água da ZA do Monte. *82*

Figura A. 8 - Fotografias do Reservatório da Levada – ZA de Ponta Delgada – Levada. *83*

Figura A. 9 - Fotografias do Reservatório do Outeiro – ZA de Ponta Delgada – Outeiro. *83*

Figura A. 10 - Fotografias do Reservatório da Ponta Ruiva – ZA da Ponta Ruiva. *83*

Figura A. 11 - Fotografias do Reservatório da Ribeira dos Barqueiros – ZA da Ribeira dos Barqueiros. *84*

Figura A. 12 - Fotografias do Reservatório Novo da Cruz – ZA de Santa Cruz. *84*

Figura A. 13 – Fotografias do Reservatório dos Vales - ZA dos Vales. *84*

Figura A. 14 – Fotografias do Reservatório de água bruta da Matosa. *85*

Figura B. 1 – Boletim de análises da captação do Castelo – página 1. .....*87*

Figura B. 2 - Boletim de análises da captação do Castelo – página 2. ..... *88*

Figura B. 3 - Boletim de análises da captação do Castelo – página 3. ..... *89*

Figura B. 4 - Boletim de análises da captação da Mãe d'Água – página 1. ..... *90*

Figura B. 5 - Boletim de análises da captação da Mãe d'Água – página 2. ..... *91*

Figura B. 6 - Boletim de análises da captação da Mãe d'Água – página 3. ..... *92*

Figura B. 7 - Boletim de análises da captação de José Gregório – página 1. ..... *93*

Figura B. 8 - Boletim de análises da captação de José Gregório – página 2. ..... *94*

Figura B. 9 - Boletim de análises da captação de José Gregório – página 3. ..... *95*

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Eventos perigosos associados às origens de água [8]. 16

Tabela 2 – Tratamentos a aplicar conforme a qualidade da água para consumo humano – superficial ou subterrânea. Adaptado de [33]. 19

Tabela 3 - Eventos perigosos associados ao sistema de tratamento de água [8]. 19

Tabela 4 - Eventos perigosos associados ao armazenamento e sistema de distribuição de água [8]. ... 20

Tabela 5 - Eventos perigosos associados aos consumidores [8]..... 21

Tabela 6 – População servida por zona de abastecimento. 26

Tabela 7 – Detalhes das captações por zonas de abastecimento..... 27

Tabela 8 - Escala de probabilidade de ocorrência de um perigo ou evento perigoso..... 31

Tabela 9 - Escala de severidade das consequências de um perigo ou evento perigoso. 31

Tabela 10 – Matriz de risco. 32

Tabela 11 - Eventos perigosos associados à origem de água..... 33

Tabela 12 - Eventos perigosos associados ao armazenamento e tratamento de água. 34

Tabela 13 - Eventos perigosos associados à distribuição de água..... 36

Tabela 14 – Grau de severidade para cada perigo identificado para o SAA de Santa Cruz das Flores. . 37

Tabela 15 – Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Boavista..... 39

Tabela 16 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Caveira..... 42

Tabela 17 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento dos Cedros..... 46

Tabela 18 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Fazenda – Beija Mão. 48

Tabela 19 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Fazenda – Sanguinhal. 52

Tabela 20 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento do Monte. 55

Tabela 21 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Ponta Delgada - Levada..... 58

Tabela 22 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Ponta Delgada – Outeiro..... 61

Tabela 23 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Ponta Ruiva..... 63

Tabela 24 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Ribeira dos Barqueiros..... 66

Tabela 25 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Santa Cruz. 68

Tabela 26 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento dos Vales. 71

Notação e Glossário

c	Quantidade de bactérias por 100 mL	ufc/100 mL

Lista de Siglas

CI	Controlo de Inspeção
CR1	Controlo de Rotina 1
CR2	Controlo de Rotina 2
EG	Entidade Gestora
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos
ERSARA	Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos dos Açores
ETA	Estação de Tratamento de Água
INE	Instituto Nacional de Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
OMS	Organização Mundial de Saúde
PCQA	Plano de Controlo de Qualidade da Água
PSA	Plano de Segurança da Água
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
ZA	Zona de Abastecimento

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A 28 de julho de 2010, foi assinalado mais um marco na luta da Organização das Nações Unidas (ONU) para a melhoria das condições de vida de todas as populações ao declarar a água limpa e segura como um direito humano essencial (através da Resolução A/RES/64/292), ou seja, não só é reconhecido que toda a população deve ter acesso à água, como esta deve ser fornecida de forma contínua, com cor, odor e sabor aceitáveis para consumo humano e sem a presença de microrganismos, substâncias químicas, físicas ou radiológicas danosas para a saúde humana [1].

Em Portugal, a acessibilidade da água para consumo humano é assegurada pelas entidades gestoras, podendo ser estas classificadas como em alta, quando têm a seu cargo a captação, elevação, tratamento, armazenamento e a adução de água para consumo humano, fornecendo a mesma a uma entidade gestora de sistema de abastecimento público em baixa, que está encarregue do armazenamento, elevação e distribuição de água, sendo estas tipicamente câmaras municipais, empresas municipais ou concessionadas. Como tal, Santa Cruz das Flores é um exemplo disso, estando a gestão da água a cargo da respetiva Câmara Municipal, onde foi realizada a presente dissertação, sendo necessário salientar que no caso de Santa Cruz das Flores não existe uma entidade a operar em alta, pelo que a Câmara Municipal se encontra encarregue do sistema desde a captação à distribuição da água.

O regime da qualidade da água para consumo humano encontra-se legislado no Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de dezembro. Estes decretos são a base legal para a gestão do abastecimento de água para consumo humano e é neles que se encontra mencionada a obrigatoriedade de elaborar uma avaliação de risco para cada zona de abastecimento [2], [3].

1.2 Apresentação da Empresa

A ilha das Flores localiza-se no Grupo Ocidental do Arquipélago dos Açores e divide-se em dois concelhos. O concelho de Santa Cruz das Flores tem uma área total de 72,11 km^2 e localiza-se na zona norte da ilha, sendo formado por quatro freguesias, designadamente: Ponta Delgada, Cedros (que inclui o lugar da Ponta Ruiva), Santa Cruz (onde são incluídos os lugares da Fazenda de Santa Cruz, Monte, Ribeira dos Barqueiros e Boavista) e Caveira. Segundo estimativas do

Instituto Nacional de Estatística (INE), no final do ano de 2017, a população no concelho de Santa Cruz das Flores deveria rondar os 2.177 habitantes [4].

A Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores é a entidade que tem como função a gestão dos diversos setores relacionados com a vida dos munícipes, tais como, a aprovação e o licenciamento de obras, a gestão de resíduos sólidos urbanos e a gestão de água para consumo humano. Como tal, a Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores é a entidade gestora do sistema de abastecimento de água, abreviado como SAA, de Santa Cruz das Flores, tendo a obrigação legal de cumprir o estipulado no Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de dezembro, nomeadamente o fornecimento de água para consumo humano. Esta água deve ser assegurada com qualidade, através de um tratamento adequado e garantindo a sua verificação, através de análises periódicas. Do mesmo modo, a entidade gestora tem o dever de disponibilizar a informação relativa a cada zona de abastecimento e comunicar a existência de incumprimentos registados nas análises de água [2], [3].

Na Figura 1 apresenta-se a heráldica desta Câmara Municipal, onde se observa uma representação do Monte das Cruzes (elevação existente junto à vila de Santa Cruz) e um açor segurando uma quina de Portugal.



Figura 1 – Heráldica da Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores [5].

1.3 Contributos do trabalho

O presente trabalho foca-se na gestão de água para consumo humano do município de Santa Cruz das Flores, nomeadamente na avaliação de risco, uma vez que o Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de dezembro, estabelece no artigo 14º-A que o Plano de Controlo da Qualidade da Água deve ser suportado por uma avaliação de risco a partir de 1 de janeiro de 2022. É de salientar que esta avaliação de risco deve ser elaborada seguindo uma metodologia que analise os perigos e realize uma avaliação do risco ao longo de todo o sistema de abastecimento de água, desde

a captação até ao ponto de entrega na torneira do consumidor, o que vai de encontro com o preconizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) [3], [6].

Esta avaliação de risco consiste também numa das etapas a realizar na elaboração do Plano de Segurança da Água, comumente designado por PSA e recomendado pela OMS como "a forma mais eficaz de garantir sistematicamente a segurança de um sistema de abastecimento de água para consumo humano" [6].

Como tal, este foi o objetivo primordial da presente dissertação, realizar a avaliação de risco para as doze zonas de abastecimento do Município de Santa Cruz das Flores, cumprindo assim o estipulado na legislação vigente. Para tal, foi preciso conhecer o sistema de abastecimento de água (SAA), as localizações das captações, os reservatórios e o seu estado de conservação, bem como os limites de cada zona de abastecimento, permitindo perceber quais os riscos passíveis de acontecer e qual a sua frequência.

Na Figura 2 é apresentado um esquema das etapas do PSA. A segunda etapa e os tópicos a ela associados constituem os objetivos da presente dissertação.

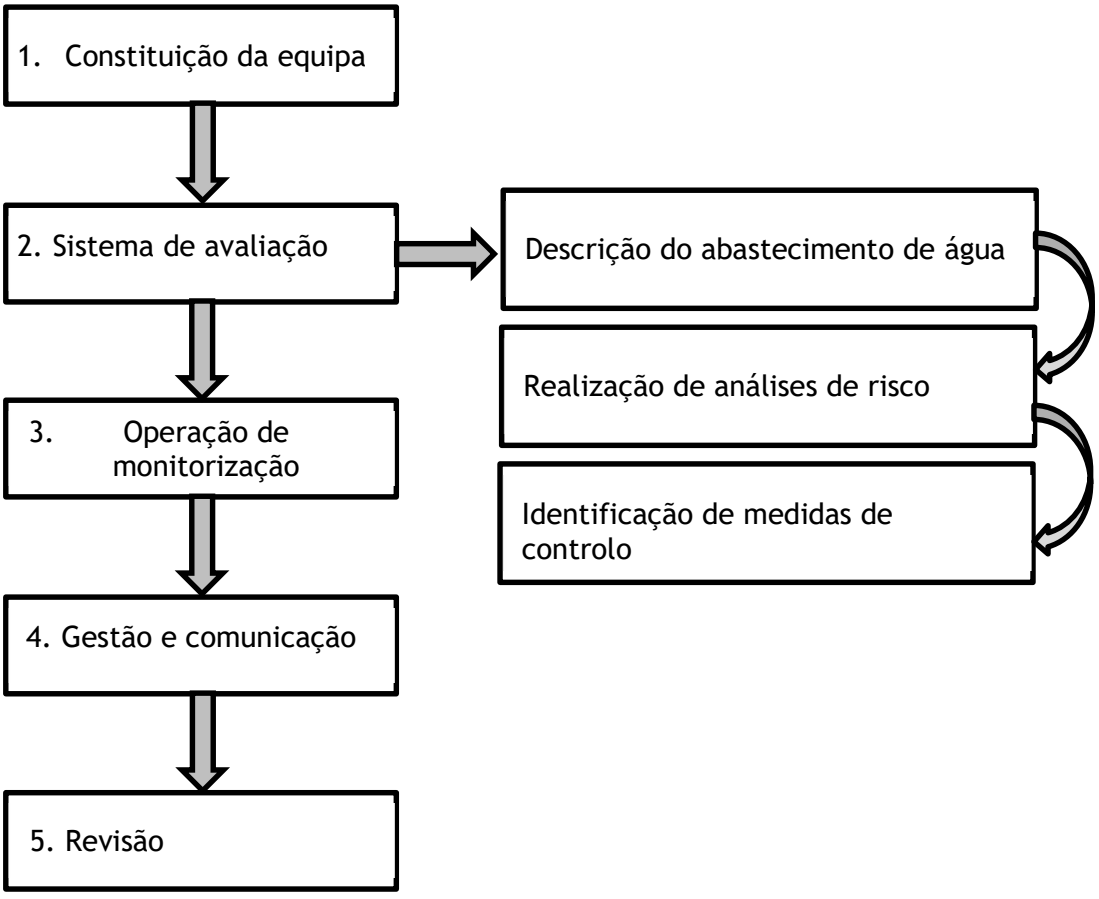


Figura 2 – Etapas do PSA, com ênfase nos objetivos da presente dissertação. Adaptado de [7].

1.4 Organização da tese

O presente trabalho divide-se em sete capítulos.

Capítulo 1, **Introdução**, onde é realizada uma primeira abordagem sobre o tema e são apresentados os principais objetivos, bem como a organização da tese.

Capítulo 2, **Contexto e Estado da Arte**, no qual é apresentado um breve enquadramento histórico e legal dos sistemas de abastecimento de água, bem como do Plano de Segurança da Água.

Capítulo 3, **Avaliação de Risco,** onde é descrita a metodologia utilizada numa avaliação de risco e a sua adaptação a um sistema de abastecimento de água, identificando ainda os perigos mais prováveis de ocorrerem em cada etapa do SAA.

Capítulo 4, **Caso de Estudo,** no qual é apresentado o SAA de Santa Cruz das Flores, são identificados os riscos passíveis de ocorrerem em cada etapa e são caracterizados os respetivos riscos.

Capítulo 5, **Conclusão,** em que são expostas as principais conclusões do presente trabalho.

Capítulo 6, **Avaliação do trabalho realizado**, onde são referidas as dificuldades sentidas ao longo do trabalho, bem como propostas para futuros trabalhos no âmbito do desenvolvimento do PSA e melhorias necessárias.

Por fim, é apresentada a lista de referências utilizadas na presente dissertação.

2 Contexto e Estado da Arte

2.1 Enquadramento histórico

A água é indispensável à sobrevivência do ser humano, tendo sido, por isso, um fator preponderante na sedentarização dos primeiros povos, uma vez que a acessibilidade à água e a sua abundância não são comuns a todos os locais do globo. Estima-se que na idade do Bronze (ca. 2800-1100 a.C.) tenham sido construídos, pela civilização Minoica, os primeiros aquedutos para o transporte de água, bem como os primeiros tanques de sedimentação e filtros de areia, na ilha de Creta [8].

Durante o império romano, houve um desenvolvimento significativo dos sistemas de abastecimento público de água, nomeadamente através da criação de obras de captações de água, aquedutos para o transporte da mesma e ainda redes de distribuição em condutas e mecanismos de elevação de água, sendo que alguns, embora rudimentares, ficaram conhecidos pela sua monumentalidade. Esta evolução teve como intuito proteger a saúde pública das populações e resultou na criação da base conceptual dos sistemas de abastecimento de água modernos [8].

O aumento da densidade urbana, causada pela Revolução Industrial, levou a um crescimento exponencial da necessidade de água, o que obrigou ao desenvolvimento de equipamentos mais eficientes na captação e elevação de água. Ao contrário do império romano que utilizava a ação da gravidade para a adução da água da origem ao utilizador, nesta época era privilegiado o uso das máquinas a vapor nos sistemas de bombagem de água [8].

A contaminação das águas tornou-se um fator de destaque em diversos países devido à ocorrência de diversos surtos epidémicos na Europa e nos Estados Unidos da América. Em simultâneo existiram diversos avanços científicos na identificação de microrganismos, o que levou à introdução de métodos de desinfeção da água, como forma de evitar a propagação de doenças [8], [9].

O serviço de abastecimento de água em Portugal tornou-se um assunto de maior importância no século XIX, destacando-se a reforma da administração sanitária que criou a Junta Central de Melhoramentos Sanitários, com o intuito de providenciar os mecanismos necessários em prol da saúde pública. Neste século foram registados os maiores avanços nas cidades de Lisboa e do Porto, onde existiam os maiores aglomerados urbanos, nomeadamente através da criação de laboratórios municipais para a análise da qualidade de água e de alimentos. Foi ainda neste século que foram publicadas as atribuições autárquicas, mas a crise financeira que o país atravessava era enorme e os Municípios eram exemplo disso. Já durante o século XX, mais

precisamente na década de 1930, foi estabelecido que as infraestruturas dos sistemas de águas e esgotos e a promoção das condições sanitárias das povoações continuariam a ser responsabilidades municipais, no entanto o Estado deveria assumir uma postura de regulação técnica e financeira [9].

Estas foram as bases para a legislação vigente atual, na Lei nº 75/2013, de 12 de setembro, onde se verifica que os sistemas de abastecimento de água e saneamento são atribuições dos municípios e das respetivas juntas de freguesia, podendo os mesmos delegar a respetiva gestão [10].

É ainda de salientar que, em 1992, a ONU publicou a "Declaração Universal dos Direitos da Água", de onde se destaca que a água faz parte do património do planeta, devendo ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimónia. Em julho de 2010, a ONU reconheceu formalmente em Assembleia Geral o direito à água potável e ao saneamento e legitima que estes são essenciais para a concretização de todos os direitos humanos [11], [12].

Atualmente, a água encontra-se no centro de um novo paradigma, uma vez que é uma das primeiras manifestações das alterações climáticas. Como tal, é necessário assegurar a qualidade da água, mesmo durante a ocorrência de fenómenos extremos, tais como secas ou inundações. Estes eventos têm um forte impacto na água para consumo humano, uma vez que, devido à rápida variação de caudais, surgem contaminações microbiológicas [13].

2.2 Sistema de Abastecimento de Água

A legislação portuguesa atual fundamenta-se na Diretiva Europeia nº 98/83/EC, datada de 3 de novembro de 1998, que obrigou os países europeus a atualizar a legislação e os parâmetros obrigatórios a analisar na água para consumo humano. Assim, com esta diretiva houve uma uniformização dos parâmetros e valores paramétricos exigidos em toda a União Europeia [14].

O Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto transpôs a diretiva europeia mencionada anteriormente, sendo que em 2017 sofreu uma alteração de maior relevância, através do Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de dezembro, que atualizou os anexos II e III de acordo com a Diretiva Europeia 2015/1787 da Comissão, de 6 de outubro de 2015. Nesta alteração destaca-se a inserção do plano de monitorização operacional, bem como a atualização dos princípios da avaliação de risco e dos princípios de gestão de risco, que constituem diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS) com vista à elaboração do Plano de Segurança da Água (PSA) [2],[3].

Os Decretos-Lei mencionados anteriormente estabelecem o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano e determinam os critérios de gestão de um sistema de abastecimento. Como tal, é importante salientar que um sistema de abastecimento de água,

também designado como SAA, é descrito como o conjunto de infraestruturas de adução e distribuição, desde a captação da água à saída da mesma na torneira do utilizador, tal como mostra a Figura 3 [2], [15].

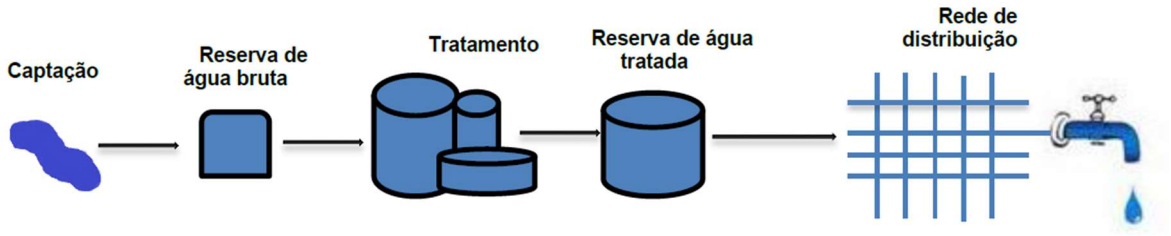


Figura 3 - Esquema conceptual de um sistema de abastecimento de água para consumo humano [15].

Estes sistemas de abastecimento de água combinados com um sistema de drenagem de águas residuais podem ser vistos como o ciclo urbano da água, constituído pelas etapas mencionadas na Figura 4, a saber: fonte, tratamento da água, distribuição da água, uso, recolha de águas residuais e tratamento das mesmas. Com este ciclo, é realizado um paralelismo com o que ocorre naturalmente no ciclo hidrológico (ou comumente conhecido como ciclo da água), que descreve o movimento da água da atmosfera à deposição na natureza e posterior evaporação. Além do ciclo urbano, este ciclo da água gera também um ciclo industrial, que engloba as utilizações da água na indústria, na agricultura e na produção de energia [16].



Figura 4 - Esquema do ciclo urbano da água. Adaptado de [17].

Relativamente à gestão dos sistemas de abastecimento de água, esta é um encargo dos Municípios, contudo estes podem gerir mais do que uma zona de abastecimento (usualmente abreviada por ZA), uma vez que, segundo a legislação vigente, uma zona de abastecimento é "a área geográfica servida por um sistema no qual a água proveniente de uma ou mais origens

pode ser considerada uniforme", isto é, onde não há entrada de água proveniente de outras captações entre o tratamento desta e o ponto de entrega ao consumidor [2].

Como tal, as entidades gestoras (EG) têm o dever de assegurar uma água segura aos seus consumidores. Este conceito surgiu nas últimas décadas e levou a uma mudança de paradigma no controlo da qualidade da água, uma vez que para ser garantida uma água segura para o consumo humano é necessário realizar uma avaliação de riscos, adotando procedimentos de controlo e segurança da água em todo o SAA. Deste modo, o conceito de água segura assenta em quatro pilares: qualidade, quantidade, fiabilidade e preço acessível [18].

No que concerne à qualidade da água, as entidades gestoras devem ter um Plano de Controlo da Qualidade da Água (PCQA) aprovado para o ano vigente. Este PCQA consiste num planeamento rigoroso das análises a realizar ao longo do ano em cada zona de abastecimento, nomeadamente o dia da recolha, o ponto de amostragem e a listagem de parâmetros a analisar. O Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de setembro, estabelece o número de análises a realizar por ZA, em função do volume de água fornecida nessa zona e do número de habitantes, sendo estas designadas por Controlo de Rotina 1 (CR1), Controlo de Rotina 2 (CR2) e Controlo de Inspeção (CI), conforme o número de parâmetros a analisar. O CR1 tem uma maior frequência de amostragem, mesmo para as ZA de menor dimensão, analisa os parâmetros de contaminação microbiológica e os parâmetros que, por algum motivo previamente identificado, exijam um controlo de amostragem maior, enquanto que o CR2 analisa, além dos parâmetros microbiológicos, também os físico-químicos, como cheiro, sabor, condutividade, pH, entre outros. O CI determina todos os parâmetros obrigatórios, tais como os microbiológicos, parâmetros físico-químicos, elementos radioativos, metais pesados, pesticidas, entre outros previstos nos Anexos I e II do mesmo Decreto-Lei, exceto se existir alguma dispensa da Direção Regional competente, como por exemplo dispensa de análise de pesticidas, conforme os riscos passíveis de ocorrerem na respetiva ZA, a localização das captações e a ausência de incumprimentos do respetivo parâmetro [3].

2.3 Plano de Segurança da Água

O conceito de segurança da água surgiu na década de 1990 e evoluiu significativamente a partir de então, sendo uma preocupação dos diversos governos, com o intuito de melhorar a gestão dos SAA, garantindo a sustentabilidade dos recursos e atuando de forma preventiva face aos riscos existentes [19].

A partir de 2004, a OMS recomendou a elaboração de planos de segurança da água, sendo que estes passaram a ser obrigatórios em países como a Austrália, a Islândia, a Suíça, entre outros [20].

Como foi mencionado anteriormente, a metodologia recomendada pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e pela sua homóloga nos Açores, ERSARA, é o desenvolvimento de Planos de Segurança da Água, por forma a garantir a qualidade e segurança da água para consumo humano. Como tal, é necessário seguir um conjunto de objetivos estabelecidos pela ERSAR, nomeadamente a análise do SAA em questão, a avaliação de risco, identificando os perigos passíveis de acontecerem e qual a sua frequência, e a aplicação de medidas preventivas e de proteção no sistema de gestão. É ainda importante referir que estes objetivos devem ser cumpridos assegurando a eficácia do sistema e de acordo com a legislação vigente [21].

A elaboração do PSA envolve várias etapas fundamentais para o sucesso do mesmo, as quais se mantêm na implementação deste, a saber: planeamento, caracterização do sistema, avaliação do risco, monitorização e gestão e comunicação, tal como se encontra disposto na Figura 5, sendo que neste trabalho será focada a etapa 3, acerca da avaliação do risco [22].

É ainda possível afirmar que o PSA assenta também numa estratégia de melhoria contínua, tal como descrito no ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), ou seja, Planear-Executar-Verificar-Atuar, utilizado nas normas ISO, como por exemplo nas conhecidas norma ISO 9001:2015 para sistemas de gestão da qualidade ou na norma ISO 14001:2015 para sistemas de gestão ambiental. Relativamente à sua aplicação nos sistemas de água para consumo humano, a utilização desta estratégia permite que exista uma avaliação do plano em vigor e a possibilidade de melhorar o mesmo, tal como é possível observar na Figura 6 [20].



Figura 5 – Etapas de elaboração e implementação do PSA [22].

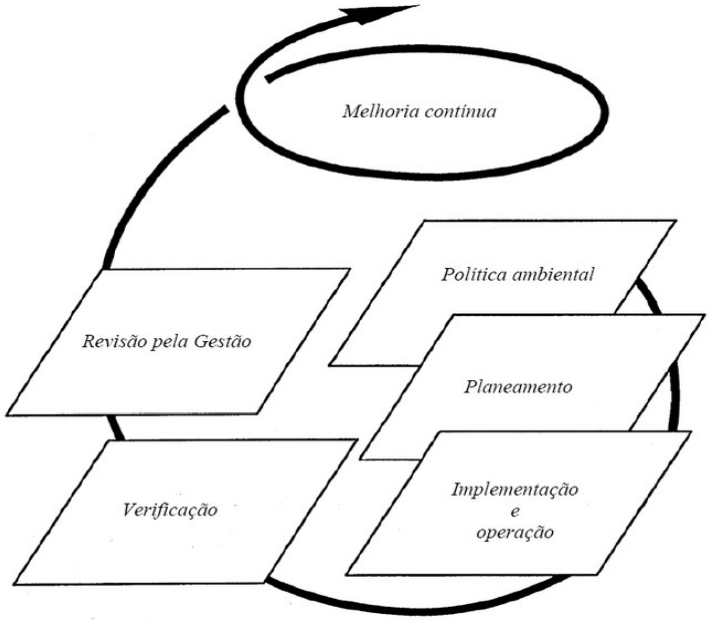


Figura 6 – Modelo conceptual das etapas do PDCA [23].

3 Avaliação de risco

O conceito de risco é utilizado de forma diferente de acordo com a situação e conforme as ciências aplicadas, sendo muitas vezes associado a termos como suscetibilidade, vulnerabilidade ou danos [24].

De acordo com o artigo 4º da Lei nº 102/2009, de 10 de setembro, pode-se definir risco como "a probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interação do componente material do trabalho que apresente perigo". É ainda necessário referir que, de acordo com a mesma lei, o perigo é considerado uma propriedade intrínseca de uma instalação, atividade, equipamento, um agente ou outro componente material do trabalho com potencial para provocar dano [25].

Alguns princípios e linhas de orientação existentes para efetuar uma avaliação de risco encontram-se publicados na norma ISO 31000:2018 acerca da gestão do risco. Esta norma atualiza a norma ISO 31000:2012 e não se encontra descrita para nenhum setor específico, podendo ser utilizada por qualquer empresa ou associação pública ou privada. O processo de gestão do risco deve ser realizado conforme o que se pretende analisar e envolve várias etapas, que se encontram esquematizadas na Figura 7, e são descritas sucintamente em seguida:

- Comunicação e consulta – envolve a comunicação inicial com as partes interessadas, internas e externas, por forma a estabelecer os interesses das mesmas, bem como o desenvolvimento de um plano adequado de comunicação;
- Estabelecimento do contexto – onde são estabelecidos os objetivos e as estratégias da gestão de risco, definem-se as metodologias a seguir e os estudos e recursos necessários;
- Identificação do risco – organização das fontes do risco, áreas de impacto e potenciais eventos de risco. Esta etapa tem como objetivo a listagem dos perigos, bem como dos eventos que podem criar e das consequências que poderão ter;
- Análise do risco – analisa os riscos que foram identificados na etapa anterior, desenvolvendo a compreensão do risco, estabelecendo as estratégias e os métodos mais eficazes para tratar cada;
- Avaliação do risco – tem como finalidade apoiar a tomada de decisões, utilizando os resultados da análise de risco. Nesta avaliação, deve ser tomada em consideração a legislação vigente, bem como outros requisitos existentes;
- Tratamento do risco – implica a aplicação de modificações para tratar o risco, isto é, por vezes pode ocorrer um tratamento para minimizar o risco existente. No entanto, podem existir situações em que a eliminação de um risco leva ao aumento de outro

risco. Este tratamento deve ser realizado por fases, conforme a ordem de prioridades, e pode por si só introduzir riscos secundários que necessitam de ser monitorizados;

- Monitorização e revisão - deve ser planeada, envolvendo uma vigilância regular. Esta deve estar inserida no processo de gestão do risco, com o intuito de assegurar que os controlos são eficazes, detetar alterações e identificar riscos emergentes [26].

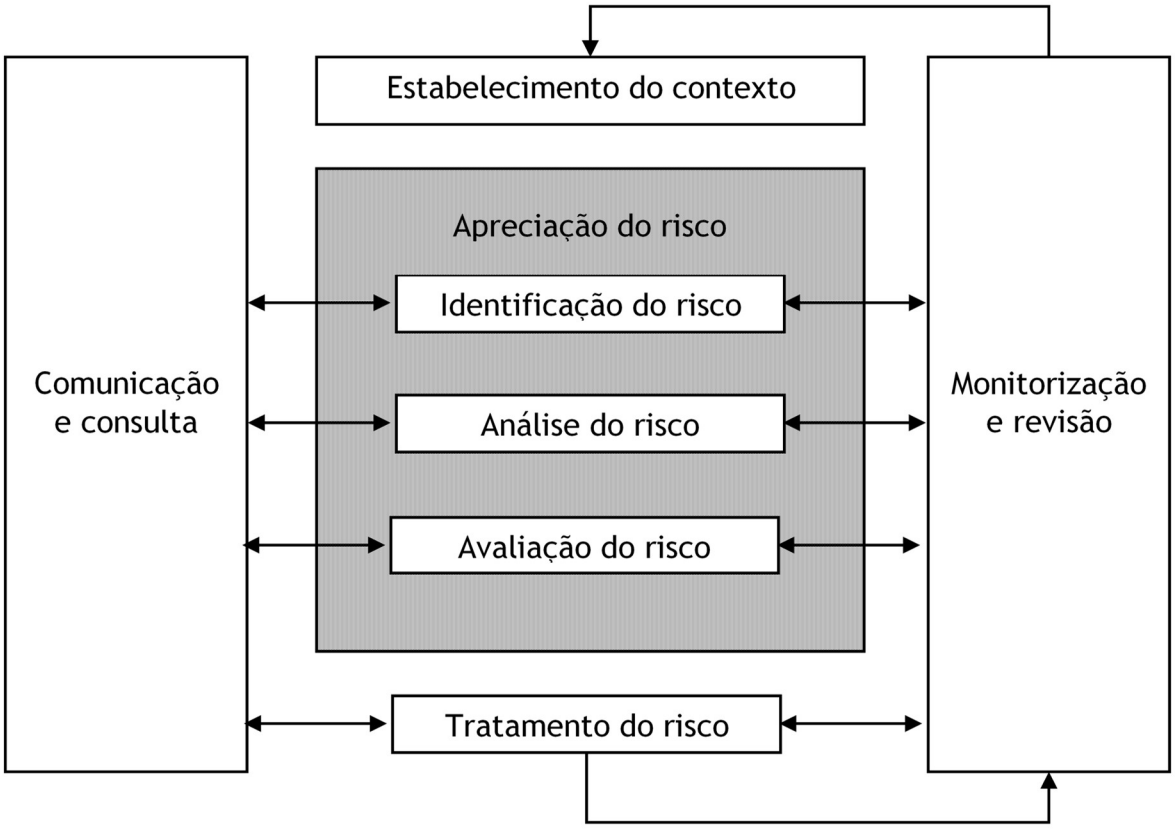


Figura 7 – Processo da gestão do risco [26].

3.1 Identificação de perigos potenciais associados a um SAA

Adaptando o conceito de risco a um SAA, o risco pode ser definido como a probabilidade de perigos identificados causarem danos em populações expostas num período de tempo específico, tendo em consideração a magnitude do dano e as consequências do mesmo [27].

Como já foi mencionado anteriormente, o objetivo primordial de um PSA é garantir a qualidade de água para consumo humano, aplicando programas de monitorização do SAA, por forma a minimizar as contaminações ao longo da rede de distribuição, com principal enfoque na diminuição da contaminação na origem da água e a prevenção de pós-contaminação na distribuição, assim como garantir a eficácia no processo de tratamento [7].

Uma das etapas do desenvolvimento do PSA é a recolha e avaliação de todas as informações relevantes, identificando os riscos que poderão surgir ao longo do SAA. Como tal, é essencial conhecer as capacidades dos processos e infraestruturas existentes, analisando quais os eventos perigosos que podem ocorrer, bem como a sua probabilidade e severidade, promovendo assim uma gestão de risco eficaz. Na Figura 8 é possível observar um esquema acerca da gestão de risco associada a um SAA, estando mencionados os processos decorrentes, bem como os riscos que podem ser consideradas como aceitáveis, consoante a lei vigente e de acordo com o estatuto de saúde pública [28].

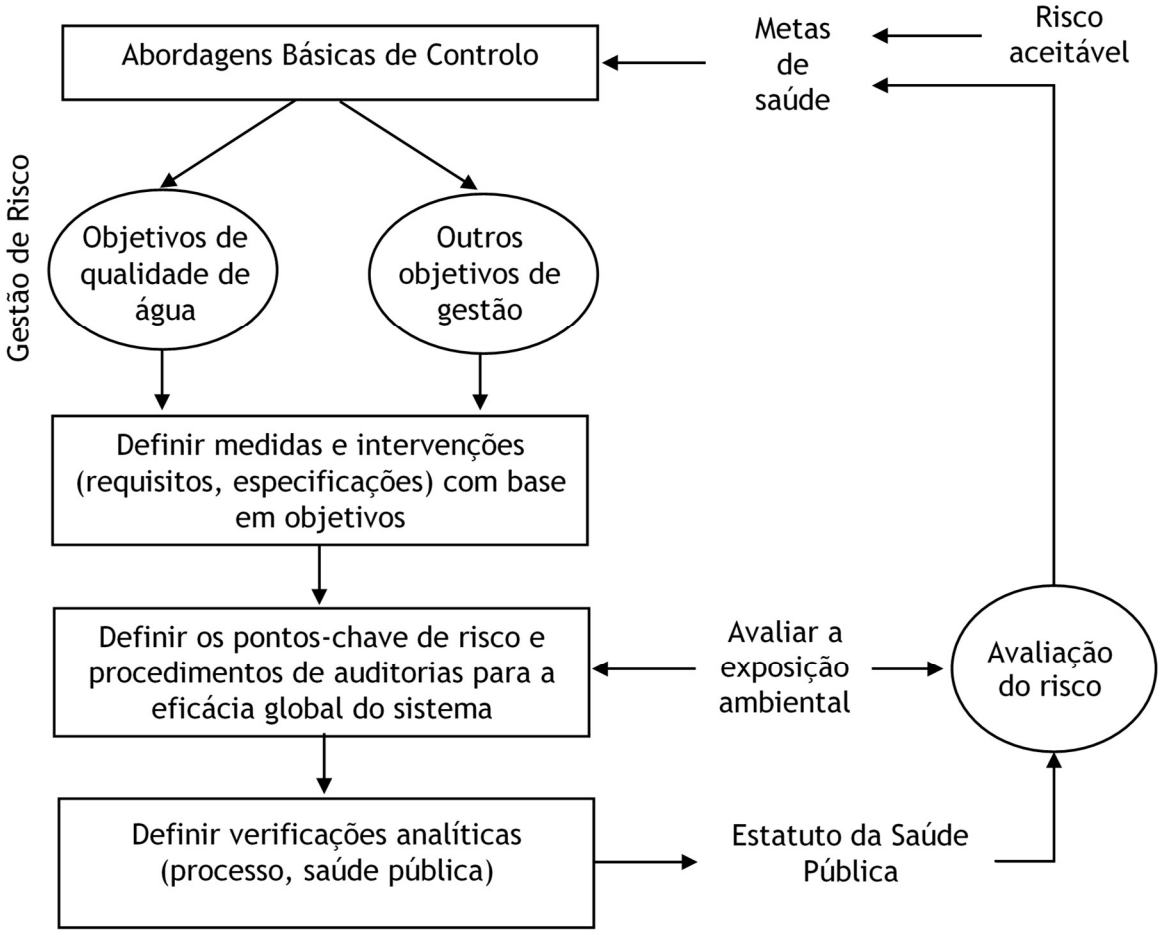


Figura 8 – Gestão de risco associada a um SAA [7].

Contudo, para realizar essa análise, é essencial delinear e perceber a definição de perigo e evento perigoso. Assim, e de acordo com a OMS (2009), perigo pode ser definido como qualquer produto químico, biológico, agente físico ou radiológico que tenha o potencial para causar danos, enquanto que um evento perigoso trata-se de uma ocorrência que introduz perigo ou não permite o seu controlo no sistema de abastecimento. Exemplificando, ao ocorrer chuva forte (evento perigoso), propicia a introdução de organismos patogénicos (perigo) na zona de recarga e captação de água [27].

Estes perigos podem ocorrer naturalmente ou ser introduzidos (por meios humanos) ao longo do SAA, desde a captação ao consumidor, e podem ser classificados como biológicos, químicos, físicos ou radiológicos. Cada risco é detetado conforme os incumprimentos verificados no âmbito do PCQA, através da averiguação do parâmetro em que foi obtido um valor não conforme com os limites paramétricos legislados [28].

3.1.1 Perigos Biológicos

Os perigos biológicos representam a ocorrência de organismos patogénicos na água, nomeadamente bactérias, vírus e protozoários [28].

É de salientar que os valores paramétricos legislados para este tipo de perigos são, tipicamente, 0 ufc/100 mL, o que significa que o número de agente patogénicos tem de ser significativamente baixo, para manter a qualidade da água, com exceção do número de colónias a 22 ºC e 36 ºC que não devem sofrer uma "alteração anormal", não sendo desejável que os mesmos sejam superiores a 100 ufc/mL e 20 ufc/mL, respetivamente. Nos SAA, os perigos biológicos ocorrem, geralmente, na água bruta e são de origem animal, nomeadamente por fezes de animais em locais próximos da captação ou de pássaros. É de salientar que podem também ocorrer contaminações ao longo da rede, nomeadamente em redor dos reservatórios, quando os mesmos não se encontram corretamente vedados [3], [7].

No âmbito do PCQA, os parâmetros associados aos perigos biológicos são os parâmetros microbiológicos, nomeadamente: bactérias coliformes, *Escherichia coli,* Enterococos, número de colónias a 22 ºC, número de colónias a 36 ºC e *Clostridium Perfigens* [8].

É de salientar que o número de colónias a 22 e a 36ºC refere-se ao número de microrganismos viáveis à respetiva temperatura, englobando um largo espetro de microrganismos heterotróficos, tais como bactérias e fungos. A origem destes microrganismos pode ser a própria flora microbiana da água ou ter origem em diversas fontes de poluição [29].

3.1.2 Perigos Químicos

Os perigos químicos estão associados à presença de substâncias químicas em concentrações tóxicas, que podem ser perigosas para a saúde. A presença deste tipo de substâncias pode-se dever a motivos naturais ou devido ao processo de tratamento da água, através da ocorrência de subprodutos da desinfeção, que resultam da reação entre o reagente desinfetante utilizado e a matéria orgânica de origem natural presente na água bruta [8].

Os parâmetros analisados no decorrer das análises regulamentares passíveis de detetar perigos químicos são: pH, condutividade, benzeno, benzo(a)pireno, boro, bromatos, cádmio, cálcio, carbono orgânico total, cianetos, cloretos, chumbo, cobre, crómio, 1,2 – dicloroetano, ferro, fluoretos, HAP (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos), magnésio, manganês, nitratos, nitritos, mercúrio, níquel, oxidabilidade, selénio, sódio, tetracloroeteno, tricloroeteno, trihalometanos, acrilamida, epicloridrina, cloreto de vinilo e glifosato, sendo que estes últimos quatro parâmetros detetam a presença de pesticidas na água para consumo humano [8].

3.1.3 Perigos Físicos

Relativamente aos perigos físicos, estes são associados às características físicas da água, nomeadamente, turvação, cor, cheiro ou sabor, podendo ser causados pela presença de sedimentos, de materiais das condutas ou de impermeabilização de tubagens e biofilmes [8].

Estes perigos podem estar associados à deterioração dos materiais que compõem a tubagem ou a defeitos na mesma. Se ocorrer um perigo físico, deve ser efetuado um levantamento de informação acerca da conduta em questão, nomeadamente o material, a classe de pressão, o diâmetro, os tipos de acessórios utilizados e o histórico de anomalias observadas anteriormente [30].

Relativamente aos parâmetros analisados no âmbito do PCQA que assinalam um perigo físico são cheiro, sabor, cor e turvação [8].

3.1.4 Perigos Radiológicos

Por fim, os perigos radiológicos estão associados à contaminação da água a partir de fontes de radiação. Esta fonte de radiação pode ocorrer naturalmente em fontes de água natural, através de água proveniente de uso médico com materiais radioativos ou proveniente de indústrias, nomeadamente da mineração [28].

No que concerne aos parâmetros radiológicos analisados regularmente, são os seguintes: dose indicativa total (somatório das atividades α total e ß total), radão e trítio [8].

3.2 Análise dos perigos potenciais associados a um SAA

Os perigos podem ainda ser divididos conforme a etapa onde ocorrem, nomeadamente, na origem, no tratamento, na adução ou na distribuição, sendo necessário identificar o motivo da

contaminação, bem como as medidas passíveis de controlar cada perigo. É também necessário considerar alguns fatores que influenciam a ocorrência de perigos, nomeadamente:

- Condições meteorológicas extremas, tais como chuvas intensas;
- Contaminação acidental ou deliberada;
- Medidas de controlo de poluição nas fontes, nomeadamente, através da aplicação dos perímetros de proteção das nascentes;
- Práticas de recolha e armazenamento de água;
- Higienização de elementos do sistema;
- Manutenção da rede de distribuição [8].

Como tal, é essencial identificar os perigos e respetivos eventos perigosos em função do componente do SAA. Além disso, é também necessário detetar as fontes de perigo que afetam a qualidade e a segurança da água, independentemente da entidade gestora e considerando se os padrões de poluição ocorrem continuamente ou sazonalmente [8].

3.2.1 Perigos na origem

O Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto estabelece critérios de qualidade, com o objetivo de categorizar a água de acordo com o tipo de utilização. Assim, encontra-se estipulado no capítulo II do decreto-lei supracitado os requisitos aplicados às águas doces superficiais e águas subterrâneas destinadas ao consumo humano. Através das análises realizadas nesse âmbito é possível determinar alguns tipos de poluição que podem ocorrer de forma contínua na respetiva origem de água [31].

Na Tabela 1 encontram-se dispostos os eventos perigosos associados às origens de água.

Tabela 1 – Eventos perigosos associados às origens de água [8].

Bacia hidrográfica	
• Variações súbitas na qualidade da água bruta • Variações sazonais climáticas • Descargas de águas residuais (domésticas e industriais) • Lixiviação de produtos químicos usados na agricultura (*e.g.* fertilizantes e pesticidas) • Derrames de hidrocarbonetos (acidentais ou deliberados)	• Proteção inadequada da cabeça do poço (poço não selado ou selado inadequadamente) • Alteração do uso do solo na bacia de drenagem • Vegetação deficiente de zonas ripícolas, falha na retenção de sedimentos e erosão do solo

• Atividades de recreio • Vida selvagem • Criação de gado não confinado • Lançamento de resíduos perigosos no solo e na água	• Existência de locais contaminados por deposição de resíduos perigosos • Aquíferos não confinados de baixa profundidade • Águas subterrâneas com influência direta de águas superficiais • Intrusão salina em aquíferos de zonas costeiras • Aquíferos contaminados • Incêndios florestais, catástrofes naturais, sabotagem
Área de captação e reservatórios de água bruta	
• Aquedutos e reservatórios não cobertos • Acesso humano/inexistência de zonas condicionadas • Acesso de animais, incluindo aves e vermes • Curto circuito hidráulico em reservatórios • Construção inadequada do reservatório de água bruta • Inexistência de fontes de água alternativas • Florescências de cianobactérias • Local inadequado de captação	• Estratificação térmica • Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais • Variações climáticas sazonais (cheias e secas) e desastres naturais • Ações de vandalismo e sabotagem • Zonas-tampão e vegetação inadequadas • Vias de comunicação/derrames acidentais • Falhas em sistemas de alarme e nos equipamentos de monitorização • Incêndios florestais, catástrofes naturais, sabotagem

3.2.2 Perigos no tratamento

O tratamento de água surge como barreira de controlo, por forma a impedir que uma contaminação na origem se propague na rede até aos consumidores. Além disso, a água para

consumo humano deve ser saudável (i.e. sem contaminações que impliquem risco para a saúde humana) e esteticamente agradável, ou seja, sem sabor, cor ou odor, nem turvação [32].

As etapas do tratamento da água dependem da qualidade da água na origem e, consequentemente, com a classificação obtida de acordo com o Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto. Quando se trata de águas de origem superficial, pode ocorrer pré-oxidação, oxidação da matéria orgânica, remoção de ferro, manganês ou compostos de cor, cheiro e sabor, podendo também ocorrer coagulação, floculação, correção do pH ou decantação. Um exemplo convencional de tratamento de água com pouca qualidade na origem (i.e., necessita de um tratamento físico e químico) é apresentado na Figura 9 [33].

É de mencionar que ao efetuar o conjunto de tratamentos de coagulação/floculação pode ser realizado um ajuste de pH, para maximizar a ação do coagulante, com o intuito de destabilizar as partículas coloidais e causar a agregação em flocos, separáveis por decantação. O processo de correção do pH, refere-se à adição de reagentes ácidos, como o dióxido de carbono ou o ácido sulfúrico, ou alcalinos, como o hidróxido de cálcio (cal hidratada) ou o hidróxido de sódio (soda cáustica). Contudo, quando ocorre uma afinação do ajuste de pH, esta pode ser realizada por permuta iónica e tratamento com membranas, como por exemplo osmose reversa [34].

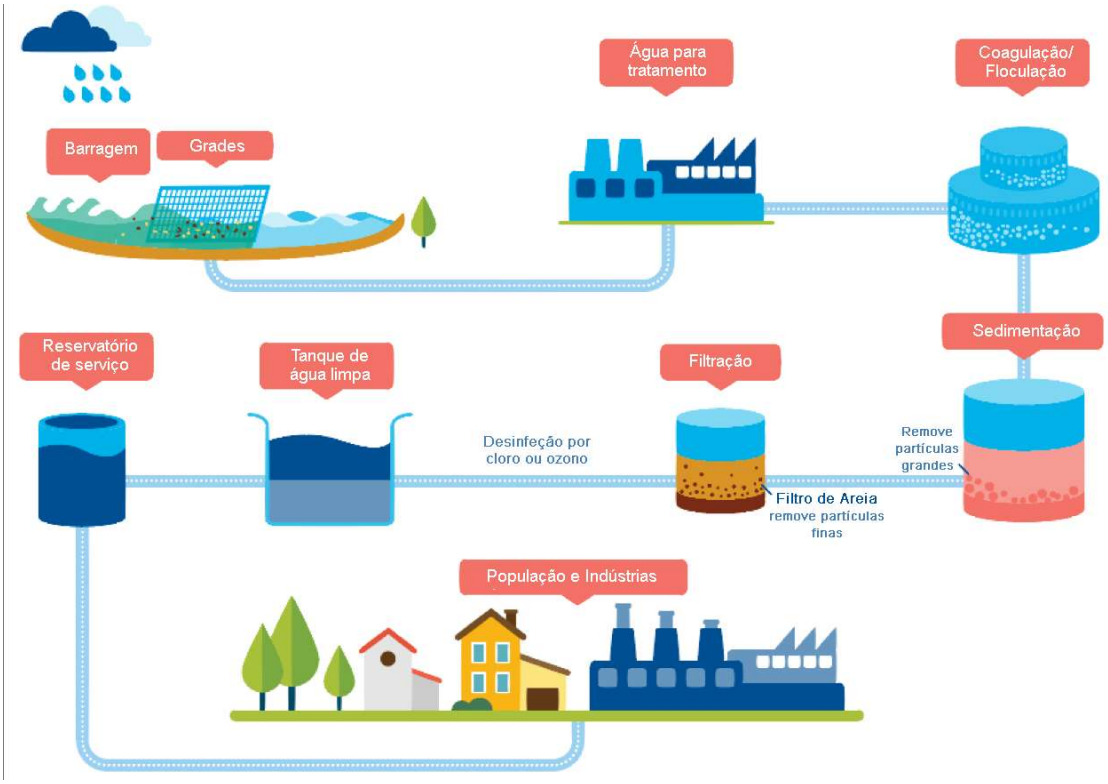


Figura 9 – Tratamento convencional de uma água para consumo humano de baixa qualidade. Adaptado de [35].

No que concerne às águas subterrâneas, tipicamente o nível de contaminação inicial da água é menor, pelo que são efetuados menos tratamentos, sendo os mais frequentes a desinfeção e filtração. Por vezes são também efetuados outros tratamentos, como correção da dureza

(através de precipitação química, floculação e decantação) ou do pH, bem como pré-oxidação para remoção de ferro e manganês ou de compostos orgânicos, tais como pesticidas. Na Tabela 2 apresentam-se os tipos de tratamentos necessários conforme a qualidade da água na origem, sendo que os requisitos para as classes encontram-se descritos no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto e a classe A1 representa a água com maior qualidade na origem [31], [33].

Tabela 2 – Tratamentos a aplicar conforme a qualidade da água para consumo humano – superficial ou subterrânea. Adaptado de [33].

Classe	Sequência de Tratamento
A1	Tratamento físico e desinfeção *Exemplo:* Filtração → Desinfeção
A2	Tratamento físico e químico e desinfeção *Exemplo:* Filtração → Ajuste de pH (coagulação/floculação) → Desinfeção
A3	Tratamento físico, químico de afinação e desinfeção *Exemplo:* Pré-oxidação → Correção da dureza (precipitação química, coagulação/floculação e decantação) → Filtração → Ajuste de pH (permuta iónica e tratamento com membranas) → Desinfeção

Relativamente aos perigos biológicos, uma das formas mais eficazes de minimização dos mesmos é através do tratamento da água, com recurso a um agente desinfetante, sendo esta etapa obrigatória, mesmo que a qualidade da água seja superior. Como tal e segundo a legislação portuguesa, a concentração de cloro residual livre (um dos desinfetantes mais utilizados na água para consumo humano) na rede de distribuição deve tomar um valor entre 0,2 e 0,6 mg/L [3], [7].

Na Tabela 3 encontram-se dispostos os eventos perigosos associados ao tratamento da água.

Tabela 3 - Eventos perigosos associados ao sistema de tratamento de água [8].

Sistema de tratamento	
• Variações significativas de caudal ao longo do sistema de tratamento • Processos unitários de tratamento inadequados ou equipamento deficiente	• Passagem de algas para os filtros em concentrações elevadas • Operação inadequada de filtros

• Incapacidades no controlo de processos de tratamento • Utilização de produtos e materiais não certificados ou contaminados • Deficiências na dosagem de produtos químicos • Mau funcionamento de equipamentos	• Falhas nos sistemas de alarmes e nos equipamentos de monitorização • Desinfeção ineficaz • Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais • Sabotagem e desastres naturais • Formação de subprodutos de desinfeção • Contaminação cruzada (água-água residual)

3.2.3 Perigos no armazenamento e nos sistemas de distribuição

Para conceber um sistema de abastecimento de água, é necessário considerar os materiais a utilizar, tendo em conta a legislação em vigor. Dessa forma, a Diretiva 98/83/CE, do Conselho de 3 de novembro, de 07 de dezembro, prevê no artigo 10º as substâncias e produtos químicos passíveis de utilização no tratamento da água, bem como os materiais permitidos para o contato com água para consumo humano, por forma a garantir a qualidade da mesma. Esta Diretiva foi transposta para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto, atualizado pelo Decreto-Lei nº 152/2017, mencionando os respetivos materiais no artigo 21º [36].

Na Tabela 4 estão apresentados os eventos perigosos associados ao armazenamento (reservatórios) e nos sistemas de distribuição da água.

Tabela 4 - Eventos perigosos associados ao armazenamento e sistema de distribuição de água [8].

Reservatórios de serviço e sistemas de distribuição	
• Aquedutos e reservatórios não cobertos • Acesso não autorizado de pessoas • Acesso de animais, incluindo aves e vermes • Curto-circuito hidráulico em reservatórios/zonas mortas • Utilização de materiais e de revestimentos inadequados	• Ruturas de condutas/fissuras • Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios • Colocação em serviço de novas condutas • Desinfeção deficiente após operações de reparação

• Sistemas de condutas envelhecidas • Corrosão em reservatórios e em redes de condutas • Mistura de diferentes tipos de água • Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas • Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	• Variações de caudais/pressões inadequadas • Falhas no doseamento de cloro • Residual de cloro inadequado • Formação de subprodutos da desinfeção • Falhas nos sistemas de alarme e no equipamento de monitorização • Sabotagem e desastres naturais • Ligações ilegais • Deterioração da qualidade da água nos reservatórios

3.2.4 Perigos nos consumidores

Por fim, um SAA termina na torneira do consumidor, sendo importante garantir a qualidade da água até esse local. Contudo, uma água pode perder qualidade quando já se encontra na zona do consumidor, como por exemplo se a rede predial contiver materiais não aconselháveis ao contato com consumo humano ou em mau estado de conservação. Na Tabela 5 apresentam-se os eventos perigosos associados aos consumidores.

Tabela 5 - Eventos perigosos associados aos consumidores [8].

Consumidores	
• Uso indevido por parte do consumidor • Lixiviação de metais pesados	• Condutas e materiais de construção inadequados • Inadequada manutenção de reservatórios e redes prediais

3.3 Monitorização e controlo

Um método de identificar os perigos existentes num SAA é através da monitorização operacional, como descrito no número 6 do artigo 8º do Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de dezembro. Esta monitorização operacional é recomendada a todas as entidades gestoras e consiste na aplicação de um plano com análises adicionais de água (não referentes ao PCQA), bem como a limpeza e higienização periódica dos reservatórios de água [3].

Esta monitorização operacional realiza uma vigilância dos diversos parâmetros e tem como objetivos avaliar os riscos existentes e garantir que se encontram dentro dos valores paramétricos estabelecidos pela lei vigente. Além disso, permite assegurar a eficácia das medidas de controlo da água e, por fim, monitorizar a rede, por forma a identificar causas desconhecidas de contaminação, bem como as medidas corretivas passíveis de serem aplicadas [37].

As medidas de controlo podem ser definidas como ações ou atividades aplicadas por forma a minimizar os perigos que afetam diretamente a qualidade da água, garantindo que a água é segura para o consumo humano. Estas medidas podem ser aplicadas no ponto de contaminação, onde ocorre o evento perigoso, ou a jusante, atuando como barreira [28].

Um exemplo representativo de uma medida de controlo é a proteção das captações, uma vez que ao reduzir a contaminação na captação, é possível reduzir a presença de microrganismos na água, bem como reduzir a quantidade de produtos químicos necessários no tratamento, o que terá como consequência a redução da produção de subprodutos da reação e dos custos [21].

4 Caso de estudo

4.1 Localização

Santa Cruz das Flores é um município localizado na zona norte da Ilha das Flores, pertencente ao Grupo Ocidental do Arquipélago dos Açores, a 39º27' de latitude norte e 31º08' de longitude oeste, sendo delimitado a sul pelo município das Lajes das Flores e a norte, este e oeste pelo Oceano Atlântico [38].

Este concelho tem uma área total de 72,11 km^2 e é formado por quatro freguesias, como mostra na Figura 10, designadamente: Ponta Delgada, Cedros, Santa Cruz das Flores (sede de concelho) e Caveira.

A ilha das Flores, à semelhança das restantes ilhas do arquipélago dos Açores, é caracterizada por um clima temperado e húmido e tem uma precipitação significativa ao longo do ano, registando valores médios anuais de pluviosidade de 1413 mm, o que se traduz em nascentes de água abundantes [39].

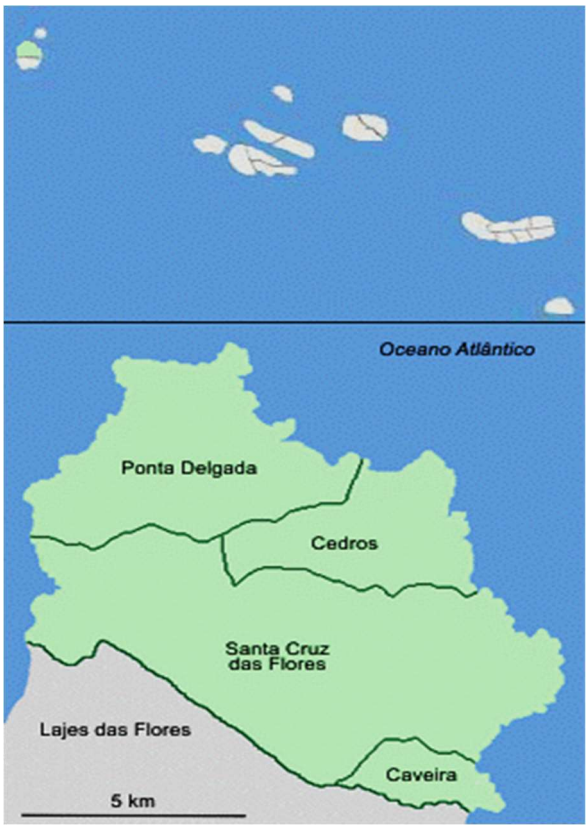


Figura 10 – Localização de Santa Cruz das Flores no arquipélago dos Açores e mapa das freguesias do concelho [38].

Segundo os Censos de 2011, residiam neste município 2289 pessoas, contudo este valor é atualmente inferior, uma vez que se verifica um acentuado decrescimento demográfico na ilha. Além disso, existe uma população flutuante elevada no verão, isto é, pessoas que não residem, na maioria do tempo, no município. Parte da população flutuante registada no município são turistas que se hospedam em hotéis, alojamentos locais ou parques de campismo. Contudo, existe também uma percentagem significativa de pessoas que possuem um alojamento temporário, passando uma temporada na ilha, tais como emigrantes provenientes dos Estados Unidos da América e do Canadá (dada a forte emigração para estes países na década de 1960) [4].

4.2 Sistema de abastecimento de água do caso de estudo

Apesar da pequena dimensão do município, existe uma grande dispersão, exigindo um amplo sistema de abastecimento de água, com 12 zonas de abastecimento – 2 na freguesia de Ponta Delgada, 2 na freguesia dos Cedros, 1 na freguesia da Caveira e as restantes na freguesia de Santa Cruz, como mostra a Figura 11.

O facto de existir um grande número de zonas de abastecimento explica que cada uma destas sirva um número reduzido de habitantes, como mostra a Tabela 6 que apresenta uma estimativa da população em cada zona de abastecimento, efetuada pela Câmara Municipal no ano de 2020. Contudo, apesar do número de habitantes em cada ZA ser baixo, o consumo de água é bastante elevado, devido à abundância de água na ilha e ao facto do custo associado ao serviço de abastecimento de água ser baixo e não depender do volume consumido. Além disso, é de salientar que uma entidade gestora de um SAA deve garantir o abastecimento de água não apenas à população residente, como também à população flutuante.

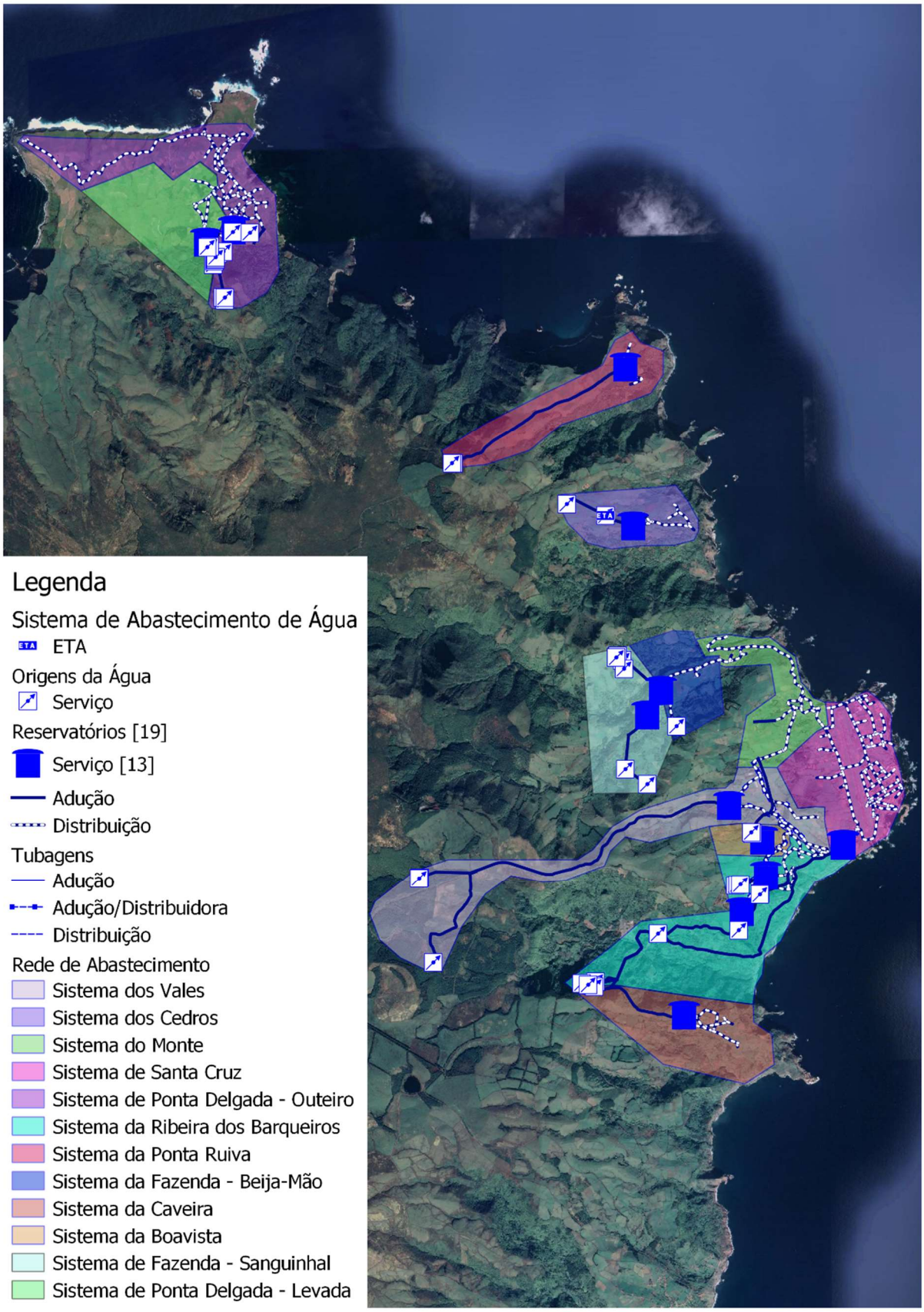


Figura 11 - Sistema de abastecimento de água de Santa Cruz das Flores.

Tabela 6 – População servida por zona de abastecimento.

Zona de abastecimento	População residente (número de habitantes – estimativa de 2020)	População flutuante (número de habitantes – estimativa de 2020)
Boavista	21	2
Caveira	72	10
Cedros	80	8
Fazenda – Beija Mão	87	2
Fazenda - Sanguinhal	47	2
Monte	204	15
Ponta Delgada - Levada	37	2
Ponta Delgada - Outeiro	230	20
Ponta Ruiva	36	3
Ribeira dos Barqueiros	226	20
Santa Cruz	781	200
Vales	38	2

Para efetuar o abastecimento de água para consumo humano, o Município conta com 23 nascentes de água, sendo que algumas destas nascentes são compostas por grupos de captações de água subterrânea localizadas proximamente. Estas são provenientes de aquíferos não confinados, pelo que estão sujeitas a contaminações diretas, a partir de descargas ou infiltrações no solo derivados de atividades agropecuárias, descargas de águas residuais domésticas ou deposição indevida de resíduos sólidos.

Na sua maioria, estas captações são afastadas das áreas residenciais, pelo que o evento mais provável de acontecer são as infiltrações causadas pelas atividades pecuárias. Além disso, algumas destas captações não se encontram devidamente vedadas, aumentando a probabilidade de ocorrerem eventos perigosos. Na Tabela 7 são apresentadas as captações de água para consumo humano do município de Santa Cruz das Flores, associadas às respetivas zonas de abastecimento, bem como a sua localização e a aplicação de zona de proteção imediata.

É de salientar que de acordo com o Decreto-Lei nº 382/99, de 22 de setembro a zona de proteção imediata é a "área da superfície contígua à captação" em que todas as atividades são interditas. Segundo o Decreto Legislativo Regional nº 10/2016/A, de 16 de junho, esta zona de proteção imediata deve corresponder à área de um círculo com centro em cada captação e um raio de vinte ou de trinta metros (conforme a localização da mesma), devendo estas estar devidamente vedadas e limpas de quaisquer resíduos que possam ter influência na qualidade da água da captação, sendo que é utilizada a expressão "zona de proteção imediata aplicada" quando a zona contígua à captação se encontra devidamente vedada e, portanto, são cumpridos os requisitos legais [40], [41].

Tabela 7 – Detalhes das captações por zonas de abastecimento.

Zona de abastecimento	Grupo de nascentes	Número de captações	Zona de proteção imediata	
			Aplicação	Localização
Boavista	Boavista	1	Não	Exclusivamente terrenos agrícolas
Caveira	Castelo	4	Sim	Exclusivamente zona de mato
Cedros	Cedros	1	Sim	Exclusivamente terrenos agrícolas
	José Gregório	1	Não	Exclusivamente terrenos agrícolas
Fazenda - Beija Mão	Beija Mão	1	Não	Parte zona de mato e parte terrenos agrícolas
Fazenda - Sanguinhal	Sanguinhal	1	Não	Maioritariamente terrenos agrícolas
	Grota do Sanguinhal	1	Não	Exclusivamente terrenos agrícolas
	Rocinhas	6	Não	Parte zona de mato e parte terrenos agrícolas
Monte	Fonte do Vimo	1	Não	Maioritariamente terrenos agrícolas

	Casa da Manteiga	1	Não	Maioritariamente terrenos agrícolas
Ponta Delgada - Levada	Mãe d'Água	2	Não	Maioritariamente terrenos agrícolas
	José André	1	Sim	Maioritariamente zona de mato
	Herdeiros de Joaquim Ventura	5	Sim	Maioritariamente zona de mato
Ponta Delgada - Outeiro	Outeiro	1	Não	Exclusivamente terrenos agrícolas
	Caldeira	2	Não	Maioritariamente terrenos agrícolas
	Sítio das Pedras Brancas	3	Sim	Exclusivamente terrenos agrícolas
Ponta Ruiva	Ponta Ruiva	1	Sim	Exclusivamente zona de mato
Ribeira dos Barqueiros	Orlando	1	Sim	Exclusivamente zona de mato
	Ribeira da Cruz	1	Sim	Exclusivamente zona de mato
	Ribeira dos Barqueiros	3	Não	Exclusivamente terrenos agrícolas
	Laranjeira	2	Sim	Maioritariamente zona de mato
Santa Cruz	Não tem nascentes exclusivas			
Vales	Caldeirões	1	Sim	Exclusivamente zona de mato
	Castanheiro	1	Sim	Maioritariamente zona de mato

Nas Figuras 12 e 13 encontram-se duas fotografias, ambas tiradas em locais de captação do município, que exemplificam o conceito da zona de mato ou zona agrícola.



Figura 12 – Zona de proteção imediata da captação dos Caldeirões – zona de mato.



Figura 13 - Zona de proteção imediata da captação da Grota do Sanguinhal – zona agrícola.

Em todas as zonas de abastecimento é efetuada a desinfeção da água utilizando hipoclorito de sódio. Não existe a necessidade de efetuar filtração, ou qualquer outro tipo de tratamento, uma vez que a água na origem tem boa qualidade em todas as ZA, com exceção da ZA dos Cedros onde existe uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Por recomendação dos serviços nacionais competentes, no início da década de 80, a água passou a ser tratada com brita calcária para correção do pH nessa ZA.

Relativamente à adução das captações de água aos reservatórios, esta é realizada por ação da gravidade em todas as zonas de abastecimento. Existem 13 reservatórios no sistema de abastecimento de Santa Cruz das Flores, contudo apenas 12 estão ao serviço neste momento, dado que um dos reservatórios mais antigos – Reservatório Antigo da Cruz - necessita de obras de manutenção profundas. Um dos reservatórios do município armazena água bruta – o reservatório da Matosa, enquanto que os restantes armazenam água tratada. No Anexo A, são apresentadas algumas fotografias dos reservatórios (bem como da caixa de perda de carga do Monte, onde é efetuada a desinfeção dessa ZA).

4.3 Caracterização do risco

Para realizar a presente avaliação de risco, foi necessário definir os critérios de probabilidade e de severidade, por forma a elaborar as respetivas escalas e, consequentemente, a matriz de risco.

Como tal, foi elaborada a escala de probabilidade de ocorrência de um perigo ou evento perigoso, conforme apresentado na Tabela 8, seguindo o método proposto pela Organização Mundial de Saúde e descrevendo as probabilidades de cada ocorrência. É importante destacar que o grau de probabilidade "quase certa" foi considerado para um evento perigoso que possa ocorrer uma vez por semana. Não foi utilizada uma frequência maior (como por exemplo a ocorrência uma vez por dia), visto que estes eventos perigosos ocorrem, tipicamente, de forma singular e mais prolongada.

Da mesma forma, foi elaborada a escala de severidade das consequências dos respetivos eventos perigosos, como se mostra na Tabela 9.

Tabela 8 - Escala de probabilidade de ocorrência de um perigo ou evento perigoso.

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Pontuação
Rara	Não aconteceu no passado ou altamente improvável de acontecer.	1
Improvável	Teoricamente possível, podendo ocorrer 1 vez a cada 10 anos.	2
Moderadamente provável	Plausível, especialmente em determinadas estações do ano, podendo ocorrer 1 vez por ano.	3
Provável	Ocorreu no passado e é suscetível de se repetir 1 vez por mês.	4
Quase certa	Ocorreu várias vezes no passado e é expetável que se repita, podendo ocorrer 1 vez por semana.	5

Tabela 9 - Escala de severidade das consequências de um perigo ou evento perigoso.

Severidade das consequências	Descrição	Pontuação
Insignificante	Sem impacto na segurança ou nas características organoléticas da água.	1
Menor	Alterações organoléticas não evidentes. Não conformidade ocasional de parâmetros não correlacionáveis com efeitos na saúde a longo prazo.	2
Moderada	Alterações organoléticas evidentes. Não conformidade ocasional de parâmetros não correlacionáveis com efeitos na saúde a longo prazo.	3
Grave	Impacto regulatório. Potenciais efeitos sobre a saúde a longo prazo, tendo consequências moderadas que ocorrem ocasionalmente.	4
Catastrófica	Impacto na saúde pública. Evidência de efeitos na saúde.	5

Assim e com base nas escalas anteriores, elaborou-se a matriz de risco, que foi submetida a parecer da Autoridade de Saúde da Ilha das Flores, de forma a cumprir com o estipulado no nº 4 do artigo 14ºA (acerca da avaliação de risco), do Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de dezembro. Esta matriz de risco consiste numa tabela orientada pela probabilidade e pela severidade, que, calculando o produto de ambas as pontuações, fornece a classificação do risco. Esta é uma ferramenta vantajosa, uma vez que categoriza o risco de forma clara e precisa, como se pode verificar na Tabela 10, sendo que as cores representam o quão alta é a classificação do risco, a saber:

- verde – baixo;
- amarelo – moderado;
- laranja – alto;
- vermelho – extremo [3], [42].

Tabela 10 – Matriz de risco.

		Severidade das consequências				
		Insignificante	Menor	Moderada	Grave	Catastrófica
Probabilidade de ocorrência	Rara	1	2	3	4	5
	Improvável	2	4	6	8	10
	Moderadamente provável	3	6	9	12	15
	Provável	4	8	12	16	20
	Quase certa	5	10	15	20	25

4.4 Identificação de perigos

Conforme foi mencionado anteriormente, para elaborar o PSA é essencial identificar os perigos mais prováveis de ocorrerem em cada etapa de cada ZA.

4.4.1 Identificação de perigos na origem

Em Santa Cruz das Flores, as captações de água são, na sua maioria, afastadas das áreas residenciais, pelo que o evento mais provável de acontecer são as infiltrações causadas pelas atividades pecuárias.

No ano de 2019, foram realizadas análises completas a todas as captações, de acordo com o Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto, por forma a permitir o conhecimento da composição química nas origens da água para consumo humano do Município. Através dos resultados das análises referidas concluiu-se que os parâmetros mais suscetíveis de contaminação e que exigem um controlo mais rigoroso são os parâmetros microbiológicos e os pesticidas, em coerência com o que foi dito anteriormente, dado as localizações das respetivas captações e as áreas envolventes. No Anexo B encontram-se os boletins de análises de três das captações do município, a saber:

- Captação do Castelo – localizada em zona de mato e uma das mais importantes do município, uma vez que abastece várias zonas e o seu caudal de produção é bastante elevado;
- Captação da Mãe d'Água – localizada numa zona agrícola na freguesia de Ponta Delgada;
- Captação José Gregório – localizada na ZA dos Cedros, é a água mais ácida do município. Embora em 2019 tenha sido obtido um valor de pH conforme, esta água é tratada com brita calcária na ETA dos Cedros [31].

É de referir que não foram apresentados os boletins referentes a todas as captações porque tornaria o anexo muito extenso e concluiu-se que os resultados obtidos não diferem em muito conforme a captação, tendo apenas alguma influência se a mesma fica localizada em zona de mato ou em zona agrícola.

Na Tabela 11, abaixo, encontram-se especificados os eventos perigosos associados às origens de água identificados, bem como o tipo de contaminação que pode ocorrer.

Tabela 11 - Eventos perigosos associados à origem de água.

Componente do sistema	Evento perigoso	Tipo de contaminação mais provável
Bacia hidrográfica	Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	• Nitratos • Pesticidas
	Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	• Bactérias
	Ocorrências de constituintes em rochas naturais	• Parâmetros químicos
	Variações sazonais climáticas – cheias e secas	
	Desastres naturais	
Captação	Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	
	Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	

Componente do sistema	Evento perigoso	Tipo de contaminação mais provável
	Falhas estruturais	
	Florescência de cianobactérias	
	Variações sazonais climáticas – cheias e secas	
	Desastres naturais	

4.4.2 Perigos no armazenamento e no tratamento

Relativamente ao armazenamento de água para consumo humano, todas as ZA do sistema de abastecimento de Santa Cruz das Flores têm reservatório, onde é efetuado o tratamento da água com recurso a uma bomba doseadora de hipoclorito de sódio, com exceção da ZA do Monte, que não possui reservatório, por isso é utilizada uma caixa de perda de carga. No que concerne aos perigos passíveis de ocorrer no armazenamento de água, estes estão maioritariamente relacionados com a contaminação da água bruta ou com falhas estruturais.

Do mesmo modo, no tratamento de água podem ocorrer diversos perigos, desde falhas elétricas à formação de subprodutos da desinfeção, contudo o maior perigo relativamente ao tratamento da água está relacionado com a desinfeção deficiente quando ocorrem variações significativas no caudal de entrada dos reservatórios, uma vez que não existem sistemas de doseamento proporcional. É de realçar que estes sistemas permitem o doseamento de reagente em função da quantidade de água que entra no reservatório, medida através de um caudalímetro.

Na Tabela 12, abaixo, encontram-se especificados os eventos perigosos associados ao armazenamento de água nos reservatórios e ao tratamento de água que foram identificados, além do tipo de contaminação que pode ocorrer.

Tabela 12 - Eventos perigosos associados ao armazenamento e tratamento de água.

Componente do sistema	Evento perigoso	Tipo de contaminação mais provável
Reservatórios	Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	
	Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	• Bactérias • Outras substâncias químicas
	Desinfeção deficiente após operações de reparação	• Bactérias • Diminuição do cloro residual

Componente do sistema	Evento perigoso	Tipo de contaminação mais provável
	Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	• Bactérias
	Falhas estruturais	
	Curto circuito hidráulico	
Tratamento	Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	• Bactérias • Aumento do cloro residual
	Incapacidades no controlo de processos de tratamento	
	Deterioração do reagente utilizado no tratamento	• Trihalometanos
	Deficiência na dosagem de produtos químicos	• Bactérias • Aumento do cloro residual
	Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	• Bactérias • Aumento do cloro residual
	Falha elétrica	• Bactérias
	Formação de subprodutos da desinfeção	• Trihalometanos
	Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	
	Desastres naturais	

4.4.3 Perigos na distribuição

Como foi referido anteriormente, ao garantir a presença de desinfetante residual na rede, assegura-se a distribuição de uma água com qualidade, i.e. segura. Por conseguinte, reduz-se a possibilidade de surgirem bactérias na água ou biofilmes nas paredes das condutas.

Relativamente aos biofilmes, estes surgem no interior das condutas, uma vez que a água proveniente das captações contém microrganismos e os processos de tratamento podem não os remover totalmente, facilitando a proliferação dos mesmos ao longo da rede e formando estruturas de microrganismos [43].

Na Tabela 13 encontram-se indicados os eventos perigosos passíveis de ocorrerem durante a distribuição.

Tabela 13 - Eventos perigosos associados à distribuição de água.

Componente do sistema	Evento perigoso	Tipo de contaminação mais provável
Distribuição	Acesso indevido de animais	• Bactérias
	Utilização de materiais e revestimentos inadequados	
	Corrosão em reservatórios e redes de condutas	• Ferro • Outros metais
	Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	• Bactérias
	Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	• Bactérias
	Ruturas de condutas e fissuras	
	Variações de caudais ou pressões inadequadas	
	Valor de cloro residual inadequado	
	Formação de subprodutos da desinfeção	• Trihalometanos
	Ligações ilegais	
	Curto circuito hidráulico em zonas mortas	
	Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	
	Desastres naturais	

4.5 Avaliação de risco para cada zona de abastecimento

Analisando as diferentes zonas de abastecimento do município é percetível que estas não apresentam diferenças relevantes, os riscos passíveis de ocorrerem são semelhantes em todas as zonas, contudo a probabilidade dos mesmos será diferente de acordo com as particularidades de cada local.

Assim, os graus de severidade considerados para os perigos identificados para o sistema de abastecimento de Santa Cruz das Flores encontram-se descritos na Tabela 14.

Tabela 14 – Grau de severidade para cada perigo identificado para o SAA de Santa Cruz das Flores.

Perigo	Severidade
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Menor
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Menor
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Menor
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Moderada
Desastres naturais	Moderada
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Grave
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Menor
Falhas estruturais na captação	Moderada
Florescência de cianobactérias	Grave
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderada
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderada
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Grave
Falhas estruturais no reservatório	Grave
Curto circuito hidráulico	Insignificante
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Moderada
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Moderada
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Menor
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderada
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Menor
Falha elétrica	Menor
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Menor
Acesso indevido de animais	Menor
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Grave

Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Moderada
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Moderada
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Grave
Ruturas de condutas e fissuras	Moderada
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Menor
Valor de cloro residual inadequado	Moderada
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Moderada
Ligações ilegais	Menor

4.5.1 Zona de abastecimento da Boavista

A zona de abastecimento da Boavista localiza-se no lugar da Boavista, freguesia de Santa Cruz das Flores, a cerca de 1 km da vila. Este é um dos menores sistemas de abastecimento, sendo composto maioritariamente pelas habitações pertencentes à Rua da Boavista e abastecendo 21 pessoas. Nesta zona de abastecimento não existem serviços de comércio e indústria, pelo que o único consumo de água existente, além da população, são algumas cabeças de gado, presentes em terrenos agrícolas próximos às casas e ao reservatório, tendo sido registado um consumo médio de 38 m^3/dia no ano de 2020.

A zona de abastecimento da Boavista possui um reservatório, denominado por Reservatório da Boavista, construído na década de 2000, que possui 1 célula de 75 m^3 e as tubagens de entrada e saída são em PVC rígido. Neste reservatório é realizada a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal, alimentada por um painel fotovoltaico, e regulada manualmente.

No que concerne à origem da água, esta provém da captação subterrânea da Boavista e a toma de água é efetuada à superfície, sendo que esta localiza-se numa zona exclusivamente de terrenos agrícolas, utilizados para atividades de pecuária, e a zona de proteção imediata não se encontra vedada, como se mostra na Figura 14, o que é necessário ter em conta aquando da realização da avaliação de risco da presente zona.



Figura 14 - Captação da Boavista – a) exterior; b) interior da caixa de captação.

Na Tabela 15 encontram-se dispostas as probabilidades da ocorrência de cada evento perigoso nesta ZA, bem como o grau do risco associado.

Tabela 15 – Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Boavista.

Zona de Abastecimento	**BOAVISTA**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau do Risco**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Rara	Baixo
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Moderadamente provável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto

Zona de Abastecimento	BOAVISTA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau do Risco**
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Provável	Moderado
Falhas estruturais na captação	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Provável	Alto
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Provável	Moderado
Falha elétrica	Provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Provável	Moderado

Zona de Abastecimento	BOAVISTA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau do Risco**
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Moderadamente provável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Moderadamente provável	Alto
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.2 Zona de abastecimento da Caveira

A zona de abastecimento da Caveira localiza-se na freguesia da Caveira, concelho de Santa Cruz das Flores. Segundo os Censos de 2011, residem nesta freguesia 77 habitantes, contudo, em 2020, o Município estimou que esta ZA abastecia 72 pessoas, o que é justificável dado o decrescimento demográfico sentido na ilha e no arquipélago. Nesta zona de abastecimento não existem serviços de comércio e indústria, pelo que o único consumo de água existente, além da população, são cabeças de gado presentes em terrenos agrícolas, estimando-se a utilização por cerca de 250 cabeças de gado, o que perfaz um consumo de 119 m^3/dia. É de salientar que a entidade gestora instalou caudalímetros na saída de reservatórios no ano de 2020 e verificou-se que os consumos medidos foram muito superiores aos estimados, o que se pode justificar facilmente pelo facto de no município não ser cumprida a recomendação tarifária da ERSARA, sendo cobrado um valor de 3,5 € trimestralmente a cada consumidor de água.

A água utilizada nesta ZA provém do grupo de captações do Castelo, apresentadas na Figura 15 e ficam localizadas numa zona rochosa de difícil acesso, portanto, vedadas naturalmente.

Saliente-se que este grupo de captações é não só a origem de água da ZA da Caveira como uma das origens de parte das ZA do Município, dada a sua avultada produção de água.



Figura 15 - Grupo de captações do Castelo - a) interior de uma das caixas de junção; b) exterior da primeira caixa de captação.

A zona de abastecimento da Caveira possui um reservatório, construído em 1979, denominado por Reservatório da Caveira, que possui 1 célula de 25 m^3 e as tubagens de entrada e saída são em PVC rígido. Neste reservatório, é realizada a desinfeção da água com Hipoclorito de Sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal ligada à eletricidade e regulada manualmente.

Abaixo, na Tabela 16, é possível observar as probabilidades atribuídos a cada perigo elencado anteriormente, bem como o grau do risco associado.

Tabela 16 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Caveira.

Zona de Abastecimento	**CAVEIRA**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Moderadamente provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Improvável	Baixo

Zona de Abastecimento	CAVEIRA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Improvável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Improvável	Baixo
Falhas estruturais na captação	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Moderadamente provável	Alto
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Provável	Moderado

Zona de Abastecimento	CAVEIRA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Falha elétrica	Provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Moderadamente provável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Moderadamente provável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Alto
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Improvável	Baixo
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.3 Zona de abastecimento dos Cedros

A zona de abastecimento dos Cedros localiza-se no lugar dos Cedros, freguesia dos Cedros das Flores e é responsável por abastecer 80 pessoas.

Não existem indústrias ou estabelecimentos comerciais nesta zona de abastecimento, pelo que o consumo de água mais representativo é proveniente do consumo humano e das atividades agrícolas, estimando-se que existam 250 cabeças de gado, o que perfaz um consumo médio de 31 m^3 por dia.

A zona de abastecimento dos Cedros possui um reservatório, denominado por Reservatório dos Cedros, edificado na década de 1980 e renovado na década de 2010. Este possui 1 célula de 25 m^3 e tubagens de entrada e saída em PVC rígido, sendo realizada a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal regulada manualmente.

Relativamente às origens de água, esta ZA é abastecida por duas captações subterrâneas, denominadas de Cedros e de José Gregório, ambas localizadas em zonas agrícolas, sendo que a primeira já possui a zona de proteção imediata vedada. Na Figura 16 encontra-se uma fotografia do local da captação de José Gregório (é de referir que o tubo preto presente na figura representa a entrada de água da outra captação na ETA, sendo o ponto de captação da nascente de José Gregório localizada por baixo das pedras apresentadas na figura).



Figura 16 – Captação de José Gregório.

É de salientar que a única ETA do Município localiza-se nesta zona de abastecimento, efetuando uma correção de pH através da percolação da água num leito de brita calcária, uma vez que as captações localizadas nesta ZA apresentam um pH ácido, tendo sido recomendada pelas entidades competentes a construção da mesma, aproximadamente no ano de 1980.

Assim, as probabilidades dos perigos analisados e o respetivo grau de risco encontram-se na Tabela 17, abaixo.

Tabela 17 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento dos Cedros.

Zona de Abastecimento	**CEDROS**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Rara	Baixo
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Moderadamente provável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Provável	Moderado
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Quase certa	Alto

Zona de Abastecimento	CEDROS	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Moderadamente provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Moderadamente provável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto

Zona de Abastecimento	CEDROS	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.4 Zona de abastecimento da Fazenda – Beija Mão

A zona de abastecimento da Fazenda – Beija Mão localiza-se no lugar da Fazenda, freguesia de Santa Cruz das Flores, a cerca de 3 km da vila e abastece 87 pessoas. Nesta zona de abastecimento, não existe qualquer tipo de serviço de comércio ou indústria, pelo que além do consumo humano, apenas é representativo o consumo por parte de algumas cabeças de gado, presentes em terrenos agrícolas próximos às casas, observando-se um consumo médio de 22 m^3/dia.

A zona de abastecimento da Fazenda – Beija Mão é abastecida maioritariamente com água proveniente do Reservatório do Sanguinhal, no entanto, existe também uma captação subterrânea que abastece a zona, denominada de Beija Mão, localizada numa zona mista, i.e. numa zona parte agrícola e parte de mato. Esta zona possui um reservatório, denominado por Reservatório da Fazenda Beija Mão, construído em 1949, com 1 célula de 25 m^3 e tubagens em PVC rígido. É neste reservatório que é realizada a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal.

Na Tabela 18 encontram-se dispostas as probabilidades da ocorrência de cada evento perigoso nesta ZA, bem como o grau do risco associado.

Tabela 18 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Fazenda – Beija Mão.

Zona de Abastecimento	FAZENDA - BEIJA MÃO	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Rara	Baixo

Zona de Abastecimento	FAZENDA - BEIJA MÃO	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Moderadamente provável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Provável	Moderado
Falhas estruturais na captação	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Provável	Alto
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto

Zona de Abastecimento	FAZENDA - BEIJA MÃO	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Moderadamente provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.5 Zona de abastecimento da Fazenda – Sanguinhal

A zona de abastecimento da Fazenda - Sanguinhal localiza-se junto da ZA descrita no ponto 4.5.4, também no lugar da Fazenda, freguesia de Santa Cruz das Flores. Estima-se que esta zona abasteça 47 pessoas, sendo que apenas existe uma queijaria tradicional que representa um consumo de água mais significativo. Além disso, algumas cabeças de gado, presentes em

terrenos agrícolas próximos às casas e ao reservatório utilizam esta água, o que perfaz um consumo de 39 m^3/dia.

A zona de abastecimento da Fazenda - Sanguinhal é abastecida com água proveniente de três grupos de captações: Sanguinhal, Grota do Sanguinhal e Rocinhas e possui um reservatório, denominado por Reservatório da Fazenda Sanguinhal, servindo a população desde 1980. Este reservatório possui 1 célula de 25 m^3, tubagens em PVC rígido e onde é realizada a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora.

Relativamente às captações subterrâneas de água, as captações Sanguinhal e Grota do Sanguinhal ficam localizadas em zonas de agricultura, como se demonstra na Figura 17, enquanto que o grupo de captações das Rocinhas ficam localizas numa zona em que parte é zona de mato e parte é agrícola.



Figura 17 – Captações da ZA da Fazenda – Sanguinhal – a) Sanguinhal; b) Grota do Sanguinhal; c) Rocinhas.

Abaixo, na Tabela 19, é possível observar as probabilidades atribuídos a cada perigo elencado anteriormente, bem como o grau do risco associado.

Tabela 19 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Fazenda – Sanguinhal.

Zona de Abastecimento	**FAZENDA - SANGUINHAL**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Rara	Baixo
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Moderadamente provável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Provável	Moderado
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Provável	Alto

Zona de Abastecimento	FAZENDA - SANGUINHAL	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Moderadamente provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.6 Zona de abastecimento do Monte

A zona de abastecimento do Monte localiza-se na zona do Monte, freguesia de Santa Cruz das Flores, a cerca de 2,5 km da vila e abastece cerca de 204 pessoas. Nesta zona de abastecimento, não existe qualquer tipo de serviço de comércio ou indústria, pelo que além do consumo humano, apenas é representativo o consumo por parte de animais bovinos, perfazendo um consumo de 83 m^3/dia.

A zona de abastecimento do Monte é abastecida maioritariamente com água proveniente do Reservatório da Matosa. É de salientar que o reservatório da Matosa não abastece diretamente nenhuma ZA, no entanto, tem um papel fulcral na reserva de água para várias zonas do Município. Este foi construído em 2012 com o intuito de receber água proveniente do grupo de nascentes do Castelo e das captações subterrâneas do Orlando e da Ribeira da Cruz, dado que o caudal de água verificado na produção destas captações é muito superior ao caudal utilizado pela população.

Além desta origem de água, existem também duas captações subterrâneas que abastecem a zona, denominadas de Casa da Manteiga e Fonte do Vime. Contudo, esta ZA não possui reservatório, pelo que a desinfeção da água (bomba doseadora de caudal, regulada manualmente) é efetuada numa caixa de perda de carga. Esta caixa tem um volume de cerca de 1 m^3 e as tubagens de entrada e saída são em PVC rígido.

A captação da Casa da Manteiga fica localizada numa zona agrícola, apresentando-se na Figura 18 uma fotografia da caixa de captação.



Figura 18 – Captação da Casa da Manteiga.

Através das análises realizadas em novembro de 2019 e mencionadas anteriormente, os parâmetros mais suscetíveis de ocorrer contaminação são os parâmetros microbiológicos e os pesticidas, contudo na captação Casa da Manteiga verificou-se a ocorrência de uma maior quantidade de alumínio, quando comparada com as restantes captações do município (no entanto, dentro dos valores paramétricos legislados).

Na Tabela 20 encontram-se dispostas as probabilidades da ocorrência de cada evento perigoso nesta ZA, bem como o grau do risco associado.

Tabela 20 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento do Monte.

Zona de Abastecimento	**MONTE**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Improvável	Baixo

Zona de Abastecimento	MONTE	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Improvável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Provável	Moderado
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais na caixa de perda de carga	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado

Zona de Abastecimento	MONTE	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Falha elétrica	Moderadamente provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado na rede	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.7 Zona de abastecimento de Ponta Delgada – Levada

A zona de abastecimento de Ponta Delgada - Levada localiza-se na freguesia de Ponta Delgada das Flores, abrangendo cerca de quatro ruas, pelo que abastece cerca de 37 pessoas. Nesta zona de abastecimento não existem serviços de comércio ou indústria, pelo que o consumo mais significante, além da população, são animais bovinos.

A zona de abastecimento de Ponta Delgada – Levada possui um reservatório, designado de Reservatório da Levada, que entrou em funcionamento em 1999 e possui 2 células de 150 m^3

cada e tubagens de PVC rígido. Neste reservatório é realizada a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal, regulada manualmente e alimentada através de um painel fotovoltaico.

No que concerne à origem, a água presente nesta ZA provém de três nascentes: Mãe d'Água, José André e Herdeiros de Joaquim Ventura, sendo a primeira localizada numa zona exclusivamente agrícola, não estando vedada, enquanto que as restantes duas captações estão localizadas numa zona de mato, pelo que a zona de proteção imediata encontra-se vedada naturalmente.

Assim, as probabilidades dos perigos analisados e o respetivo grau de risco estão elencadas na Tabela 21, abaixo.

Tabela 21 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Ponta Delgada - Levada.

Zona de Abastecimento	**PONTA DELGADA - LEVADA**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Improvável	Baixo
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Provável	Alto
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Provável	Moderado
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado

Zona de Abastecimento	PONTA DELGADA - LEVADA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Provável	Alto
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Provável	Moderado
Falha elétrica	Provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Moderadamente provável	Alto

Zona de Abastecimento	PONTA DELGADA - LEVADA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.8 Zona de abastecimento de Ponta Delgada - Outeiro

A zona de abastecimento de Ponta Delgada - Outeiro fica localizada junto da ZA mencionada no ponto anterior, ou seja, localiza-se na freguesia de Ponta Delgada das Flores e inclui as restantes ruas da freguesia, estima-se que esta zona sirva cerca de 230 pessoas. Nesta zona, existem pequenos serviços de comércio mas não representam um consumo de água excecional, pelo que o consumo mais significante, além da população, são alguns animais bovinos. Contudo não existem dados da entidade gestora acerca do consumo diário nesta zona de abastecimento.

Esta zona possui um reservatório, edificado em 1964, que possui 2 células de 25 m^3 cada, as tubagens são em PVC rígido, este é o reservatório do município com uma maior necessidade de manutenção, estando a mesma prevista para o presente ano. Neste reservatório é realizada a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal regulada manualmente.

A água que abastece esta zona provém de todas as nascentes da freguesia, uma vez que o Reservatório do Outeiro recebe a água proveniente do sobejo do Reservatório da Levada, bem como da captação do Outeiro e dos grupos de captações da Caldeira e do Sítio das Pedras Brancas, todas localizadas em zonas agrícolas. A última já se encontra vedada, no que concerne à zona de proteção imediata.

Relativamente aos riscos identificados, os mesmos estão apresentados na Tabela 22, bem como as probabilidades da ocorrência de cada evento perigoso nesta ZA e os graus associados.

Tabela 22 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Ponta Delgada – Outeiro.

Zona de Abastecimento	**PONTA DELGADA - OUTEIRO**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Improvável	Baixo
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Provável	Alto
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Provável	Moderado
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Moderadamente provável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto

Zona de Abastecimento	PONTA DELGADA - OUTEIRO	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Moderadamente provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Moderadamente provável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.9 Zona de abastecimento da Ponta Ruiva

A zona de abastecimento da Ponta Ruiva localiza-se no lugar da Ponta Ruiva, freguesia dos Cedros das Flores e é responsável por abastecer 36 habitantes.

Não existem indústrias ou estabelecimentos comerciais nesta zona de abastecimento, apenas um museu e uma loja de artesanato, pelo que não apresentam um consumo de água significativo. O consumo humano e das atividades agrícolas são os mais representativos nesta ZA.

A zona de abastecimento da Ponta Ruiva possui um reservatório construído em 2017 e denominado por Reservatório da Ponta Ruiva. Este possui 1 célula de 100 m^3 e tubagens em PVC rígido, a desinfeção da água nesta zona é realizada numa caixa de junção a montante do Reservatório, com hipoclorito de sódio e com recurso a uma bomba doseadora de caudal, regulada manualmente e alimentada através de um painel fotovoltaico.

Relativamente à origem da água, esta ZA é abastecida em exclusivo pela captação da Ponta Ruiva que se localiza numa zona de mato, pelo que se encontra vedada naturalmente.

Na Tabela 23 encontram-se dispostas as probabilidades da ocorrência de cada evento perigoso nesta ZA, bem como o grau do risco associado.

Tabela 23 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Ponta Ruiva.

Zona de Abastecimento	**PONTA RUIVA**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Moderadamente provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Moderadamente provável	Moderado
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Provável	Alto
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Improvável	Baixo

Zona de Abastecimento	PONTA RUIVA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Falhas estruturais na captação	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Improvável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Provável	Alto
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado

Zona de Abastecimento	PONTA RUIVA	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.10 Zona de abastecimento da Ribeira dos Barqueiros

A zona de abastecimento da Ribeira dos Barqueiros localiza-se no local da Ribeira dos Barqueiros, freguesia de Santa Cruz das Flores, a cerca de 2 km da vila, abastecendo um total de 226 pessoas. Nesta ZA não existe qualquer tipo de serviço de comércio ou indústria, para além do consumo humano apenas é representativo o consumo por parte de algumas cabeças de gado, existindo um consumo médio de 130 m^3/dia.

A ZA da Ribeira dos Barqueiros é abastecida maioritariamente com água proveniente do Reservatório da Matosa (já mencionado anteriormente – reservatório de água bruta que recebe água proveniente das nascentes do Castelo, do Orlando e da Ribeira da Cruz), existe também duas captações subterrâneas que abastecem a zona, denominadas de Ribeira dos Barqueiros e da Laranjeira, a primeira localizada em zona agrícola, ao contrário da segunda que fica situada numa zona maioritariamente de mato.

Esta zona possui um reservatório – Reservatório da Ribeira dos Barqueiros, datado da década de 1970 - que possui 1 célula de 25 m^3 e tubagens em PVC rígido, onde é feita a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal e regulada manualmente.

Na Tabela 24, é possível observar as probabilidades atribuídos a cada perigo elencado anteriormente, bem como o grau do risco associado.

Tabela 24 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento da Ribeira dos Barqueiros.

Zona de Abastecimento	**RIBEIRA DOS BARQUEIROS**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Moderadamente provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Provável	Moderado
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Moderadamente provável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Moderadamente provável	Moderado
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Improvável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo

Zona de Abastecimento	RIBEIRA DOS BARQUEIROS	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Moderadamente provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto

Zona de Abastecimento	RIBEIRA DOS BARQUEIROS	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.11 Zona de abastecimento de Santa Cruz

A zona de abastecimento da Santa Cruz localiza-se na zona central (vila) de Santa Cruz, abastecendo a maioria dos serviços públicos e privados do setor terciário do Município, tornando-a na maior zona de abastecimento do município, uma vez que fornece água a cerca de 781 pessoas. Esta zona não possui captações próprias, sendo abastecida por água proveniente do Reservatório da Matosa (assim como as ZA do Monte e da Ribeira dos Barqueiros), bem como do excedente do Reservatório dos Vales. A água que abastece esta ZA é armazenada no Reservatório da Cruz, datado de 1991 e onde ocorre recloragem, com hipoclorito de sódio adicionado através de uma bomba doseadora de caudal e regulada manualmente.

Assim, os riscos associados à captação nesta zona de abastecimento são iguais à probabilidade e severidade superior das zonas de abastecimento da Ribeira dos Barqueiros e dos Vales, como se mostra na Tabela 25.

Tabela 25 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento de Santa Cruz.

Zona de Abastecimento	SANTA CRUZ	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Moderadamente provável	Moderado
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Moderadamente provável	Moderado
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Provável	Alto
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado

Zona de Abastecimento	SANTA CRUZ	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Moderadamente provável	Alto
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Improvável	Baixo
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Improvável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Provável	Alto
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo

Zona de Abastecimento	SANTA CRUZ	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Acesso indevido de animais	Moderadamente provável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Provável	Alto
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

4.5.12 Zona de abastecimento dos Vales

A zona de abastecimento dos Vales localiza-se no lugar dos Vales, freguesia de Santa Cruz das Flores, a cerca de 1 km da vila, pelo que abastece cerca de 38 habitantes, sendo importante a influência do setor industrial nesta zona. Além de se encontrar lá instalada uma Oficina do setor das Obras Públicas do Governo Regional dos Açores e o Centro de Inspeção Automóvel, destaca-se ainda a presença do Matadouro da Ilha das Flores que consome num dia de abate cerca de 400 m^3 de água e da Fábrica de Laticínios, da Cooperativa Ocidental, pelo que esta zona tem um consumo diário médio de 126 m^3/dia de água.

A ZA dos Vales é abastecida com água proveniente de duas captações subterrâneas: Castanheiro e Caldeirões, apresentadas na Figura 19, ambas localizadas em zonas de mato de difícil acesso,

pelo que as zonas de proteção imediata de ambas as captações encontram-se aplicadas naturalmente.



Figura 19 – Captações da ZA dos Vales – a) Castanheiro; b) Caldeirões.

Nesta ZA existe um reservatório, denominado por Reservatório dos Vales, contruído em 2010 e que possui 2 células de 125 m^3 e tubagens de entrada e saída em PVC rígido, contudo, na câmara de manobras, as tubagens são em aço inox. Neste reservatório é realizada a desinfeção da água com hipoclorito de sódio, com recurso a uma bomba doseadora de caudal, regulada manualmente.

Na Tabela 26 encontram-se dispostas as probabilidades da ocorrência de cada evento perigoso nesta ZA, bem como o grau do risco associado.

Tabela 26 - Grau dos riscos associados à zona de abastecimento dos Vales.

Zona de Abastecimento	**VALES**	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos	Rara	Baixo
Matéria fecal proveniente das atividades pecuárias	Improvável	Baixo

Zona de Abastecimento	VALES	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Ocorrências de constituintes em rochas naturais	Moderadamente provável	Moderado
Variações sazonais climáticas – cheias e secas	Moderadamente provável	Moderado
Desastres naturais	Moderadamente provável	Moderado
Acesso humano – ações de vandalismo e sabotagem	Improvável	Moderado
Proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente)	Improvável	Baixo
Falhas estruturais nas captações	Moderadamente provável	Moderado
Florescência de cianobactérias	Rara	Baixo
Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios	Moderadamente provável	Moderado
Desinfeção deficiente após operações de reparação	Moderadamente provável	Moderado
Deterioração da qualidade da água nos reservatórios	Improvável	Alto
Falhas estruturais no reservatório	Improvável	Moderado
Curto circuito hidráulico	Moderadamente provável	Baixo
Variações significativas de caudal no sistema de tratamento	Provável	Alto
Incapacidades no controlo de processos de tratamento	Provável	Alto
Deterioração do reagente utilizado no tratamento	Moderadamente provável	Moderado

Zona de Abastecimento	VALES	
Risco	**Probabilidade**	**Grau**
Deficiência na dosagem de produtos químicos	Moderadamente provável	Alto
Mau funcionamento da bomba doseadora de cloro ou de outro equipamento	Moderadamente provável	Moderado
Falha elétrica	Provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção no reservatório	Improvável	Baixo
Acesso indevido de animais	Improvável	Moderado
Utilização de materiais e revestimentos inadequados	Improvável	Moderado
Corrosão em reservatórios e redes de condutas	Improvável	Moderado
Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	Improvável	Moderado
Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	Improvável	Moderado
Ruturas de condutas e fissuras	Moderadamente provável	Alto
Variações de caudais ou pressões inadequadas	Moderadamente provável	Moderado
Valor de cloro residual inadequado	Moderadamente provável	Moderado
Formação de subprodutos da desinfeção na rede	Improvável	Alto
Ligações ilegais	Moderadamente provável	Moderado

5 Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo fundamental a elaboração da avaliação de risco do Sistema de Abastecimento de Água de Santa Cruz das Flores, tendo sido identificados os perigos passíveis de ocorrerem no sistema de abastecimento. Estes perigos não foram atribuídos a algumas zonas de abastecimento em particular, uma vez que foi entendido que os perigos podem ocorrer em qualquer uma das zonas de abastecimento, apresentando uma probabilidade diferente de ocorrer conforme as respetivas especificidades.

Dos perigos identificados, destacam-se os perigos biológicos, devido à proximidade das captações a zonas agrícolas e ao facto das zonas de proteção imediata das captações não se encontrarem aplicadas (i.e., vedadas), são eles: matéria fecal proveniente das atividades pecuárias, proteção inadequada da captação (não selada ou selada inadequadamente) e acesso indevido de animais. Além destes perigos, salientam-se as oscilações sazonais climáticas que originam cheias e secas, resultando em variações significativas de caudal no sistema de tratamento e a incapacidades no controlo dos processos de tratamento. Apesar da ilha das Flores ser abundante em água, o consumo é também muito acima da capitação nacional. No período de menos chuva (normalmente no verão), algumas captações têm um caudal de produção mais baixo, exigindo um controlo mais apertado do volume de água presente no reservatório e do volume de desinfetante colocado, de modo a não alterar consideravelmente o valor de cloro residual presente na água. Para além disso, três dos reservatórios do município possuem eletricidade com recurso a painéis fotovoltaicos, havendo o perigo de ocorrer uma falha elétrica, dadas as condições atmosféricas da ilha.

Relativamente à severidade, concluiu-se que os perigos passíveis de provocarem uma ocorrência grave são: acesso humano, através de ações de vandalismo e sabotagem, florescência de cianobactérias, deterioração da qualidade da água nos reservatórios, falhas estruturais, utilização de materiais e revestimentos inadequados e crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos. Estes perigos têm em comum o facto de deteriorar a qualidade da água de forma mais rápida ou mais perigosa para a saúde humana.

Em suma, após a elaboração da matriz de risco, constatou-se que a maioria dos perigos identificados representam um risco de grau moderado ou alto.

6 Avaliação do trabalho realizado

6.1 Objetivos Realizados

Neste trabalho, foi proposta a elaboração da avaliação de risco do SAA de Santa Cruz das Flores, composto por doze zonas de abastecimento. Para isso foi necessário conhecer as captações e os reservatórios, bem como outras infraestruturas relevantes na rede. Com essa informação foram identificados os perigos passíveis de ocorrerem e a severidade da sua ocorrência e foram definidas as probabilidades de cada perigo ocorrer em cada zona de abastecimento.

Assim, é possível afirmar que os objetivos da presente dissertação foram cumpridos, encontrando-se completa uma das etapas essenciais para a elaboração do PSA do município de Santa Cruz das Flores.

6.2 Outros Trabalhos Realizados

Um dos trabalhos extra realizado nos meses de outubro e novembro foram as limpezas e higienizações dos reservatórios de água. Esta ação deve ser realizada anualmente e tem como intuito não só a limpeza profunda do reservatório, mas também a sua desinfeção. Além de manter e melhorar a qualidade da água para consumo humano do SAA, estas intervenções têm a vantagem de permitir um melhor conhecimento das infraestruturas e das deficiências que estas apresentam.

É de salientar que ao efetuar a limpeza e higienização de cada reservatório foi preenchida uma *checklist* com os procedimentos elaborados, bem como as falhas detetadas e as peças que necessitariam de reparação ou substituição, contribuindo para a identificação dos perigos no armazenamento da água para consumo humano.

Outro trabalho realizado, embora não no decorrer da presente dissertação, e que foi essencial para a prossecução da avaliação de risco, foram as análises completas às captações de água do município, durante o ano de 2019.

6.3 Limitações e Trabalho Futuro

Uma das limitações encontradas ao longo deste trabalho foi o facto de, até 2018, apenas estarem registadas no município de Santa Cruz das Flores cinco zonas de abastecimento, causando uma falta de histórico em algumas zonas de abastecimento, nomeadamente a falta de análises de alguns valores paramétricos mais relevantes.

Outra limitação existente na análise de um perigo no sistema de abastecimento de água para consumo humano do município é o facto das amostras de água para análise serem transportadas,

por via aérea, para a ilha de São Miguel, onde se encontram os laboratórios certificados para o efeito. Como tal, ao detetar a ocorrência de um incumprimento a um valor paramétrico, tipicamente no decorrer de análises do PCQA ou de monitorização operacional, é necessário efetuar a verificação do mesmo, contudo esta verificação pode demorar alguns dias (até cerca de 10 dias), devido à necessidade do envio das amostras para o laboratório de análises e deste envio estar dependente das condições atmosféricas.

Relativamente ao trabalho futuro, pretende-se finalizar o PSA do município de Santa Cruz das Flores, dentro do prazo legislado, bem como manter as substituições e reparações necessárias, por forma a efetuar melhorias neste setor. Ao longo do tempo têm sido verificadas melhorias no SAA, nomeadamente nas infraestruturas de armazenamento da água, tais como a colocação de redes em falta em algumas janelas ou a aquisição de bombas doseadoras de cloro.

Foram recentemente adquiridos cinco sistemas de doseamento proporcional, compostos por uma bomba doseadora de caudal ligada a um caudalímetro na entrada de água do reservatório. A instalação destes sistemas permitirá dosear o hipoclorito de sódio conforme a quantidade de água que entra no reservatório, diminuindo o gasto de produto utilizado. Assim, a instalação e colocação dos sistemas em funcionamento será um trabalho a realizar futuramente.

Além disso, num futuro próximo, é pretendido adquirir um painel solar fotovoltaico adicional para o Reservatório da Levada, de modo a reforçar a eletricidade deste reservatório e a permitir um melhor funcionamento da bomba doseadora de cloro.

Referências

[1] Organização das Nações Unidas, “O Direito Humano à água e saneamento,” 2010. .

[2] Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei nº306/2007, de 27 de agosto,” 2007.

[3] Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de dezembro,” 2017.

[4] Instituto Nacional de Estatística, “Censos 2011 - Resultados Definitivos,” 2011.

[5] Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores, “Câmara Municipal de Santa Cruz das Flores,” 2018. [Online]. Disponível em: www.cmscflores.pt. [Acedido em: 22-jan-2021].

[6] EPAL, “Plano de Segurança da Água,” 2020. [Online]. Disponível em: https://www.epal.pt/EPAL/menu/água/plano-de-segurança-da-água. [Acedido em: 14-nov-2020].

[7] R. C. Pereira, “Contribuição para a aplicação de um Plano de Segurança de Água ao Sistema de Abastecimento do Concelho de Angra do Heroísmo,” 2013.

[8] J. M. P. Vieira, "Água e Saúde Pública," 1ª. Lisboa: Edições Sílabo, 2018.

[9] J. H. Pato, "História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal," Lisboa, 2011.

[10] República Portuguesa, “Lei nº 75/2013,” *Diário da República*, vol. 176, pp. 5688–5724, 2013.

[11] Organização das Nações Unidas, “Declaração Universal dos Direitos da Água,” 1992.

[12] Organização das Nações Unidas, “Human right to water,” 2010.

[13] M. S. Babel, V. R. Shinde, D. Sharma, e N. M. Dang, “Measuring water security: A vital step for climate change adaptation,” *Environ. Res.*, vol. 185, pp. 109400, 2020.

[14] A. Gómez-Gutiérrez, M. J. Miralles, I. Corbella, S. García, S. Navarro, e X. Llebaria, “La calidad sanitaria del agua de consumo,” *Gaceta Sanitaria*, vol. 30. pp. 63–68, 2016.

[15] T. Martins, “Dissertação - Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada,” Bragança, 2014.

[16] J. Marques e J. Sousa, "Hidráulica Urbana - Sistemas de Abastecimento de Águas e de Drenagem de Águas Residuais," 3ª edição, Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011.

[17] National Geographic Blog, “The urban water cycle sustaining our modern cities,” 2014. [Online]. Disponível em: https://blog.nationalgeographic.org/2014/03/19/the-urban-

water-cycle-sustaining-our-modern-cities/. [Acedido em: 04-jan-2020].

[18] C. Pinto, "Dissertação - Segurança antiterrorismo em infraestruturas de distribuição de água," Porto.

[19] C. Cook e K. Bakker, "Water security : Debating an emerging paradigm," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 22, no. 1, pp. 94–102, 2012.

[20] T. Bereskie, "Drinking Water Management and Governance in Canada : An Innovative Plan-Do-Check-Act (PDCA) Framework for a Safe Drinking Water Supply," *Environ. Manage.*, 2017.

[21] J. M. P. Vieira e C. Morais, "Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento," 2005.

[22] EPAL, "Plano de Segurança da Água." [Online]. Disponível em: https://www.epal.pt/EPAL/menu/água/plano-de-segurança-da-água. [Acedido em: 05-jan-2021].

[23] Instituto Português da Qualidade, "Norma Portuguesa ISO 14001:2015 - Sistemas de Gestão Ambiental," 2015.

[24] R. Dagnino e S. Junior, "Risco ambiental: conceitos e aplicações," *Climatol. e Estud. da Paisag.*, vol. 2, pp. 50–87, 2007.

[25] República Portuguesa, "Lei nº 102/2009," *Diário da República*, vol. 176, pp. 6167–6192, 2009.

[26] Instituto Português da Qualidade, "Norma Portuguesa ISO 31000:2012 - Gestão do risco," 2012.

[27] Organização Mundial de Saúde, "Water Safety Plan Manual," 2009.

[28] Organização Mundial de Saúde, "Water safety plans," 2000.

[29] Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, "Ft-Mb-01 - Número De Colónias a 37ºC E 22ºC," pp. 22–23, 2012.

[30] H. Alegre e D. Covas, "Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água Uma abordagem centrada na reabilitação," ERSAR, 2010.

[31] República Portuguesa, "Decreto-Lei nº236/98, de 1 de agosto," *Diário da República*, vol. 176, pp. 3676–3722, 1998.

[32] American Water Works Association, *Water Treatment*, 3ª edição, 2003.

[33] M. J. Rosa, P. Vieira e J. Menaia, "O tratamento de água para consumo humano face à qualidade da água de origem," ERSAR, 2009.

[34] C. Rodrigo, J. L. Lopes, M. Saúde, R. Mendes e R. Casimiro, "Controlo operacional em Sistemas Públicos de Abastecimento de Água", ERSAR, 2007.

[35] Sigapore's National Water Agency, "Water Treatment", 2020. [Online]. Disponível em: https://www.pub.gov.sg/watersupply/watertreatment. [Acedido em: 03-fev-2021]

[36] Comissão Setorial para a Água, "Identificação de perigos e eventos perigosos em redes prediais de água para consumo humano," Instituto Português da Qualidade, 2019.

[37] N. Graveline, L. Maton, H. Luckge, J. Rouillard, P. Strosser, K. Palkaniete, J. Rinaudo, D. Taverne, E. Interwies, "An operational perspective on potential uses and constraints of emerging tools for monitoring water quality," vol. 29, no. 5, 2010.

[38] Visitar Portugal, "Santa Cruz das Flores," 2018. [Online]. Disponível em: https://www.visitarportugal.pt/distritos/ra-acores/c-santa-cruz-flores?t=informacoes. [Acedido em: 13-jan-2021].

[39] Climate Data, "Santa Cruz das Flores." [Online]. Disponível em: https://pt.climate-data.org/europa/portugal/azores/santa-cruz-das-flores-6964/. [Acedido em: 24-jan-2020].

[40] República Portuguesa, "Decreto-Lei nº 382/99, de 22 de setembro," *Diário da República*, vol. 222, pp. 6623–6627, 1999.

[41] República Portuguesa, "Decreto Lesgilativo Regional nº 10/2016/A, de 16 de junho," *Diário da República*, vol. 114, pp. 1877–1881, 2016.

[42] B. Napoleão, "Matriz de Riscos (Matriz de Probabilidade e Impacto)," *Ferramentas da Qualidade*. [Online]. Disponível em: https://ferramentasdaqualidade.org/matriz-de-riscos-matriz-de-probabilidade-e-impacto/. [Acedido em: 14-jan-2021].

[43] H. Sun, B. Shi, Y. Bai, e D. Wang, "Bacterial community of biofilms developed under different water supply conditions in a distribution system," *Sci. Total Environ.*, vol. 472, pp. 99–107, 2014.

Anexo A Reservatórios de água para consumo humano

No presente anexo encontram-se fotografias dos reservatórios de água para consumo humano do município de Santa Cruz das Flores, sendo que o Reservatório da Matosa armazena água bruta, enquanto que os restantes armazenam água tratada. Além disso, são também apresentadas fotografias da caixa de perda de carga onde é realizada a desinfeção na ZA do Monte.

Através das figuras abaixo é percetível que alguns dos reservatórios têm infraestruturas mais antigas e, por isso, apresentam maiores perigos de danos estruturais.



Figura A. 1 – Fotografias do Reservatório da Boavista – ZA da Boavista.



Figura A. 2 - Fotografias do Reservatório da Caveira – ZA da Caveira.



Figura A. 3 - Fotografias do Reservatório dos Cedros – ZA dos Cedros.



Figura A. 4 – Fotografia da ETA dos Cedros – ZA dos Cedros.



Figura A. 5 - Fotografias do Reservatório da Beija Mão – ZA da Fazenda – Beija Mão.



Figura A. 6 - Fotografias do Reservatório do Sanguinhal – ZA da Fazenda – Sanguinhal.



Figura A. 7 - Fotografias da Caixa de Perda de Carga, onde é efetuada a desinfeção da água da ZA do Monte.



Figura A. 8 - Fotografias do Reservatório da Levada – ZA de Ponta Delgada – Levada.



Figura A. 9 - Fotografias do Reservatório do Outeiro – ZA de Ponta Delgada – Outeiro.



Figura A. 10 - Fotografias do Reservatório da Ponta Ruiva – ZA da Ponta Ruiva.



Figura A. 11 - Fotografias do Reservatório da Ribeira dos Barqueiros – ZA da Ribeira dos Barqueiros.



Figura A. 12 - Fotografias do Reservatório Novo da Cruz – ZA de Santa Cruz.



Figura A. 13 – Fotografias do Reservatório dos Vales - ZA dos Vales.



Figura A. 14 – Fotografias do Reservatório de água bruta da Matosa.

Anexo B Análises realizadas às captações de água

Neste anexo encontram-se os boletins de análises realizadas a três das captações de água do município. Os boletins das captações do Castelo e da Mãe d'Água exemplificam os valores registados em captações localizadas em zonas de mato e zonas agrícolas, respetivamente. Por outro lado, a captação de José Gregório apresenta o pH mais baixo do município (embora dentro do valor paramétrico legislado).

INOVA
INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES
Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação
L0203
ISO/IEC 17025
Ensaios

Município de Santa Cruz das Flores
Rua Senador André de Freitas Nº.13

9970-337 Santa Cruz Flores

Relatório de Ensaios N.º 21306/2019

Versão 1.0 — Pág 1 de 3

Boletim Definitivo

Tipo de amostra: Água natural doce subterrânea

Colheita efetuada pelo: Cliente (##)
Descrição da Amostra: Água natural doce subterrânea - Captação Castelo.

Data de Recolha: 12-11-2019

Data de Recepção: 14-11-2019
Início da Análise: 12-11-2019
Fim da Análise: 23-12-2019
Emissão do Relatório: 23-12-2019

Ensaio/Método	Resultado	Valor Limite
Parâmetros de Campo		
Temperatura (◊) *	16,0 ºC	---
Termometria		
Parâmetros Microbiológicos		
Salmonela	Não detetada /5 L	---
ISO 19250:2010		
Coliformes (totais)	36 NMP/100 mL	---
ISO 9308-2:2012		
Coliformes fecais *	<1 (LQ) NMP/100 mL	---
ISO 9308-2:2012		
Enterococos	<1 (LQ) NMP/100 mL	---
ASTM D6503 - 19		
Parâmetros Físico-Químicos		
pH	7,8 (18 ºC) Unidade pH	---
PT 108 (1) 2019-02 - Potenciometria		
Cor (após filtração simples)	<2,5 (LQ) mg /L, escala PT-Co	20
NP 627:1972 - EAM (VIS)		
Cheiro, a 25 ºC *	< 1 (25 ºC) (1 dias) Factor de diluição	---
PT 84 (2) 2018-06 - Análise sensorial		
Condutividade eléctrica a 20,0ºC	143 µS/cm	---
NP 732:1969 - Condutimetria		
Sólidos suspensos totais a 103-105ºC	<6(LQ) mg/L	---
SMEWW 2540 D:2017 - Gravimetria		
Carência química de oxigênio	<10(LQ) mg O2/L	---
PT 95 (1) 2013-03 - EAM (VIS)		
Carência bioquímica de oxigênio *	2,6 mg O2/L	---
SMEWW 5210 B;SMEWW 4500-O G:2012 - Potenciometria		
Oxigénio dissolvido	116,7 % saturação de O2	---
NP 733:1969 - Volumetria		
Amónio	<0,04(LQ) mg NH4/L	---
SMEWW 4500-NH3 F:2017 - EAM (VIS)		
Arsénio	<0,003 (LQ) mg As/L	0,05
SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)		

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 1 – Boletim de análises da captação do Castelo – página 1.

INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES

Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação L0203 ISO/IEC 17025 Ensaios

Relatório de Ensaios N.º 21306/2019 Versão 1.0 Pág 2 de 3

Boletim Definitivo

Ensaio/Método	Resultado	Valor Limite
Parâmetros Físico-Químicos		
Cádmio SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<0,0010 (LQ) mg Cd/L	0,005
Chumbo SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<0,003 (LQ) mg Pb/L	0,05
Cobre SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	<0,05(LQ) mg Cu/L	0,05
Manganês PT 37 (2) 2018-02 - EAA (CH)	<0,05 (LQ) mg Mn/L	---
Mercúrio PT 11 (1) 2016-10 - EAA (VF)	<0,0003 (LQ) mg Hg/L	0,0010
Substâncias tensioactivas (Detergentes) * PT - EAM (VIS)	<0,1 (LQ) mg/L, sulfato de lauril e sódio	---
Cloreto NP 423:1966 - Volumetria	16 mg Cl/L	---
Fosfato SMEWW 4500 P D:2017 - EAM (VIS)	0,153 mg P2O5/L	---
Nitrato SMEWW 4500-NO3 B:2017 - EAM (UV/VIS)	1,3 mg NO3/L	50
Sulfato SMEWW 4500-SO4 E:2017 - Turbidimetria	4,0 mg SO4/L	250
Alumínio SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<10(LQ) µg Al/L	---
Dureza total SMEWW 2340 B:2017 - Cálculo	47,1 mg CaCO3/L	---
Ferro PT 37 (2) 2018-02 - EAA (CH)	<0,10 (LQ) mg Fe/L	0,3
Cálcio SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	8,80 mg Ca/L	---
Magnésio SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	6,1 mg Mg/L	---
Pesticidas		
Desetilterbutilazina Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,02 (LQ) µg/L	---
Terbutilazina Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,02 (LQ) µg/L	---
Glifosato Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,05 (LQ) µg/L	---
Pesticidas totais Δ* Cálculo	<0,05 (LQ) µg/L	1,0

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 2 - Boletim de análises da captação do Castelo – página 2.

INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES

Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação L0203 ISO/IEC 17025 Ensaios

Relatório de Ensaios N.º 21306/2019 Versão 1.0 Pág 3 de 3

Boletim Definitivo

Apreciação da conformidade:

Os parâmetros analisados cumprem os valores limite definidos.

Responsável do Laboratório de Análises

Manuela Cabral

No Laboratório de Análises (INOVA), os resultados que são obtidos pela soma de resultados individuais, são apresentados de acordo com as seguintes regras: (1) quando um ou mais resultados são inferiores ao LQ, mas pelo menos uma das parcelas é quantificável, ignoram-se as parcelas inferiores ao LQ; (2) quando todos os resultados individuais são inferiores ao LQ, utiliza-se a soma dos LQ individuais.

No laboratório externo (Institut Fresenius), os resultados que são obtidos pela soma de resultados individuais, são apresentados de acordo com as seguintes regras: (1) quando um ou mais resultados são inferiores ao LQ, mas pelo menos uma das parcelas é quantificável, ignoram-se as parcelas inferiores ao LQ; (2) quando todos os resultados individuais são inferiores ao LQ, utiliza-se o maior dos LQ individuais.

Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. Os Resultados apresentados referem-se exclusivamente aos itens ensaiados.

A apreciação da conformidade é efetuada segundo o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, para uma água de classe A1, e incide apenas nos parâmetros que apresentam valor limite. As incertezas não são consideradas na apreciação da conformidade.

LQ: Limite de quantificação do referido métodode ensaio; PT: Procedimento técnico do Laboratório de Análises do INOVA.

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 3 - Boletim de análises da captação do Castelo – página 3.

INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES
Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação L0203 ISO/IEC 17025 Ensaios

Município de Santa Cruz das Flores
Rua Senador André de Freitas Nº.13

9970-337 Santa Cruz Flores

Relatório de Ensaios N.º 21312/2019

Versão 1.0 — Pág 1 de 3

Boletim Definitivo

Tipo de amostra: Água natural doce subterrânea

Data de Recolha: 12-11-2019

Colheita efetuada pelo: Cliente (##)
Descrição da Amostra: Água natural doce subterrânea - Captação Mãe d'Água.

Data de Recepção: 14-11-2019
Início da Análise: 12-11-2019
Fim da Análise: 20-12-2019
Emissão do Relatório: 23-12-2019

Ensaio/Método	Resultado	Valor Limite
Parâmetros de Campo		
Temperatura (◊) *	17,0 ºC	---
Termometria		
Parâmetros Microbiológicos		
Salmonela	Não detetada /5 L	---
ISO 19250:2010		
Coliformes (totais)	4,9x10^2 NMP/100 mL	---
ISO 9308-2:2012		
Coliformes fecais *	7 NMP/100 mL	---
ISO 9308-2:2012		
Enterococos	<1 (LQ) NMP/100 mL	---
ASTM D6503 - 19		
Parâmetros Físico-Químicos		
pH	7,4 (18 ºC) Unidade pH	---
PT 108 (1) 2019-02 - Potenciometria		
Cor (após filtração simples)	<2,5 (LQ) mg /L, escala PT-Co	20
NP 627:1972 - EAM (VIS)		
Cheiro, a 25 ºC *	< 1 (25 ºC) (1 dias) Factor de diluição	---
PT 84 (2) 2018-06 - Análise sensorial		
Condutividade eléctrica a 20,0ºC	2,1x10^2 µS/cm	---
NP 732:1969 - Condutimetria		
Sólidos suspensos totais a 103-105ºC	<6(LQ) mg/L	---
SMEWW 2540 D:2017 - Gravimetria		
Carência química de oxigênio	<10(LQ) mg O2/L	---
PT 95 (1) 2013-03 - EAM (VIS)		
Carência bioquímica de oxigênio *	1,9 mg O2/L	---
SMEWW 5210 B;SMEWW 4500-O G:2012 - Potenciometria		
Oxigénio dissolvido	107,9 % saturação de O2	---
NP 733:1969 - Volumetria		
Amónio	<0,04(LQ) mg NH4/L	---
SMEWW 4500-NH3 F:2017 - EAM (VIS)		
Arsénio	<0,003 (LQ) mg As/L	0,05
SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)		

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 4 - Boletim de análises da captação da Mãe d'Água - página 1.

INOVA
INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES

Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação L0203 ISO/IEC 17025 Ensaios

Relatório de Ensaios N.º 21312/2019 Versão 1.0

Boletim Definitivo

Ensaio/Método	Resultado	Valor Limite
Parâmetros Físico-Químicos		
Cádmio SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<0,0010 (LQ) mg Cd/L	0,005
Chumbo SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<0,003 (LQ) mg Pb/L	0,05
Cobre SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	<0,05(LQ) mg Cu/L	0,05
Manganês PT 37 (2) 2018-02 - EAA (CH)	<0,05 (LQ) mg Mn/L	---
Mercúrio PT 11 (1) 2016-10 - EAA (VF)	<0,0003 (LQ) mg Hg/L	0,0010
Substâncias tensioactivas (Detergentes) * PT - EAM (VIS)	<0,1 (LQ) mg/L, sulfato de lauril e sódio	---
Cloreto NP 423:1966 - Volumetria	41 mg Cl/L	---
Fosfato SMEWW 4500 P D:2017 - EAM (VIS)	0,265 mg P2O5/L	---
Nitrato SMEWW 4500-NO3 B:2017 - EAM (UV/VIS)	1,0 mg NO3/L	50
Sulfato SMEWW 4500-SO4 E:2017 - Turbidimetria	6,6 mg SO4/L	250
Alumínio SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<10(LQ) µg Al/L	---
Dureza total SMEWW 2340 B:2017 - Cálculo	30,6 mg CaCO3/L	---
Ferro PT 37 (2) 2018-02 - EAA (CH)	<0,10 (LQ) mg Fe/L	0,3
Cálcio SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	4,52 mg Ca/L	---
Magnésio SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	4,7 mg Mg/L	---
Pesticidas		
Desetilterbutilazina Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,02 (LQ) µg/L	---
Terbutilazina Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,02 (LQ) µg/L	---
Glifosato Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,05 (LQ) µg/L	---
Pesticidas totais Δ* Cálculo	<0,05 (LQ) µg/L	1,0

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 5 - Boletim de análises da captação da Mãe d'Água - página 2.

INOVA
INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES

Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação
L0203
ISO/IEC 17025
Ensaios

Relatório de Ensaios N.º 21312/2019 Versão 1.0 Pág 3 de 3

Boletim Definitivo

Apreciação da conformidade:

Os parâmetros analisados cumprem os valores limite definidos.

Responsável do Laboratório de Análises

Manuela Cabral

No Laboratório de Análises (INOVA), os resultados que são obtidos pela soma de resultados individuais, são apresentados de acordo com as seguintes regras: (1) quando um ou mais resultados são inferiores ao LQ, mas pelo menos uma das parcelas é quantificável, ignoram-se as parcelas inferiores ao LQ; (2) quando todos os resultados individuais são inferiores ao LQ, utiliza-se a soma dos LQ individuais.

No laboratório externo (Institut Fresenius), os resultados que são obtidos pela soma de resultados individuais, são apresentados de acordo com as seguintes regras: (1) quando um ou mais resultados são inferiores ao LQ, mas pelo menos uma das parcelas é quantificável, ignoram-se as parcelas inferiores ao LQ; (2) quando todos os resultados individuais são inferiores ao LQ, utiliza-se o maior dos LQ individuais.

Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. Os Resultados apresentados referem-se exclusivamente aos itens ensaiados.

A apreciação da conformidade é efetuada segundo o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, para uma água de classe A1, e incide apenas nos parâmetros que apresentam valor limite. As incertezas não são consideradas na apreciação da conformidade.

LQ: Limite de quantificação do referido métodode ensaio; PT: Procedimento técnico do Laboratório de Análises do INOVA.

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 6 - Boletim de análises da captação da Mãe d'Água - página 3.

INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES

Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação L0203 ISO/IEC 17025 Ensaios

Município de Santa Cruz das Flores
Rua Senador André de Freitas Nº.13

9970-337 Santa Cruz Flores

Relatório de Ensaios N.º 21309/2019 Versão 1.0 Pág 1 de 3

Boletim Definitivo

Tipo de amostra: Água natural doce subterrânea

Colheita efetuada pelo: Cliente (##)
Descrição da Amostra: Água natural doce subterrânea - Captação José Gregório.

Data de Recolha: 12-11-2019
Data de Recepção: 14-11-2019
Início da Análise: 12-11-2019
Fim da Análise: 23-12-2019
Emissão do Relatório: 23-12-2019

Ensaio/Método	Resultado	Valor Limite
Parâmetros de Campo		
Temperatura (◊) * Termometria	16,0 ºC	---
Parâmetros Microbiológicos		
Salmonela ISO 19250:2010	Não detetada /5 L	---
Coliformes (totais) ISO 9308-2:2012	28 NMP/100 mL	---
Coliformes fecais * ISO 9308-2:2012	<1 (LQ) NMP/100 mL	---
Enterococos ASTM D6503 - 19	<1 (LQ) NMP/100 mL	---
Parâmetros Físico-Químicos		
pH PT 108 (1) 2019-02 - Potenciometria	6,4 (18 ºC) Unidade pH	---
Cor (após filtração simples) NP 627:1972 - EAM (VIS)	<2,5 (LQ) mg /L, escala PT-Co	20
Cheiro, a 25 ºC * PT 84 (2) 2018-06 - Análise sensorial	< 1 (25 ºC) (1 dias) Factor de diluição	---
Condutividade eléctrica a 20,0ºC NP 732:1969 - Condutimetria	105 µS/cm	---
Sólidos suspensos totais a 103-105ºC SMEWW 2540 D:2017 - Gravimetria	<6(LQ) mg/L	---
Carência química de oxigênio PT 95 (1) 2013-03 - EAM (VIS)	<10(LQ) mg O2/L	---
Carência bioquímica de oxigênio * SMEWW 5210 B;SMEWW 4500-O G:2012 - Potenciometria	2,4 mg O2/L	---
Oxigénio dissolvido NP 733:1969 - Volumetria	103,0 % saturação de O2	---
Amónio SMEWW 4500-NH3 F:2017 - EAM (VIS)	<0,04(LQ) mg NH4/L	---
Arsénio SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<0,003 (LQ) mg As/L	0,05

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 7 - Boletim de análises da captação de José Gregório – página 1.

INOVA
INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES

IPAC acreditação L0203 ISO/IEC 17025 Ensaios

Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

Relatório de Ensaios N.º 21309/2019 Versão 1.0

Boletim Definitivo

Ensaio/Método	Resultado	Valor Limite
Parâmetros Físico-Químicos		
Cádmio SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<0,0010 (LQ) mg Cd/L	0,005
Chumbo SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<0,003 (LQ) mg Pb/L	0,05
Cobre SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	<0,05(LQ) mg Cu/L	0,05
Manganês PT 37 (2) 2018-02 - EAA (CH)	<0,05 (LQ) mg Mn/L	---
Mercúrio PT 11 (1) 2016-10 - EAA (VF)	<0,0003 (LQ) mg Hg/L	0,0010
Substâncias tensioactivas (Detergentes) * PT - EAM (VIS)	<0,1 (LQ) mg/L, sulfato de lauril e sódio	---
Cloreto NP 423:1966 - Volumetria	19 mg Cl/L	---
Fosfato SMEWW 4500 P D:2017 - EAM (VIS)	0,113 mg P2O5/L	---
Nitrato SMEWW 4500-NO3 B:2017 - EAM (UV/VIS)	1,0 mg NO3/L	50
Sulfato SMEWW 4500-SO4 E:2017 - Turbidimetria	4,1 mg SO4/L	250
Alumínio SMEWW 3113 B:2017 - EAA (FG)	<10(LQ) µg Al/L	---
Dureza total SMEWW 2340 B:2017 - Cálculo	19,2 mg CaCO3/L	---
Ferro PT 37 (2) 2018-02 - EAA (CH)	<0,10 (LQ) mg Fe/L	0,3
Cálcio SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	2,90 mg Ca/L	---
Magnésio SMEWW 3111 B:2017 - EAA (CH)	2,9 mg Mg/L	---
Pesticidas		
Desetilterbutilazina Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,02 (LQ) µg/L	---
Terbutilazina Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,02 (LQ) µg/L	---
Glifosato Δ* DIN 38407-2; LC-MS/MS; GC-MS	<0,05 (LQ) µg/L	---
Pesticidas totais Δ* Cálculo	<0,05 (LQ) µg/L	1,0

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 8 - Boletim de análises da captação de José Gregório – página 2.

INSTITUTO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AÇORES

Laboratório de Análises
Estrada de S. Gonçalo
9504-540 Ponta Delgada
T: 296201770; F: 296653324
E: mcabral@inovacores.pt
www.inovacores.pt

IPAC acreditação L0203 ISO/IEC 17025 Ensaios

Relatório de Ensaios N.º 21309/2019 Versão 1.0

Boletim Definitivo

Apreciação da conformidade:

Os parâmetros analisados cumprem os valores limite definidos.

Responsável do Laboratório de Análises

Manuela Cabral

No Laboratório de Análises (INOVA), os resultados que são obtidos pela soma de resultados individuais, são apresentados de acordo com as seguintes regras: (1) quando um ou mais resultados são inferiores ao LQ, mas pelo menos uma das parcelas é quantificável, ignoram-se as parcelas inferiores ao LQ; (2) quando todos os resultados individuais são inferiores ao LQ, utiliza-se a soma dos LQ individuais.

No laboratório externo (Institut Fresenius), os resultados que são obtidos pela soma de resultados individuais, são apresentados de acordo com as seguintes regras: (1) quando um ou mais resultados são inferiores ao LQ, mas pelo menos uma das parcelas é quantificável, ignoram-se as parcelas inferiores ao LQ; (2) quando todos os resultados individuais são inferiores ao LQ, utiliza-se o maior dos LQ individuais.

Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. Os Resultados apresentados referem-se exclusivamente aos itens ensaiados.

A apreciação da conformidade é efetuada segundo o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, para uma água de classe A1, e incide apenas nos parâmetros que apresentam valor limite. As incertezas não são consideradas na apreciação da conformidade.

LQ: Limite de quantificação do referido métodode ensaio; PT: Procedimento técnico do Laboratório de Análises do INOVA.

Os ensaios assinalados com (*) não estão incluídos no âmbito da acreditatação do anexo L0203-1. Os ensaio assinalados com (Δ) são fornecidos por laboratório externo, com método acreditado. Os ensaio assinalados com (□) são fornecidos por laboratório externo, com método não acreditado. Os ensaios assinalados com (◊) são efetuados pelo cliente.
(##) Amostra entregue pelo cliente. Os dados da colheita e da amostra são indicados pelo cliente. Os resultados apresentados referem-se à amostra tal qual rececionada.

IMP 079(15)

Figura B. 9 - Boletim de análises da captação de José Gregório – página 3.