

# PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO

**Autoria:**

**José Manuel Pereira Vieira (Universidade do Minho)**

**Carla Moraes (Águas do Cávado)**

**Colaboração:**

**Cecília Alexandre e Regina Casimiro (Departamento de  
Qualidade da Água do IRAR)**



UNIVERSIDADE DO MINHO



INSTITUTO REGULADOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS

# FICHA TÉCNICA

**Título:**

PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO

**Elaboração:**

Autoria: José Manuel Pereira Vieira (Universidade do Minho) e Carla Morais (Águas do Cávado)

Colaboração: Cecília Alexandre e Regina Casimiro (Departamento da Qualidade da Água do IRAR)

**Agradecimentos:**

Agradece-se a colaboração da Associação Nacional de Municípios Portugueses e das entidades gestoras que, através dos seus comentários e sugestões, permitiram melhorar o presente documento. Agradece-se à empresa Águas do Cavado, na pessoa do seu Presidente do Conselho de Administração, Prof. José Carlos Tentúgal Valente, e da Eng.<sup>a</sup> Filomena Peixoto, responsável pela Área da Qualidade, pelos contributos dados.

**Edição:**

Instituto Regulador de Águas e Resíduos

Universidade do Minho

**Data:**

1 de Novembro de 2005

**Impressão:**

SIG – Soc. Industrial Gráfica, Lda.

**ISBN:**

972-99354-5-9

**Depósito Legal:**

235872/05

## PREFÁCIO DO IRAR

O Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) foi criado com a missão de “regulador” dos serviços de abastecimento público de água às populações, de saneamento das águas residuais urbanas e de gestão dos resíduos sólidos urbanos. Posteriormente, foi atribuída ao IRAR uma segunda missão, a de “autoridade competente para a qualidade de água para consumo humano”.

As responsabilidades inerentes à missão de autoridade competente entraram em aplicação plena a 25 de Dezembro de 2003, sendo desde essa data o IRAR responsável pela implementação de um conjunto importante de atribuições, como a aprovação dos programas de controlo da qualidade da água das entidades gestoras, a inspecção periódica da qualidade da água nos sistemas de abastecimento, a supervisão de laboratórios de análises de água, a instauração de processos de contra-ordenação às entidades gestoras e a elaboração dos relatórios anuais sobre a qualidade da água para consumo humano em Portugal e dos relatórios trienais a enviar à Comissão Europeia.

Por outro lado, e de acordo com o seu Estatuto, cabe ao IRAR sensibilizar as entidades gestoras e os autarcas em geral para as questões da qualidade na concepção, execução, gestão e exploração dos sistemas multimunicipais e municipais, bem como emitir recomendações.

É neste quadro que se entendeu importante elaborar um guia técnico sobre planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento, cujo objectivo é apoiar as entidades gestoras na salvaguarda da fiabilidade do serviço que prestam, prevenindo atempadamente as medidas a tomar em caso de ocorrência de fenómenos naturais ou provocados que, de alguma forma, possam pôr em causa a qualidade do serviço e a salvaguarda da saúde pública. Este guia destina-se essencialmente aos técnicos das entidades gestoras que têm a seu cargo a exploração dos sistemas de abastecimento de água e o controlo da qualidade da água para consumo humano.

Se na última década o País evoluiu passando de 80 para 92% em termos de cobertura da população, e é objectivo nacional atingir rapidamente a meta de 95%, esta meta deve no entanto ser acompanhada de um elevado grau de fiabilidade do serviço e consequentemente de segurança e conforto para todos os utilizadores.

Pretende assim o IRAR dar mais um contributo para que seja possível servir, de forma regular e contínua, a maior percentagem possível da população portuguesa, com um elevado nível de serviço, a um preço eficiente e justo e dentro de uma perspectiva ambientalmente sustentável e de salvaguarda da saúde pública.

Jaime Melo Baptista (Presidente do Conselho Directivo do IRAR)  
Dulce Álvaro Pássaro (Vogal do Conselho Directivo do IRAR)  
Rui Ferreira dos Santos (Vogal do Conselho Directivo do IRAR)

## PREFÁCIO DOS AUTORES

Nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente, a nível mundial, no sentido de se considerar que os sistemas de abastecimento de água, para além de satisfazerem padrões de qualidade estabelecidos legalmente, devem apresentar níveis de desempenho que mereçam a confiança dos consumidores na qualidade da água que lhes é fornecida.

Em Abril de 2003, a Organização Mundial de Saúde organizou uma conferência internacional em Berlim sobre “Estratégias de Gestão de Riscos em Água para Consumo Humano”, onde foram apresentados e discutidos os pressupostos teóricos e as especificidades de aplicação prática de ferramentas operacionais para a gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água, desenvolvendo o conceito de Plano de Segurança da Água para Consumo Humano, conforme assumido nas suas recentes Guidelines for Drinking Water Quality (2004). Prevê-se também, no processo de revisão da Directiva 98/83/EC em curso, uma aproximação da legislação europeia a estes princípios metodológicos.

Desde 1999, data em que se iniciou a primeira experiência conhecida (Melbourn Water - Austrália), têm vindo a ser relatadas aplicações desta metodologia com resultados animadores para o bom desempenho no controlo da qualidade da água por parte das entidades gestoras. Em Portugal, a experiência-piloto de aplicação deste conceito na empresa Águas do Cávado S.A., em 2003-2004, motivou o interesse do IRAR para elaborarmos um manual que servisse de instrumento de apoio às entidades gestoras portuguesas no desenvolvimento e aplicação de Planos de Segurança da Água.

Reconforta-nos a esperança deste trabalho poder vir a constituir um elemento útil para a garantia de elevados padrões de qualidade da água para consumo humano, contribuindo, assim, para a defesa da saúde pública em Portugal.

Aguardaremos, certamente com muito interesse e expectativa, os resultados práticos da aplicação desta metodologia em Portugal. Neste sentido, expressamos o nosso agradecimento antecipado pelo envio de comentários e informações sobre a utilização deste Manual, dando-nos a conhecer, nomeadamente, sucessos, dificuldades e sugestões para o seu melhoramento futuro.

José Manuel Pereira Vieira  
Carla Morais

# ÍNDICE

1. Introdução .....	1
1.1 Controlo da qualidade da água para consumo humano .....	1
1.2 Análise e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água .....	4
2. Estruturação de um PSA .....	7
2.1 Esquema conceptual .....	7
2.2 Etapas preliminares .....	12
2.2.1 <i>Constituição da equipa</i> .....	12
2.2.2 <i>Descrição do sistema de abastecimento</i> .....	12
2.2.3 <i>Construção e validação do diagrama de fluxo</i> .....	14
2.3 Avaliação do sistema .....	15
2.3.1 <i>Identificação de perigos</i> .....	15
2.3.2 <i>Caracterização de riscos</i> .....	22
2.3.3 <i>Identificação e avaliação de medidas de controlo</i> .....	26
2.4 Monitorização operacional .....	35
2.4.1 <i>Estabelecimento de limites críticos</i> .....	35
2.4.2 <i>Estabelecimento de procedimentos de monitorização</i> .....	36
2.4.3 <i>Estabelecimento de acções correctivas</i> .....	38
2.5 Planos de gestão .....	38
2.5.1 <i>Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina</i> .....	39
2.5.2 <i>Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições             excepcionais</i> .....	40
2.5.3 <i>Estabelecimento de documentação e de protocolos de             comunicação</i> .....	40
2.6 Validação e verificação do PSA .....	42
2.6.1 <i>Avaliação do funcionamento do PSA</i> .....	42
2.7 Resumo dos conteúdos globais de um PSA .....	44
3. Guia de implementação .....	47
3.1 Etapas preliminares .....	47
3.1.1 <i>Constituição da equipa</i> .....	47
3.1.2 <i>Descrição do sistema de abastecimento</i> .....	47
3.1.3 <i>Construção e validação do diagrama de fluxo</i> .....	47
3.2 Avaliação do sistema .....	51
3.2.1 <i>Identificação de perigos</i> .....	51
3.2.2 <i>Caracterização de riscos</i> .....	51
3.2.3 <i>Identificação e avaliação de medidas de controlo</i> .....	51
3.2.4 <i>Avaliação do sistema. Fonte</i> .....	53
3.2.5 <i>Avaliação do sistema. Tratamento</i> .....	59
3.2.6 <i>Avaliação do sistema. Distribuição</i> .....	107
3.3 Monitorização operacional .....	119
3.3.1 <i>Estabelecimento de limites críticos</i> .....	119

3.3.2	<i>Estabelecimento de procedimentos de monitorização</i>	119
3.3.3	<i>Estabelecimento de acções correctivas</i>	119
3.4	Planos de gestão	121
3.4.1	<i>Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina</i>	121
3.4.2	<i>Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais</i>	131
3.4.3	<i>Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação</i>	139
3.5	Validação e verificação do PSA	139
4.	Experiência portuguesa – O caso da Águas do Cávado S.A.	142
4.1	Descrição do sistema de abastecimento	142
4.2	Motivação específica para aplicação de um PSA	143
4.3	Processo de elaboração do PSA	144
4.3.1	<i>Organização geral</i>	144
4.3.2	<i>Estrutura adoptada</i>	145
4.4	Aspectos de aplicação do PSA	150
4.4.1	<i>Preparação de metodologias</i>	151
4.4.2	<i>Funcionamento do PSA</i>	153
4.5	Nota final	156
5.	Glossário	157
6.	Referências bibliográficas	159
7.	Sobre os autores	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Quadro de referência para o estabelecimento de segurança da qualidade da água (como proposto em WHO, 2004)	6
<b>Figura 2</b> Aspectos a considerar na gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água	7
<b>Figura 3</b> Processo de avaliação do funcionamento do PSA	11
<b>Figura 4</b> Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA	11
<b>Figura 5</b> Exemplo de árvore de decisão para a definição de PCC	26
<b>Figura 6</b> Exemplo da análise de tendência para concentração de nitratos numa origem de água	42
<b>Figura 7</b> Aspectos gerais que devem constar de um PSA	44
<b>Figura 8</b> Conjunto de documentos constituintes de um PSA	45
<b>Figura 9</b> Exemplo de quadro para constituição da equipa PSA	48
<b>Figura 10</b> Exemplo de quadro para descrição do sistema de abastecimento	49
<b>Figura 11</b> Exemplo de diagrama de fluxo	50
<b>Figura 12</b> Exemplo de esquema de barreiras múltiplas para identificação de perigos (adaptado de NZ, 2001)	52
<b>Figura 13</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Fonte. Água superficial	54
<b>Figura 14</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Fonte. Água subterrânea	57
<b>Figura 15</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – rios	60
<b>Figura 16</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – lagos e albufeiras	64
<b>Figura 17</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água subterrânea – poços e furos	67
<b>Figura 18</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água subterrânea – minas	69
<b>Figura 19</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Armazenamento de água bruta	72
<b>Figura 20</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Aplicação de algicida	76
<b>Figura 21</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Desestratificação	77
<b>Figura 22</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Pré-oxidação	78
<b>Figura 23</b> Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Microtamisação	80

<b>Figura 24</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Coagulação – Floculação – Sedimentação	82
<b>Figura 25</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Flotação	85
<b>Figura 26</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Filtração rápida	88
<b>Figura 27</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Filtração lenta	89
<b>Figura 28</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Filtração por membranas	91
<b>Figura 29</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Adição de cloro	94
<b>Figura 30</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Adição de dióxido de cloro	96
<b>Figura 31</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Ozonização	97
<b>Figura 32</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Radiação UV	98
<b>Figura 33</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Correção de pH	100
<b>Figura 34</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Remoção de ferro e manganês	101
<b>Figura 35</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Amaciamento	102
<b>Figura 36</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Remoção de matéria orgânica	103
<b>Figura 37</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Fluoretação	106
<b>Figura 38</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Reservatórios de água tratada	108
<b>Figura 39</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Conduas adutoras	112
<b>Figura 40</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Pressão no sistema	116
<b>Figura 41</b>	Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Operação	117
<b>Figura 42</b>	Exemplo de esquema de quadro para monitorização operacional. Filtração rápida	120
<b>Figura 43</b>	Exemplo de ficha para gestão de rotina. Água superficial	122
<b>Figura 44</b>	Exemplo de ficha para gestão de rotina. Água superficial – rios	123



<b>Figura 45</b> Exemplo de ficha para gestão de rotina. Coagulação – Floculação - Sedimentação	124
<b>Figura 46</b> Exemplo de ficha para gestão de rotina. Filtração rápida	125
<b>Figura 47</b> Exemplo de ficha para gestão de rotina. Adição de cloro	126
<b>Figura 48</b> Exemplo de ficha para gestão de rotina. Correção de pH	127
<b>Figura 49</b> Exemplo de ficha para gestão de rotina. Reservatórios de água tratada	128
<b>Figura 50</b> Exemplo de ficha para gestão de rotina. Pressão no sistema	129
<b>Figura 51</b> Exemplo de ficha para gestão de rotina. Operação	130
<b>Figura 52</b> Exemplos de eventos excepcionais	131
<b>Figura 53</b> Conteúdos de um Plano de Contingência	138
<b>Figura 54</b> <i>Check-list</i> para verificação e validação do PSA	140
<b>Figura 55</b> Infra-estruturas físicas do sistema.	143
<b>Figura 56</b> Diagrama de fluxo do sistema de abastecimento	146
<b>Figura 58</b> Fichas auxiliares adoptadas	148
<b>Figura 59</b> Elementos de controlo dos PCC do sistema	149
<b>Figura 60</b> Fases de implementação do PSA	151
<b>Figura 61</b> Harmonização do PSA com outros Planos. Filtração	152
<b>Figura 62</b> Levantamento das medidas de controlo. Mistura Rápida e Floculação	153
<b>Figura 63</b> Variação da turvação ao longo do processo de tratamento obtidos por amostragem automática	154
<b>Figura 64</b> Eficiência na remoção de turvação	155



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> Esquema conceptual a adoptar no desenvolvimento do PSA .....	8
<b>Tabela 2</b> Exemplo de informação a compilar para a caracterização de um sistema de abastecimento de água (adaptado de WHO, 2004).....	13
<b>Tabela 3</b> Exemplos de eventos perigosos associados às origens de água .....	19
<b>Tabela 4</b> Exemplos de eventos perigosos associados ao tratamento .....	20
<b>Tabela 5</b> Exemplos de eventos perigosos associados à distribuição .....	21
<b>Tabela 6</b> Exemplo de Escala de Probabilidade de Ocorrência (adaptado de WHO, 2004) .....	23
<b>Tabela 7</b> Exemplo de Escala de Severidade de Consequências (adaptado de WHO, 2004) .....	23
<b>Tabela 8</b> Exemplo de Matriz de Classificação de Riscos.....	23
<b>Tabela 9</b> Exemplo de Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos.....	24
<b>Tabela 10</b> Exemplo de medidas de controlo associadas às origens de água .....	28
<b>Tabela 11</b> Exemplo de medidas de controlo associadas ao tratamento de água .....	32
<b>Tabela 12</b> Exemplo de medidas de controlo associadas à distribuição de água .....	35



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Controlo da qualidade da água para consumo humano

A garantia da qualidade da água para consumo humano fornecida por um sistema de abastecimento público constitui elemento essencial das políticas de saúde pública. Até finais do século XIX, a avaliação e o controlo de riscos para a saúde humana por transmissão de doenças provocadas por consumo de água eram realizadas de forma empírica, confiando-se primordialmente na aparência física da água. As investigações epidemiológicas desenvolvidas por John Snow, demonstrando a ligação estreita entre o consumo de água com contaminação fecal e um surto de cólera em Londres (Snow, 1855), a descoberta da existência de microrganismos por Louis Pasteur (1863) e os avanços científicos nos métodos de detecção de microrganismos por Robert Cock (isolamento do bacilo *Vibrio cholerae*, em 1883) constituíram bases científicas determinantes para a associação do consumo de água com a saúde pública, servindo de ponto de partida para o estabelecimento de práticas e protocolos para o controlo da sua qualidade. É neste contexto que no início do século XX, após várias vagas de surtos epidémicos de cólera e febre tifóide na Europa, se desenvolveram meios técnicos e legais para a desinfecção da água em sistemas públicos de abastecimento. Estabelecia-se, assim, a larga escala e de forma simples, o controlo de doenças transmitidas por via hídrica, causadas por contaminação microbiológica.

Até meados do século XX, a qualidade da água para consumo humano era avaliada essencialmente através das suas características organolépticas, tendo como base o senso comum de se exigir que ela se apresentasse límpida, agradável ao paladar e sem cheiro desagradável. No entanto, este tipo de avaliação foi-se revelando falível em termos de protecção de saúde pública contra microrganismos patogénicos e contra substâncias químicas perigosas presentes na água. Tornou-se, assim, imperativo estabelecer normas paramétricas que traduzissem, de forma objectiva, as características a que deveria obedecer uma água destinada a consumo humano.

Em 1958 surge a primeira publicação da Organização Mundial de Saúde (OMS) dedicada especificamente à qualidade da água para consumo humano sob o título *International Standards for Drinking-*

*Water* (com revisões subsequentes em 1963 e em 1971), instituindo-se uma metodologia de verificação da conformidade das características da água abastecida com valores numéricos pré-estabelecidos (Normas), através de programas de amostragem do “produto-final” consumido. Seguiu-se, em 1984-85, a publicação dos três volumes da primeira edição das *Guidelines for Drinking Water Quality (GDWQ)*: Vol. 1 – *Recommendations*; Vol. 2 – *Health criteria and other supporting information*; Vol. 3 – *Surveillance and control of community supplies*. A segunda edição dos três volumes das *GDWQ* foi publicada em 1993, 1996 e 1997, respectivamente (WHO, 1993; WHO, 1996; WHO, 1997).

Esta abordagem constituiu um enorme avanço na protecção da saúde pública em todo o mundo, proporcionando uma avaliação de riscos para a saúde com origem em microrganismos, produtos químicos e radionuclídeos. Por outro lado, esta metodologia serviu de base a procedimentos legislativos em muitos países, constituindo, na maioria deles, a base de todo o processo de controlo de qualidade da água para consumo humano. Na União Europeia, a primeira Directiva incidindo sobre este assunto foi publicada em 1980 (Directiva 80/778/EC). Este documento legal foi revogado pela Directiva 98/83/EC (EC, 1998), actualmente em vigor, a qual incorpora novos avanços técnicos e científicos entretanto registados e concentra a obrigatoriedade de conformidade em parâmetros de qualidade essenciais.

O Decreto-Lei 243/2001, de 5 de Setembro (Portugal, 2001), que transpõe para a legislação nacional a Directiva 98/83/EC, estabelece que “a água destinada ao consumo humano deve ser caracterizada por não conter microrganismos, parasitas, nem quaisquer substâncias em quantidades ou concentrações que constituam um perigo potencial para a saúde humana, bem como por preencher os requisitos mínimos estabelecidos nas partes A) e B) do anexo I e respeitar, genericamente, os valores dos parâmetros da parte C) do anexo I”. Este documento dispõe ainda que, para garantir a qualidade da água fornecida aos consumidores, a entidade gestora do sistema de abastecimento deve (...) “submeter à aprovação da autoridade competente um programa de controlo de qualidade” (...), “efectuar a verificação da qualidade da água, com vista à demonstração da sua conformidade com a norma de qualidade da água” (...), “efectuar amostragens correspondentes à avaliação de conformidade, periodicamente, ao longo do ano, de modo a obter-se uma

imagem representativa da qualidade da água distribuída pelos respectivos sistemas nesse período de tempo”.

Na prática, a garantia da qualidade da água para abastecimento público tem sido baseada na detecção de indesejáveis constituintes microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos, potencialmente perigosos para a saúde humana, através da análise de conformidade dos resultados obtidos na monitorização da qualidade da água fornecida aos consumidores com os valores paramétricos estipulados nas Normas legalmente estabelecidas. Esta abordagem tem garantido adequados padrões de qualidade da água para consumo humano, principalmente nos países industrializados, daí resultando elevados níveis de confiança dos consumidores na qualidade do serviço que lhes é prestado.

No entanto, tem-se vindo a verificar que esta metodologia de controlo de qualidade, frequentemente lenta, complexa e dispendiosa, apresenta um conjunto de limitações sérias, algumas das quais relacionadas com os seguintes aspectos:

- Regista-se uma limitada correlação entre microrganismos patogénicos eventualmente presentes na água e os organismos indicadores geralmente adoptados nas normas em que se baseia a metodologia do controlo da qualidade do produto final. Recentes investigações, efectuadas em casos de surtos de doenças transmitidas por via hídrica, demonstraram a sua ocorrência na ausência de *E. coli.*, por exemplo. Na realidade, tem-se verificado fraca correlação de indicadores bacteriológicos com vírus e protozoários patogénicos, talvez devido à sua diferente capacidade resistente à desinfecção.
- Os métodos analíticos utilizados na monitorização dos parâmetros microbiológicos são, em geral, suficientemente demorados para servir de elemento de prevenção de situações acidentais. Este tipo de controlo apenas permite verificar se a água era própria (ou imprópria) para consumo, após o seu fornecimento aos consumidores.
- A significância estatística dos resultados da monitorização do produto final é limitada. Por um lado, os volumes de água submetidos a monitorização de conformidade com as normas são relativamente insignificantes quando comparados com os volumes de água distribuída; por outro lado, as frequências de amostragem geralmente adoptadas em sistemas de distribuição pública de água dificilmente garantem uma

adequada representatividade, tanto temporal como espacialmente.

Com a evidência destas limitações da monitorização de conformidade de “fim-de-linha” não se garante ao consumidor, de forma categórica, a necessária confiança na água que lhe é fornecida. Justifica-se, desta forma, evoluir para metodologias de gestão técnica baseadas em análise e controlo de riscos em pontos críticos do sistema de abastecimento. A aplicação de princípios de avaliação e de gestão de riscos na produção e distribuição de água para consumo humano complementa o controlo realizado através da monitorização de conformidade do produto final, reforçando a segurança na garantia da qualidade da água e a protecção da saúde pública (Fewtrell and Bartram, 2001). Assim, o fornecimento, em segurança, de água para consumo humano pressupõe uma acção de controlo concertada e estruturada ao longo de todo o sistema de abastecimento, desde a origem da água bruta até à torneira do consumidor.

## **1.2 Análise e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água**

A OMS, através do primeiro volume da terceira edição das *GDWQ* (WHO, 2004), publicado em Setembro de 2004, recomenda que as entidades gestoras de sistemas de abastecimento público de água desenvolvam planos de segurança para garantir a qualidade da água, incorporando metodologias de avaliação e gestão de riscos, bem como práticas de boa operação dos sistemas. Privilegia-se, assim, uma abordagem de segurança preventiva em detrimento da metodologia clássica de monitorização de conformidade de “fim-de-linha”, através de uma efectiva gestão e operação de origens de água, estações de tratamento e sistemas de distribuição. Deve, entretanto, referir-se que a avaliação de riscos não é um objectivo em si próprio mas antes uma forma de estruturar o processo de decisão, constituindo o ponto de partida para o estabelecimento de procedimentos que enfatizam o papel fundamental que o consumo de água em segurança assume na protecção da saúde pública.

A Directiva 98/83/EC, embora não esteja estruturalmente organizada com esta metodologia e adopte o princípio do controlo de qualidade da água através da análise da sua conformidade com valores paramétricos estabelecidos, não deixa de expressar preocupações de gestão de segurança no seu articulado, quando, por exemplo, se pode ler: “a Directiva tem por objectivo a



protecção da saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de qualquer contaminação da água destinada ao consumo humano, assegurando a sua salubridade e limpeza” (artigo 1); ou: “a verificação do cumprimento dos valores paramétricos é fixada no ponto em que no interior de uma instalação ou estabelecimento sai das torneiras normalmente utilizadas para consumo humano...” (artigo 6). Entretanto, é expectável que, do processo de revisão da Directiva em curso, resulte uma aproximação da legislação europeia com os princípios metodológicos contidos nas *GDWQ* da OMS.

Nestas *GDWQ* enfatiza-se que o fornecimento, em segurança, de água para consumo humano é conseguido de uma forma mais efectiva se for adoptado um processo de gestão de riscos, através de um “Quadro de referência para o abastecimento público de água para consumo humano em segurança”, que contempla as cinco etapas fundamentais seguintes (Figura 1):

- Estabelecimento de objectivos para a qualidade da água destinada ao consumo humano, com base em considerações de saúde.
- Avaliação do sistema "com vista a assegurar que o sistema de abastecimento de água, como um todo (da fonte até à torneira do consumidor, passando pelo tratamento), fornece água com uma qualidade que cumpre com os objectivos estabelecidos. Também inclui a avaliação de critérios de projecto para novos sistemas". Esta avaliação constitui uma primeira "fotografia" para determinar se o sistema demonstra capacidades para atingir os objectivos de protecção de saúde propostos.
- Identificação de medidas de controlo "que garantam, de forma global, o controlo dos riscos detectados e que assegurem que sejam alcançados os objectivos de qualidade da água, na perspectiva de saúde pública". Esta componente inclui a metodologia de avaliação e gestão de riscos e assegura a percepção das capacidades e limites das barreiras múltiplas que compõem o sistema. Envolve os aspectos de monitorização operacional.
- Preparação de planos de gestão "que descrevem as acções a tomar em casos de operação de rotina ou em caso de condições excepcionais e documentam a avaliação e monitorização do sistema". Esta componente inclui a elaboração dos planos de monitorização e comunicação, bem como os respectivos programas de suporte.

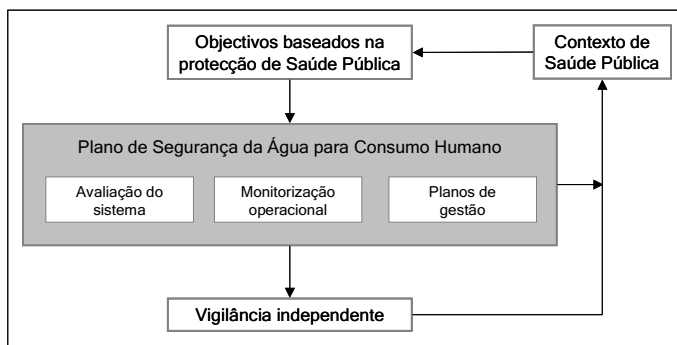
- Funcionamento de um sistema de vigilância independente.

O processo de estabelecimento de objectivos de qualidade da água deve ser confiado às autoridades sanitárias, tendo em conta as especificidades de saúde locais. Este processo estrutura-se num ciclo iterativo, compreendendo uma avaliação de estado da saúde pública e uma avaliação de riscos, tendo como base aspectos de exposição ambiental e de “riscos aceitáveis”. Nesta avaliação poderão ser usados procedimentos epidemiológicos ou de avaliação quantitativa de riscos, tanto para substâncias químicas como para microrganismos.

A componente de vigilância deve ser assumida por uma entidade reguladora que pode ser a entidade com responsabilidades locais nas áreas da saúde ou do ambiente. Esta actividade deve incorporar a monitorização do desempenho de entidades gestoras.

As outras três componentes constituem um plano de gestão de riscos a que se dá o nome de Plano de Segurança da Água para Consumo Humano (PSA) (Nokes and Taylor, 2003; Davison et al., 2004; Vieira, 2004; WHO, 2004). Os princípios e métodos utilizados na elaboração dos PSA podem basear-se em procedimentos lógicos aplicados na identificação e avaliação de riscos, como é o caso do HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), extensivamente utilizado na indústria alimentar (Havelaar, 1994; Dewettinck et al., 2001; Bosshart et al., 2003).

Também a *Bonn Charter for Safe Drinking Water* (IWA, 2004) propõe princípios gerais para garantir a segurança do abastecimento de água para consumo humano, incorporando a aplicação de PSA e a conformidade de padrões de qualidade.

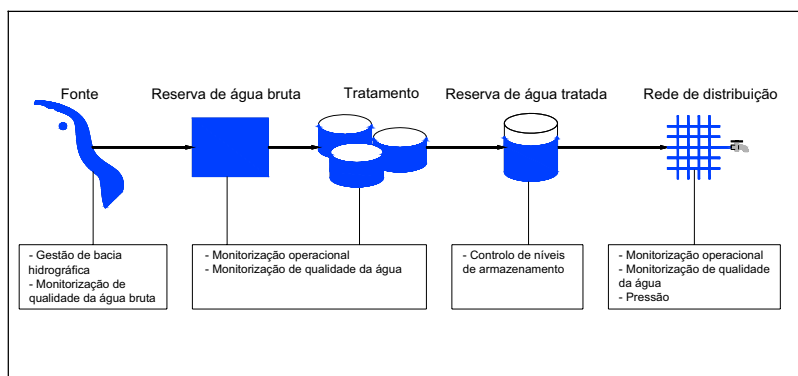


**Figura 1** Quadro de referência para o estabelecimento de segurança da qualidade da água (como proposto em WHO, 2004)

## 2. ESTRUTURAÇÃO DE UM PSA

### 2.1 Esquema conceptual

Um Plano de Segurança da Água para Consumo Humano, tal como preconizado pelas GDWQ da OMS, pode definir-se como um documento que identifica e prioriza riscos plausíveis que podem verificar-se num sistema de abastecimento, desde a origem de água bruta até à torneira do consumidor, estabelece medidas de controlo para os reduzir ou eliminar e estabelece processos para verificar a eficiência da gestão dos sistemas de controlo e a qualidade da água produzida. O seu principal objectivo é o de garantir a qualidade da água para consumo humano através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água, tais como: minimização da contaminação nas origens de água, redução ou remoção da contaminação durante o processo de tratamento e a prevenção de pós-contaminação durante o armazenamento, a distribuição e o manuseamento da água na distribuição. Na Figura 2 indicam-se alguns aspectos essenciais a ter em consideração no controlo da qualidade e da fiabilidade de um sistema de abastecimento de água.



**Figura 2** Aspectos a considerar na gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água

Com um PSA estrutura-se, assim, de forma organizada, um sistema operacional de gestão da qualidade da água, onde se podem identificar três etapas fundamentais:

Avaliação do sistema – processo de análise e avaliação de riscos, compreendendo todo o sistema de abastecimento, desde a fonte até à torneira do consumidor;

Monitorização operacional – identificação e monitorização dos pontos de controlo críticos, de modo a reduzir os riscos identificados;

Planos de gestão – desenvolvimento de esquemas efectivos para a gestão do controlo dos sistemas, assim como de planos operacionais para atenderem a condições de operação de rotina e excepcionais.

A Tabela 1 apresenta o esquema conceptual para a estruturação da informação necessária à elaboração de um PSA.

**Tabela 1** Esquema conceptual a adoptar no desenvolvimento do PSA

ETAPA	OBJECTIVO	INFORMAÇÃO
<b>Avaliação do Sistema</b>	Assegurar que o sistema de abastecimento de água, como um todo, fornece água com uma qualidade que garante os objectivos de saúde estabelecidos	Identificação de perigos Caracterização de riscos Identificação e avaliação de medidas de controlo
<b>Monitorização Operacional</b>	Garantir o controlo dos riscos detectados e assegurar que sejam alcançados os objectivos de qualidade da água	Estabelecimento de limites críticos Estabelecimento de procedimentos de monitorização Estabelecimento de acções correctivas
<b>Planos de Gestão</b>	Assegurar que descrevem as acções a tomar e documentam a avaliação e monitorização do sistema	Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais Estabelecimento de documentação e de protocolos de comunicação

A gestão do controlo dos sistemas deve ainda incluir: uma definição de responsabilidades; um registo dos procedimentos

adoptados; e um plano de formação que garanta competências adequadas ao pessoal relacionado com a operação do sistema.

A metodologia a aplicar deve ser apropriada à dimensão e complexidade do sistema de abastecimento de água. No caso específico de sistemas simples, pode ser aconselhável uma abordagem mais genérica.

O PSA deve abranger todos os aspectos relacionados com o controlo das origens, tratamento e distribuição da água, competindo a responsabilidade da sua aplicação à entidade gestora do sistema.

A primeira etapa do PSA envolve o desenvolvimento das bases técnicas necessárias para a avaliação de processos, de modo a identificar os perigos e avaliar os riscos que lhe estão associados. Em muitas situações, a entidade gestora não tem competências de gestão da água na bacia hidrográfica, não podendo, directamente, controlar a qualidade das suas origens. No entanto, o PSA deverá incluir todos os aspectos relacionados com as fontes de água e o seu controlo de qualidade, podendo, nesse caso, constituir um elemento decisivo para que esta entidade possa envolver as entidades competentes, à escala da bacia hidrográfica, na adopção de medidas de protecção da qualidade da água.

Na segunda etapa procede-se à definição de limites críticos, estabelecimento de procedimentos de monitorização e definição de acções correctivas a considerar ao longo de todo o sistema.

A terceira etapa inclui uma série de actividades cujo objectivo é o de garantir a aplicabilidade do PSA. Para tal, desenvolvem-se procedimentos para a gestão do controlo do sistema que englobam a monitorização das medidas de controlo estabelecidas e os limites críticos definidos. São também elaborados programas de apoio operacional, que incluem formação do pessoal envolvido no quotidiano operacional do sistema e na verificação das medidas de controlo. Além destas duas actividades devem ser estabelecidos protocolos de comunicação, incluindo informação interna e comunicação com autoridades externas, com os *media* e com o público em geral.

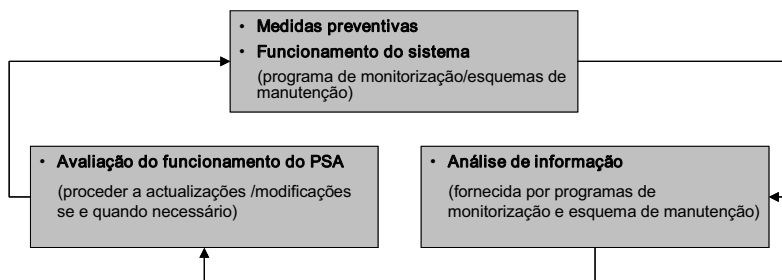
Para garantir o êxito na aplicação de um PSA deve assegurar-se que a entidade gestora do sistema de abastecimento de água dispõe de condições operacionais e de recursos humanos adequados a uma efectiva gestão de controlo, o que pressupõe:

- A constituição de uma equipa multidisciplinar com conhecimento de todo o sistema e com competência para fazer uma avaliação inicial do mesmo, relativamente à sua capacidade de atingir os objectivos de qualidade previstos.
- A identificação dos locais onde pode ocorrer contaminação e das medidas de controlo que devem ser aplicadas para prevenir, reduzir ou eliminar a contaminação.
- A validação dos métodos utilizados no controlo dos perigos.
- A aplicação de um sistema de monitorização que garanta a qualidade da água de todo o sistema de abastecimento, consistente com as Normas legais em vigor.
- Acções correctivas para dar uma resposta imediata a desvios nos objectivos de qualidade previstos.

Antes da elaboração do PSA propriamente dito, é necessário estabelecer etapas preliminares que envolvem a constituição da equipa responsável pela elaboração do PSA, uma caracterização geral do sistema e a construção do diagrama de fluxo correspondente a todo o sistema em avaliação. Nestas etapas faz-se o inventário técnico, organizacional e das condições específicas do sistema de abastecimento.

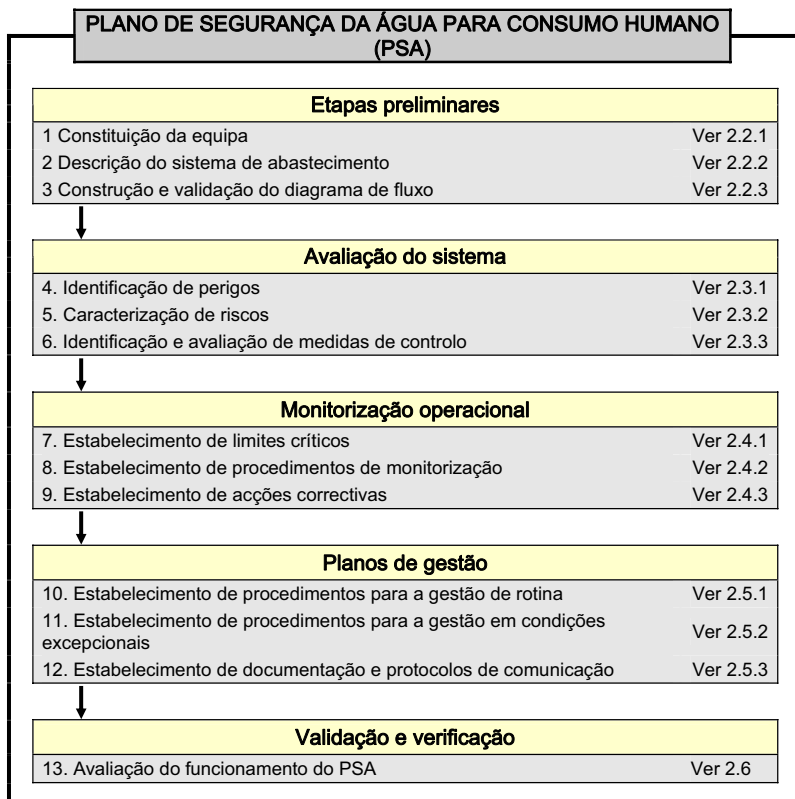
Após a entrada em funcionamento do PSA torna-se necessário proceder à sua validação e verificação. Através da validação assegura-se que o sistema em operação é eficaz e é composto por barreiras que garantem o controlo dos perigos detectados. Periodicamente (uma periodicidade anual parece adequada) deve ser realizada uma verificação para determinar se o PSA está a ser correctamente aplicado e se é capaz de atingir os objectivos de qualidade previamente estabelecidos. Neste sentido deve proceder-se a uma avaliação dos respectivos factores determinantes, nomeadamente qualidade da água, instalações, processos e organização, apresentando-se propostas de melhorias para o sistema (Figura 3).

Todo o processo de aplicação do PSA deve ser fiscalizado por uma entidade independente, o que constitui, por si só, um elemento adicional de controlo externo. Esta fiscalização pode ser exercida através de auditorias ao próprio plano, de validação das medidas de controlo propostas e de verificação do produto final.



**Figura 3** Processo de avaliação do funcionamento do PSA

O conjunto das etapas a considerar no desenvolvimento e aplicação de um PSA pode ser organizado da forma como se apresenta na Figura 4.



**Figura 4** Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA

## **2.2 Etapas preliminares**

### **2.2.1 Constituição da equipa**

Para a elaboração de um PSA deve constituir-se uma equipa multidisciplinar cujas atribuições compreendem o planeamento, o desenvolvimento, a verificação e a aplicação do PSA. A equipa deve incluir:

- Coordenador responsável pela condução do projecto e pela sua aplicação.
- Elementos com conhecimento do sistema e com capacidade de previsão dos perigos inerentes a cada etapa de produção e distribuição de água.
- Elementos com autoridade para implementar quaisquer alterações necessárias para garantir a qualidade de água produzida.
- Elementos responsáveis pelas análises de qualidade da água.
- Pessoas directamente envolvidas nas operações diárias do sistema.

### **2.2.2 Descrição do sistema de abastecimento**

Todo o sistema de abastecimento deve ser descrito de uma forma fiel ao estado em que se encontra presentemente. Esta actividade pode considerar-se como um inventário de todo o sistema, e deve incluir:

- Plano geral do sistema, desde a fonte até ao consumidor.
- Esquema da captação (superficial ou subterrânea).
- Descrição do esquema de tratamento de água, incluindo os produtos químicos adicionados.
- Planta do sistema de distribuição (reservatórios, condutas, acessórios, etc.).

Toda esta informação, contendo elementos essenciais ao conhecimento do sistema, é de enorme importância para a elaboração de um PSA.

Para além da documentação referida anteriormente, poderá ainda ser recolhida mais informação sobre as origens de água do sistema, nomeadamente:



- Zonas protegidas.
- Uso de solos da bacia hidrográfica.
- Fontes poluidoras pontuais e difusas, etc.

Sempre que se pretenda desenvolver um novo sistema de abastecimento, é prudente proceder a um conjunto de estudos para estabelecer uma segurança global do sistema e determinar as potenciais fontes de contaminação das respectivas origens de água, os quais podem incluir análises químicas e biológicas da água, avaliações hidrogeológicas e inventariação de usos e ocupação de solos. Neste caso, devem considerar-se todos os factores que podem afectar a qualidade da água aquando da selecção de tecnologias de captação de água e do processo de tratamento.

A Tabela 2 descreve exemplos de elementos a considerar na caracterização do sistema de abastecimento de água.

**Tabela 2** Exemplo de informação a compilar para a caracterização de um sistema de abastecimento de água (adaptado de WHO, 2004)

COMPONENTE DO SISTEMA	INFORMAÇÃO A CONSIDERAR
<b>Bacia hidrográfica</b>	<p>Geologia e hidrologia</p> <p>Meteorologia e condições do tempo</p> <p>Estado de "saúde" da bacia hidrográfica e do rio</p> <p>Vida selvagem</p> <p>Usos da água</p> <p>Usos do solo</p> <p>Outras actividades desenvolvidas na bacia hidrográfica com potencial de contaminação da fonte de água</p> <p>Actividades futuras programadas</p>
<b>Águas superficiais</b>	<p>Descrição do tipo de massa hídrica (rio, lago, albufeira, etc.)</p> <p>Características físicas (por ex.: dimensões, profundidade, altitude, estratificação térmica)</p> <p>Caudal e fiabilidade da origem de água</p> <p>Tempos de retenção</p> <p>Constituintes da água (físicos, químicos e microbiológicos)</p> <p>Protecções (por ex.: acessos, vedações)</p> <p>Actividades recreativas e outras actividades humanas</p> <p>Transporte de água</p>

COMPONENTE DO SISTEMA	INFORMAÇÃO A CONSIDERAR
<b>Águas subterrâneas</b>	<p>Aquífero confinado ou não confinado</p> <p>Hidrogeologia do aquífero</p> <p>Caudal e direcção de escoamento</p> <p>Características de diluição</p> <p>Área de recarga</p> <p>Protecção do poço</p> <p>Profundidade do poço</p> <p>Transporte de água</p>
<b>Sistemas de tratamento</b>	<p>Processos de tratamento (incluindo processos opcionais)</p> <p>Características de projecto do equipamento</p> <p>Automação e equipamento de monitorização</p> <p>Produtos químicos utilizados no processo de tratamento</p> <p>Eficiências do tratamento</p> <p>Taxa de remoção de patogénicos através da desinfecção</p> <p>Residual de desinfectante <i>versus</i> tempo de contacto</p>
<b>Reservatórios de serviço e sistemas de distribuição</b>	<p>Características de projecto dos reservatórios</p> <p>Tempos de retenção</p> <p>Variações sazonais</p> <p>Protecções (por ex.: coberturas, vedações, acessos)</p> <p>Características de projecto do sistema de distribuição</p> <p>Parâmetros de funcionamento hidráulico (pressões, caudais)</p> <p>Protecção contra retorno de água domiciliária</p> <p>Residual de desinfectante</p> <p>Subprodutos da desinfecção</p>

### 2.2.3 Construção e validação do diagrama de fluxo

O objectivo da elaboração do diagrama de fluxo do sistema de abastecimento é o de fornecer uma visão clara e sequencial de todas as etapas envolvidas desde a captação de água bruta até à torneira do consumidor. Este diagrama deverá incluir todos os elementos da infra-estrutura física, de forma a ser possível identificar perigos e pontos de controlo relativos a todo o processo de produção de água potável e deverá, posteriormente, ser verificado e validado. A validação do diagrama de fluxo será realizada através de:

- Verificação da abrangência das etapas consideradas.
- Correção dos elementos constantes no diagrama.
- Confirmação do diagrama através de visita ao sistema.

É essencial que a representação do sistema seja o mais fiel possível para evitar correr-se o risco de não serem identificados todos os perigos significativos e, conseqüentemente, não se considerarem medidas e pontos de controlo apropriados.

## 2.3 Avaliação do sistema

### 2.3.1 Identificação de perigos

A informação constante do diagrama de fluxo e o conhecimento do funcionamento do sistema constituem as bases para a identificação dos perigos relacionados com a deterioração da qualidade da água. Devem ser considerados todos os potenciais perigos biológicos, físicos, químicos e radiológicos susceptíveis de estar associados ao sistema de abastecimento.

Na identificação de perigos, pode adoptar-se a seguinte metodologia:

- Análise de perigos na fonte, no tratamento e na distribuição.  
Em cada etapa do diagrama de fluxo, tratar-se-á de:
  - identificar o que pode causar contaminação;
  - associar as medidas de controlo a cada perigo.
- Consideração de outros factores influenciadores da ocorrência de perigos, tais como:
  - variação de circunstâncias devidas ao tempo;
  - contaminação accidental ou deliberada;
  - medidas de controlo de poluição nas fontes;
  - tratamento de águas residuais a montante da captação;
  - práticas de recolha de água e de armazenamento;
  - higienização de elementos do sistema;
  - manutenção da rede de distribuição e práticas de protecção.

Seguidamente, a título de exemplo e numa descrição sucinta, referem-se os principais aspectos relacionados com cada um dos tipos de perigos a considerar.

Os perigos biológicos estão geralmente associados à presença na água de microrganismos patogénicos (bactérias, vírus e protozoários) e algas tóxicas que podem constituir ameaças para a saúde. Muitos deles têm origem na fonte e podem ser reduzidos ou eliminados através de técnicas de desinfecção adequadas, procedendo-se, para tal, à escolha de um desinfectante adequado na fase de tratamento e à garantia de doses residuais na distribuição e no armazenamento.

Deve exigir-se que a concentração de microrganismos patogénicos seja mantida dentro dos limites legais estabelecidos, de modo a serem garantidos os objectivos de qualidade. Geralmente, estes microrganismos têm origem em contaminação fecal, através do contacto de águas residuais que entram indevidamente no sistema de abastecimento. Outras possibilidades de contaminação podem estar relacionadas, por exemplo, com criação de animais domésticos, pássaros, vermes no interior e à volta de reservatórios, etc.

Os perigos químicos estão geralmente associados à presença de substâncias químicas em concentrações tóxicas que podem ser nocivas para a saúde. Estas substâncias podem ocorrer naturalmente ou surgirem durante as operações e os processos de tratamento e nas fases de transporte e reserva da água. Existe um grande número de constituintes químicos (orgânicos ou inorgânicos) que podem influenciar significativamente a qualidade da água. Dependendo da sua toxicidade, podem causar graves perturbações de saúde a curto prazo (no caso de substâncias de toxicidade aguda muito elevada), potenciar doenças crónicas (no caso de substâncias de baixa toxicidade aguda consumidas diariamente durante longos períodos de tempo) ou, embora não constituindo perigo directo para a saúde, interferir nas características organolépticas da água.

Em particular, deve ter-se especial atenção à ocorrência de subprodutos da desinfecção, em resultado da reacção entre as substâncias utilizadas na eliminação de microrganismos e a matéria orgânica de origem natural, eventualmente presente na água bruta.

Os perigos físicos estão geralmente associados às características estéticas da água, tais como cor, turvação, cheiro e sabor. São

características de apreciação imediata, susceptíveis de levar os consumidores a questionar a qualidade e a segurança da água, podendo, embora, não significar um perigo directo para a saúde humana. Inversamente, uma água de boa aparência estética não significa, necessariamente, que seja adequada para consumo. Constituem exemplos de perigos físicos a presença de sedimentos, de materiais das condutas ou de impermeabilização de tubagens e biofilmes. Estes últimos, podem, também, criar condições para o aparecimento de microrganismos patogénicos, fomentar zonas de biocorrosão e consumir cloro residual.

Os perigos radiológicos estão associados à probabilidade de contaminação da água a partir de fontes de radiação. A radiação pode ser emitida de forma natural ou como resultado de actividades humanas e pode ser originada por: materiais radioactivos que ocorrem naturalmente nas fontes; contaminação por efluentes da indústria mineira; radionuclídeos provenientes de actividades médicas ou de indústrias que utilizam materiais radioactivos.

### **2.3.1.1 Identificação de perigos na fonte**

Numa perspectiva de protecção ambiental, a Directiva-quadro da Água (EC, 2000) contempla objectivos ambiciosos para a gestão de recursos hídricos nas bacias hidrográficas, através de uma abordagem inovadora de redução e controlo da poluição de origem antropogénica proveniente, nomeadamente, das áreas urbanas, de actividade agrícola e de actividade industrial. Do ponto de vista de protecção da qualidade da água destinada a consumo humano, verifica-se que a aplicação conjunta daquela Directiva com a Directiva 80/778/CEE constitui um conjunto normativo de grande importância para a garantia da qualidade das fontes de abastecimento público de água, conciliando preocupações ambientais com princípios de protecção de saúde pública.

A garantia da qualidade da água para abastecimento público destinada a consumo humano está, pois, intimamente relacionada com a protecção da respectiva fonte de água bruta. A gestão das causas de contaminação das águas naturais traduz-se na disponibilidade de uma água com menor grau de contaminação, o que, para além de garantir maior segurança na qualidade da água fornecida aos consumidores, implica um menor esforço no seu processo de tratamento. Com efeito, quanto menos poluída for a água afluente a uma estação de tratamento, menos extensivos e

dispendiosos serão os meios necessários à salvaguarda da saúde pública: a uma menor quantidade de produtos químicos utilizados corresponde uma redução na formação de subprodutos do tratamento e um benefício económico e ambiental decorrente da minimização de custos operacionais, do consumo de recursos e da produção de resíduos.

A compreensão das razões pelas quais ocorrem alterações da qualidade da água bruta é muito importante pois elas podem influenciar os níveis de tratamento exigidos e, por conseguinte, todo o processo de produção de água para consumo humano. Geralmente, esta qualidade é influenciada por factores naturais e antropogénicos. Nos primeiros incluem-se a vida selvagem, o clima, a topografia, a geologia e a vegetação. Os factores antropogénicos resultam, normalmente, na descarga de contaminantes indesejados sob duas formas: pontual (águas residuais municipais e industriais) ou difusa (drenagem urbana e escorrências provenientes de actividades agro-pecuárias).

A protecção da qualidade da água na bacia hidrográfica e na captação constitui a primeira barreira de protecção da qualidade da água no sistema de abastecimento. Nas situações em que a gestão da fonte de água esteja fora da jurisdição da entidade gestora do sistema, o planeamento e a aplicação de medidas de controlo requer a coordenação com quem exerce essa autoridade. Pode não ser possível, de início, aplicar todos os aspectos relacionados com a protecção da fonte de água, mas esta abordagem pode contribuir para sensibilizar os diversos actores institucionais com actividade na bacia para uma gestão integrada da água, pressupondo uma responsabilização solidária na protecção da sua qualidade e na prevenção de riscos de poluição.

As águas subterrâneas de profundidade e de aquíferos confinados são, geralmente, isentas de microrganismos patogénicos e quimicamente estáveis, uma vez que se encontram protegidas de contaminação directa. No entanto, poços ou aquíferos não-confinados podem estar sujeitos a contaminação directa proveniente de descargas ou infiltrações no solo, associadas a actividades agro-pecuárias (patogénicos, nitratos e pesticidas), a descargas de águas residuais domésticas (patogénicos e nitratos) e a disposição de resíduos sólidos.

Os eventos perigosos que podem ter impacto nas fontes de água (bacia hidrográfica, reservatórios de água bruta e área de captação) e que devem ser tidos em consideração como parte

integrante da identificação de perigos, podem incluir, entre outros, os elementos constantes da Tabela 3.

**Tabela 3** Exemplos de eventos perigosos associados às origens de água

COMPONENTE DO SISTEMA	EVENTO PERIGOSO
<b>Bacia hidrográfica</b>	Descargas de águas residuais (domésticas e industriais) Descargas de águas pluviais Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos na bacia hidrográfica (por ex.: fertilizantes e pesticidas) Derrames de hidrocarbonetos (acidentais ou deliberados) Actividades de recreio Matéria fecal proveniente de vida selvagem e criação de gado Disposição de resíduos perigosos (activos ou encerrados) Ocorrências de constituintes em rochas naturais Protecção inadequada da cabeça do poço (poço não selado ou selado inadequadamente); Variações sazonais climáticas (cheias e secas) e desastres naturais
<b>Reservatórios de água bruta e área de captação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso humano / inexistência de zonas condicionadas</li> <li>- Curto circuito hidráulico em reservatórios</li> <li>- Construção inadequada do reservatório de água bruta</li> <li>- Florescências de cianobactérias</li> <li>- Estratificação térmica</li> <li>- Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais</li> <li>- Variações climáticas sazonais (cheias e secas) e desastres naturais</li> <li>- Acções de vandalismo e sabotagem</li> </ul>

### 2.3.1.2 Identificação de perigos no tratamento

Os perigos associados ao processo de tratamento de água estão relacionados com a presença na água bruta de contaminantes de origem natural ou provenientes da actividade humana. Outro tipo de substâncias indesejáveis podem ser introduzidos durante o processo de tratamento, nomeadamente produtos químicos usados no processo de tratamento ou derivados de materiais de

construção em contacto directo com a água. Por razões de deficiente funcionamento de alguns órgãos de tratamento, como por exemplo no caso de filtros, podem ainda verificar-se situações pontuais de elevada turvação ou de aparecimento de elevada contaminação microbiológica ao longo das várias etapas do processo de tratamento e que podem afectar a qualidade da água que é fornecida ao sistema de distribuição.

Os eventos perigosos que podem ter impacto no tratamento e que devem ser tidos em consideração como parte integrante da identificação de perigos, podem incluir, entre outros, os elementos constantes da Tabela 4.

**Tabela 4** Exemplos de eventos perigosos associados ao tratamento

COMPONENTE DO SISTEMA	EVENTO PERIGOSO
<b>Sistema de tratamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variações significativas de caudal no sistema de tratamento</li> <li>- Processos unitários de tratamento inadequados ou equipamento deficiente</li> <li>- Incapacidades no controlo de processos de tratamento</li> <li>- Utilização de reagentes de inadequada qualidade</li> <li>- Utilização de produtos e materiais não certificados ou contaminados</li> <li>- Deficiências na dosagem de produtos químicos</li> <li>- Mau funcionamento de equipamentos</li> <li>- Falhas nos alarmes e nos equipamentos de monitorização</li> <li>- Falhas eléctricas, mecânicas ou estruturais</li> <li>- Poluição deliberada ou acidental</li> <li>- Sabotagem e desastres naturais</li> <li>- Formação de subprodutos da desinfecção</li> <li>- Contaminação cruzada (água – água residual)</li> <li>- Passagem de algas para os filtros em concentrações elevadas</li> </ul>

### 2.3.1.3 Identificação de perigos na distribuição

A presença de desinfectante residual (normalmente cloro) ao longo de todo o sistema de distribuição garante, em princípio, uma distribuição de água segura contra eventuais recontaminações e crescimento de microrganismos em biofilmes aderentes às



paredes das condutas. No entanto, a presença de precursores, em conjunto com substâncias desinfectantes, pode determinar a formação de subprodutos indesejáveis (por exemplo trihalometanos), cujas concentrações devem ser mantidas abaixo dos valores permitidos legalmente. Para atender a este problema, têm sido registado algumas vantagens na utilização de cloraminas como produto desinfectante.

Os eventos perigosos que podem ter impacto na distribuição e que devem ser tidos em consideração como parte integrante da identificação de perigos, podem incluir, entre outros, os elementos constantes da Tabela 5.

**Tabela 5** Exemplos de eventos perigosos associados à distribuição

COMPONENTE DO SISTEMA	EVENTO PERIGOSO
<b>Sistema de distribuição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reservatórios e aquedutos não cobertos</li> <li>- Acesso não autorizado de pessoas e animais</li> <li>- Curto circuito hidráulico em reservatórios/zonas mortas</li> <li>- Utilização de materiais e de revestimentos inadequados</li> <li>- Corrosão em reservatórios e em redes de condutas</li> <li>- Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas</li> <li>- Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos</li> <li>- Rupturas de condutas/fissuras</li> <li>- Operações inadequadas de reparação, manutenção e limpeza de reservatórios</li> <li>- Desinfecção deficiente após operações de reparação</li> <li>- Variações de caudais/pressões inadequadas</li> <li>- Residual de cloro inadequado</li> <li>- Formação de subprodutos da desinfecção</li> <li>- Falhas nos sistemas de alarme e no equipamento de monitorização</li> <li>- Sabotagem e desastres naturais</li> <li>- Ligações ilegais</li> <li>- Deterioração da qualidade da água nos reservatórios</li> </ul>

### 2.3.2 Caracterização de riscos

A definição de medidas de controlo deve basear-se na priorização de riscos associados a um perigo ou a um evento perigoso. Na literatura científica encontram-se variadas formas para definir risco. A mais comum considera um risco como sendo a probabilidade de ocorrência de um perigo causador de danos a uma certa população a ele exposta num determinado intervalo de tempo e considerando a magnitude desse dano. Um risco pode, assim, traduzir-se pelo produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejado pelo respectivo efeito causado numa determinada população. Os eventos perigosos com maior severidade de consequências e maior probabilidade de ocorrência devem merecer maior consideração e prioridade relativamente àqueles cujos impactos são insignificantes ou cuja ocorrência é muito improvável.

#### 2.3.2.1 Priorização de riscos

A avaliação dos perigos identificados, usando uma metodologia de priorização de riscos, assenta, genericamente, numa apreciação baseada em bom senso e no conhecimento aprofundado das características do sistema em apreciação, podendo definir-se para tal uma matriz de classificação de riscos semi-quantitativa.

Assim, para avaliar o risco associado a cada perigo, estabelece-se a probabilidade dele ocorrer, através de uma *Escala de Probabilidade de Ocorrência*, e as consequências para a saúde da população abastecida, através de uma *Escala de Severidade das Consequências*. Aplicando esta metodologia, a probabilidade de ocorrência é definida através de um julgamento sobre a estimativa de frequência com que o acontecimento pode ocorrer; a severidade das consequências é caracterizada em três classes de eventos: letal (mortalidade significativa para uma determinada população), nociva (morbilidade afectando uma parte de uma população) e de impacto negligenciável ou nulo. As pontuações a aplicar podem usar uma escala de pesos de 1 a 5, de acordo com a gravidade crescente do perigo. Um exemplo de aplicação desta abordagem apresenta-se nas Tabelas 6 e 7.

**Tabela 6** Exemplo de Escala de Probabilidade de Ocorrência (adaptado de WHO, 2004)

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Peso
Quase certa	Espera-se que ocorra 1 vez por dia	5
Muito provável	Vai acontecer provavelmente 1 vez por semana	4
Provável	Vai ocorrer provavelmente 1 vez por mês	3
Pouco provável	Pode ocorrer 1 vez por ano	2
Raro	Pode ocorrer em situações excepcionais (1 vez em 10 anos)	1

**Tabela 7** Exemplo de Escala de Severidade de Consequências (adaptado de WHO, 2004)

Severidade das consequências	Descrição	Peso
Catastrófica	Letal para uma parte significativa da população ( $\geq 10\%$ )	5
Grande	Letal para uma pequena parte da população ( $< 10\%$ )	4
Moderada	Nocivo para uma parte significativa da população ( $\geq 10\%$ )	3
Pequena	Nocivo para uma pequena parte da população ( $< 10\%$ )	2
Insignificante	Sem qualquer impacto detectável	1

A priorização de riscos é determinada após a classificação de cada perigo com base naquelas escalas, construindo-se uma *Matriz de Classificação de Riscos*. As pontuações desta matriz, constantes da Tabela 8, são obtidas através do cruzamento da escala de probabilidade de ocorrência (linhas) com a escala de severidade das consequências (colunas).

**Tabela 8** Exemplo de Matriz de Classificação de Riscos

Probabilidade de Ocorrência	Severidade das Consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	5	10	15	20	25
Muito provável	4	8	12	16	20
Provável	3	6	9	12	15
Pouco provável	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

A avaliação qualitativa desta matriz pode ainda conduzir ao estabelecimento de uma *Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos*, conforme se apresenta na Tabela 9.

**Tabela 9** Exemplo de Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos

Probabilidade de Ocorrência	Severidade das Consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Muito provável	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Provável	Baixo	Moderado	Moderado	Elevado	Elevado
Pouco provável	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Moderado
Raro	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Impõe-se referir que a aplicação desta metodologia deve incorporar bom senso, de modo a poderem distinguir-se situações que, embora apresentem pontuações semelhantes, representam situações de perigo distintas. Assim, eventos perigosos que ocorrem muito raramente com consequências catastróficas devem ter maior prioridade para controlo do que outros que, embora ocorrendo com maior frequência, apresentam impactos limitados na saúde pública.

Na elaboração de um PSA podem considerar-se Pontos de Controlo (PC) os elementos do sistema onde se verificam perigos classificados com pontuações de risco com valor igual ou superior a 6 (Moderado).

### 2.3.2.2 Definição de PCC

Para cada PC encontrado, segue-se a identificação dos locais onde é absolutamente essencial prevenir, eliminar ou reduzir um perigo dentro de limites aceitáveis (Pontos de Controlo Críticos - PCC) que pode ser feita, de forma estruturada e sistemática, com auxílio de uma árvore de decisão como a que se apresenta na Figura 5, pressupondo-se o conhecimento prévio das medidas de controlo implementadas no sistema.

Esta metodologia baseia-se num processo iterativo de respostas a um conjunto de quatro questões que devem ser colocadas a cada

evento perigoso, de modo a concluir-se se uma determinada fase do processo constitui, ou não, um PCC:

- Q1. Nesta fase existem medidas de controlo para o perigo identificado?

Se a resposta for SIM, deve passar-se à questão 2. Se a resposta for NÃO, passa-se à questão suplementar para confirmar se o controlo é necessário para garantir a segurança da água. Se não for necessário um controlo desse ponto, então não é um PCC. Caso contrário, é necessário modificar a fase do processo.

- Q2. Esta fase consegue eliminar ou reduzir a probabilidade de aparecimento de perigo até um nível aceitável?

Esta questão deve ser respondida com o auxílio do diagrama de fluxo do sistema, tendo em conta que é a operação ou a fase do processo que está a ser questionada e não as medidas de controlo. A pergunta é feita para se saber se a operação ou fase do processo consegue controlar o perigo. Se a resposta for SIM, então é um PCC. Se a resposta for NÃO, deve passar-se à questão 3.

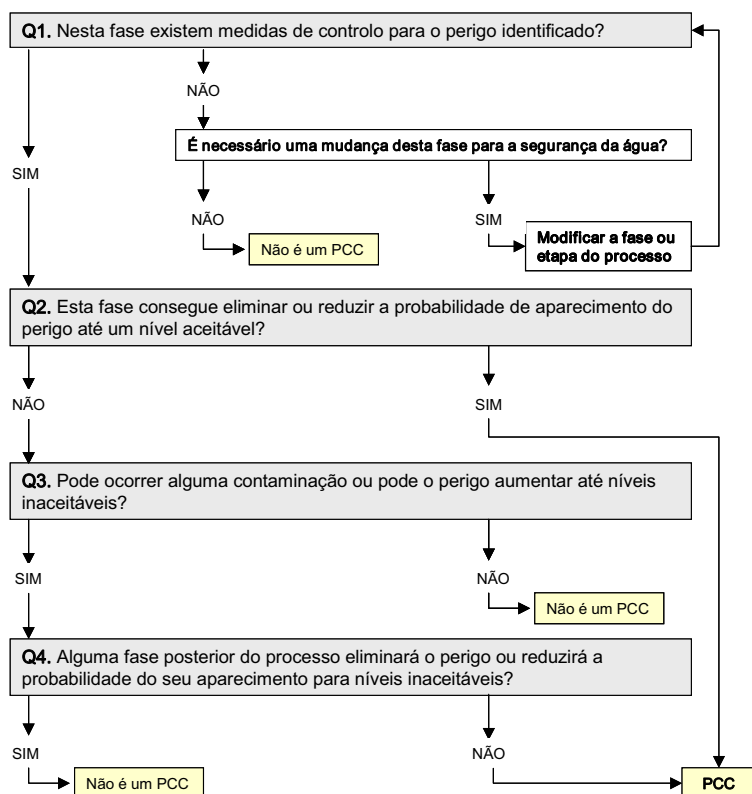
- Q3. Pode ocorrer alguma contaminação ou pode o perigo aumentar até níveis inaceitáveis?

Esta questão requer uma avaliação de perigos, bem como um correcto conhecimento do processo. Se não houver total segurança relativamente à resposta a esta questão, deve assumir-se a resposta SIM, e passar-se à questão 4. Se a resposta for NÃO, então não é um PCC.

- Q4. Alguma fase posterior do processo eliminará o perigo ou reduzirá a probabilidade do seu aparecimento para níveis inaceitáveis?

Esta questão permite avaliar se, apesar da existência de um perigo nessa fase do processo, ele consegue ser eliminado numa outra fase a jusante. Se a resposta for SIM, então não é um PCC. Se a resposta for NÃO, então foi identificado um PCC.

A sequência de respostas SIM ou NÃO (por ex.: S,N,S,N) deve ser referida nas fichas de avaliação do sistema, de modo a facilitar a percepção do caminho percorrido na árvore de decisão.



**Figura 5** Exemplo de árvore de decisão para a definição de PCC

Deve salientar-se que da aplicação da árvore de decisão pode concluir-se que: (i) uma fase subsequente do processo pode ser mais eficiente no controlo de um perigo e, como tal, identificar-se aí o PCC; (ii) mais do que um perigo pode ser controlado por uma medida de controlo; (iii) mais do que uma fase do processo pode estar envolvida no controlo de um determinado perigo.

### 2.3.3 Identificação e avaliação de medidas de controlo

A avaliação e o planeamento das medidas de controlo, baseados na identificação de perigos, devem garantir que os objectivos de saúde pública serão atingidos. O nível de controlo aplicado deve ser proporcional aos resultados obtidos na priorização de riscos. Esta etapa da elaboração do PSA pode envolver:

- A identificação das medidas de controlo existentes para cada perigo, desde a captação até à torneira do consumidor.
- A avaliação da eficácia das medidas de controlo, quando consideradas em conjunto, garantindo o controlo dos riscos em níveis aceitáveis.
- A avaliação de medidas de controlo alternativas e adicionais em caso de melhorias a aplicar no sistema.

A identificação e aplicação das medidas de controlo devem ser baseadas no princípio das barreiras múltiplas. A consistência desta abordagem baseia-se no facto de se considerar que a falha de uma barreira pode ser compensada pelo correcto funcionamento de barreiras remanescentes, minimizando a probabilidade de substâncias contaminantes poderem atravessar todo o sistema e permanecerem em concentrações capazes de causar doença aos consumidores. Desta forma, várias medidas de controlo podem ser necessárias para controlar vários perigos, assim como alguns perigos podem requerer a adopção de mais do que uma medida de controlo para o seu efectivo controlo.

### **2.3.3.1 Identificação e avaliação de medidas de controlo na Fonte**

A protecção eficiente da qualidade da água na bacia hidrográfica e na captação deve incluir:

- A elaboração e a aplicação de um plano de gestão de bacia hidrográfica que inclua medidas de controlo para protecção das origens de água superficial e subterrânea.
- A garantia de que as normas regulamentares incluem a protecção da água contra actividades poluentes (planeamento de uso do solo e gestão de linhas de água) e de que são efectivamente cumpridas.
- A promoção de consciencialização da comunidade para os potenciais impactos negativos na qualidade da água das actividades antropogénicas.

As medidas de controlo a estabelecer para protecção de origens de água devem ter em conta a caracterização de riscos e podem incluir, entre outros, os elementos constantes da Tabela 10.

**Tabela 10** Exemplo de medidas de controlo associadas às origens de água

COMPONENTE DO SISTEMA	MEDIDAS DE CONTROLO
<b>Bacia hidrográfica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proibições e limitações aos usos do solo</li> <li>- Registo de produtos químicos utilizados na bacia hidrográfica</li> <li>- Especificações de protecção especial para a indústria química ou estações de serviço</li> <li>- Mistura/desestratificação de albufeiras para reduzir o crescimento de cianobactérias ou para reduzir a zona anóxica do hipolímio e a solubilização de ferro e manganês dos sedimentos</li> <li>- Controlo das actividades humanas dentro das fronteiras da bacia hidrográfica</li> <li>- Controlo das descargas de águas residuais</li> <li>- Aplicação de normas regulamentares ambientais para o licenciamento de actividades poluentes</li> <li>- Fiscalização regular na bacia hidrográfica</li> <li>- Protecção de linhas de água</li> <li>- Intercepção de escoamentos superficiais</li> <li>- Prevenção de actividades poluidoras clandestinas</li> </ul>
<b>Reservatórios de água bruta e área de captação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantia de capacidade de armazenamento de água disponível durante períodos de seca e de cheia</li> <li>- Localização e protecção adequadas da captação</li> <li>- Escolha apropriada da profundidade de captação em albufeiras</li> <li>- Construção apropriada de poços e estabelecimento de mecanismos de segurança</li> <li>- Localização adequada de poços</li> <li>- Sistemas de segurança contra intrusão</li> <li>- Sistemas de segurança para prevenir actividades clandestinas</li> <li>- Minimização de tempos de retenção para prevenir crescimento anormal de algas</li> <li>- Garantia de impermeabilização adequada dos reservatórios de água bruta</li> <li>- Estabelecimento de programas de limpeza para remoção de matéria orgânica</li> </ul>



### 2.3.3.2 Identificação e avaliação de medidas de controlo no Tratamento

Após a protecção da fonte, a barreira seguinte que surge no diagrama de fluxo de um sistema de abastecimento para impedir a deterioração da qualidade da água é constituída pelo conjunto de operações e processos de tratamento a que a água é submetida. Como referido anteriormente, a complexidade do esforço de tratamento necessário é directamente proporcional à contaminação da água bruta.

Salvo situações excepcionais, a água captada na natureza com destino a abastecimento público deve ser submetida a tratamento adequado antes de entrar nos sistemas de distribuição, por forma a garantir-se o seu consumo com segurança, isto é, com características que satisfaçam as normas de qualidade estabelecidas. A alteração da qualidade da água bruta obtém-se através de várias etapas de tratamento que se interligam de forma coerente num determinado espaço físico, constituindo uma estação de tratamento de água (ETA).

As várias etapas de tratamento a que se submete a água são estabelecidas tendo em consideração a sua história, isto é, as suas características na origem, e são constituídas por operações físicas e por processos químicos e biológicos.

Geralmente, as águas subterrâneas constituem fontes de água fresca não contaminada e de qualidade uniforme que, após tratamentos simples (remoção de minerais e de gases dissolvidos), são facilmente utilizáveis para abastecimento público. Em alguns casos, as águas subterrâneas podem ser distribuídas sem qualquer tratamento quando contêm suficiente oxigénio dissolvido. Contudo, por precaução e para protecção de contaminação potencial no sistema de distribuição, são geralmente desinfectadas (com cloro) e corrigido o seu pH. Quando não contêm oxigénio dissolvido, estão geralmente presentes  $H_2S$  e iões dissolvidos de ferro e manganês. Nesse caso, torna-se necessário efectuar o arejamento da água (para introdução de oxigénio, remoção de  $H_2S$  e diminuição de  $CO_2$ ), seguida de posterior filtração para remoção de flocos das formas oxidadas de ferro e manganês, entretanto produzidas. A dureza excessiva, quando presente, é geralmente reduzida por precipitação, utilizando-se cal ou cal e soda. Para estabilizar a água antes da filtração é geralmente utilizado  $CO_2$ .

As captações de águas superficiais são geralmente afectadas por fenómenos de poluição e de eutrofização das massas hídricas. De facto, e como já foi referido, a qualidade destas águas depende muito dos usos a que é submetida, nomeadamente de práticas agrícolas, de descargas de fontes poluidoras domésticas e industriais, de obras hidráulicas e até de flutuações hidrológicas e climatológicas que se verificam ao nível da bacia hidrográfica.

O tratamento das águas lóticas constitui normalmente um desafio permanente à adaptação operacional das estações de tratamento, de modo a produzir água para abastecimento público a partir de águas com qualidade variável ao longo do ano. O conjunto de operações a que geralmente se designa por tratamento convencional (coagulação, floculação, sedimentação e filtração) constitui a base dos esquemas geralmente utilizados para tratar estas águas superficiais.

As águas de lagos e albufeiras, por apresentarem uma pré-sedimentação natural e uma qualidade mais uniforme durante o ano, podem ver simplificadas as respectivas etapas de tratamento. Para evitar o aumento de turvação e remover sabores e cheiros devidos à presença de algas é muitas vezes utilizada a desinfecção (com cloro) no início e final das etapas de tratamento, promovendo em simultâneo a desinfecção da água bruta e estabelecendo um residual na água tratada. Para remoção de compostos causadores de sabores e cheiros é frequentemente utilizado o carvão activado (na forma granular ou em pó). Para remoção de dureza excessiva é também usado o processo de abrandamento por precipitação com cal e soda.

O estabelecimento de um sistema organizado para o tratamento de águas superficiais, mais do que ciência, é uma arte na interligação de operações e processos, atendendo às características de qualidade da origem de água. Em termos gerais, um sistema de tratamento pode incluir um pré-tratamento, o tratamento convencional (coagulação, floculação, clarificação, filtração) e a desinfecção.

O pré-tratamento contempla operações prévias ao tratamento propriamente dito e inclui filtros grosseiros, microtamisadores, reservatórios de água bruta e filtração em taludes. As opções de pré-tratamento devem ser compatíveis com os processos de tratamento a adoptar, os quais podem apresentar complexidade variável, desde a simples desinfecção até filtração com uso de

membranas. O pré-tratamento pode reduzir ou estabilizar cargas de matéria orgânica natural e microbiológicas.

As operações e os processos de coagulação, floculação, clarificação (sedimentação ou flotação) e filtração promovem a remoção de partículas, incluindo microrganismos (bactérias, vírus e protozoários). É muito importante que o processo seja otimizado e controlado para que se consiga um desempenho consistente e fiável. Neste processo, a coagulação química constitui uma etapa determinante para a eficiência na remoção de partículas, podendo a sua ineficiência ou falha significar elevado risco de contaminação microbiológica da água tratada.

No tratamento de água para consumo humano são usados variados processos de filtração, nomeadamente filtração em meios porosos (filtração rápida e lenta em filtros de areia) e filtração por membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa). Desde que projectada e operada de forma adequada, esta operação pode constituir uma barreira efectiva para microrganismos patogénicos. A filtração através de meios porosos pode, inclusivamente, funcionar como barreira única para certos microrganismos patogénicos para os quais a desinfecção é ineficiente (como por exemplo no caso da eliminação de *Cryptosporidium*, quando se utiliza o cloro como desinfectante).

A grande maioria dos sistemas de tratamento utiliza cloro ou cloraminas no processo de desinfecção da água, favorecendo, assim, a presença de residuais de cloro nos sistemas de distribuição. Outros métodos de desinfecção compreendem o uso de ozono, radiação ultra-violeta e dióxido de cloro. Estes processos são muito eficientes na eliminação de bactérias e razoavelmente efectivos na inactivação de vírus e muitos protozoários, incluindo *Giardia*. Nas concentrações geralmente aplicadas em sistemas de abastecimento público, o cloro e as cloraminas não são efectivos na inactivação de *Cryptosporidium*, sendo para esse efeito pouco eficiente o uso de ozono e dióxido de cloro e muito eficiente a aplicação de radiação ultra-violeta. A utilização apropriada de diferentes combinações de desinfectantes pode otimizar o processo de remoção de microrganismos patogénicos.

A consideração judiciosa de tempos de contacto do desinfectante nos tanques de água tratada pode, também, contribuir para aumentar a eficiência do processo de desinfecção.

As medidas de controlo a estabelecer para o tratamento eficiente de água devem ter em conta a caracterização de riscos e podem incluir, entre outros, os elementos constantes da Tabela 11.

**Tabela 11** Exemplo de medidas de controlo associadas ao tratamento de água

COMPONENTE DO SISTEMA	MEDIDAS DE CONTROLO
<b>Sistema de tratamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formação de recursos humanos com regularidade adequada</li> <li>- Tratamento alternativo para dar resposta a situações que ocorram sazonalmente</li> <li>- Controlo de produtos químicos usados no tratamento</li> <li>- Controlo do funcionamento de equipamentos</li> <li>- Registo dos cálculos das dosagens adoptados</li> <li>- Disponibilidade de sistemas de reserva</li> <li>- Optimização dos processos de tratamento, incluindo: (i) doseamento de produtos químicos; (ii) lavagem de filtros; (iii) caudais; (iv) pequenas adaptações</li> <li>- Esquemas de segurança para prevenir sabotagem e actividades ilegais não autorizadas</li> <li>- Gestão adequada de <i>stocks</i> de produtos químicos</li> </ul>

### 2.3.3.3 Identificação e avaliação de medidas de controlo na Distribuição

O processo de tratamento de água deve ser controlado de modo a prevenir-se o crescimento microbiológico na rede de distribuição, a corrosão do material das condutas adutoras e a formação de biofilmes e depósitos, através de acções que incluem:

- Eliminação contínua e eficaz de partículas e produção de água com pequena turvação.
- Precipitação e remoção de ferro e manganês.
- Minimização de perdas de residual de coagulante (dissolvido, coloidal ou particulado) para jusante do processo de tratamento, evitando a sua eventual deposição posterior em reservatórios e redes de condutas.

- Redução de matéria orgânica dissolvida, especialmente o carbono orgânico biodegradável, que é uma fonte de nutrientes para microrganismos.
- Manutenção do potencial de corrosão dentro dos limites que evitem consumo de desinfectante e danos nos materiais estruturais.

Para além de aspectos de projecto e de operação, a qualidade da água dentro do sistema de distribuição depende, em grande medida, do conjunto de procedimentos de inspecção e de manutenção adoptados pela entidade gestora para prevenir a contaminação e promover a limpeza das condutas. Pelo facto desta parte do sistema de abastecimento se situar mais próxima do consumidor, qualquer foco de contaminação que se verifique no sistema de distribuição pode pôr em causa directamente a saúde pública, comprometendo todos os cuidados e medidas de controlo entretanto tomadas nas etapas a montante (fonte e tratamento).

As características especiais de um sistema de distribuição, geralmente composto por uma extensa rede de condutas e uma grande quantidade de reservatórios, ligações (domésticas e industriais), juntas e acessórios diversos, para além de frequentes acções de manutenção e reparação, proporciona condições para uma elevada probabilidade de ocorrência de contaminações e de acções clandestinas e de vandalismo. Assim, as medidas de controlo a estabelecer para garantir a qualidade da água num sistema de distribuição devem incidir em boas práticas de operação e manutenção de condutas e reservatórios e na minimização de factores e fenómenos que possam provocar o reaparecimento de microrganismos (biofilmes) e a pós-contaminação da água por acções indevidas.

De uma forma geral, a identificação de perigos que podem comprometer a qualidade da água durante o seu transporte (adutoras e condutas de distribuição) e a sua reserva (reservatórios) pode atender aos seguintes aspectos:

- Contaminação proveniente de infiltração de águas freáticas poluídas em zonas de baixos níveis piezométricos da rede.
- Entrada de germes, nutrientes e substâncias químicas perigosas através de fissuras e rupturas nas condutas ou resultantes de obras de reparação e de limpeza ou de ligações de águas residuais indevidas.

- Contaminação microbiológica originada em reservatórios (devido a limpezas e sistemas de ventilação).
- Absorção de substâncias químicas perigosas e matéria orgânica das paredes de condutas e reservatórios ou de redes domiciliárias.
- Formação de compostos tóxicos causados por agentes de desinfecção.
- Contaminação deliberada devida a acções clandestinas ou sabotagem.

O estabelecimento de políticas correctas de operação e manutenção de sistemas de distribuição, incluindo reservatórios e redes de condutas, é condição *sine qua non* para garantir uma água segura nas suas características físicas, químicas e microbiológicas.

As redes de condutas e os reservatórios devem ser confinados e correctamente protegidos contra intrusões indevidas. A forma como são abordadas as operações de manutenção e reparação de deficiências e rupturas nos elementos do sistema de distribuição deve ter sempre em consideração a extrema facilidade de se favorecerem condições de contaminação da água em locais muito próximos dos pontos de consumo e a dificuldade, ou mesmo impossibilidade, de remediar, em tempo útil, essas situações. Por outro lado, a contaminação externa pode ser controlada através da manutenção da rede sob pressão e aplicando medidas que limitem a probabilidade de ocorrência de situações de ligações inadequadas ou indevidas em condutas, bem como limitar acessos não autorizados a reservatórios.

As medidas de controlo a aplicar podem ser de diversa índole, considerando, nomeadamente, o uso de desinfectantes secundários mais estáveis (por ex.: cloraminas), a adopção de métodos operacionais conducentes a limitar o tempo de retenção da água no sistema e a aplicação de esquemas programados para substituição, reparação e manutenção de condutas.

As medidas de controlo a estabelecer para a distribuição de água devem ter em consideração a caracterização de riscos e podem incluir, entre outros, os elementos constantes da Tabela 12.

**Tabela 12** Exemplo de medidas de controlo associadas à distribuição de água

COMPONENTE DO SISTEMA	MEDIDAS DE CONTROLO
<b>Sistema de distribuição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manutenção programada do sistema de distribuição</li> <li>- Disponibilidade de sistemas de reserva (energia eléctrica)</li> <li>- Manutenção de desinfectante residual em concentrações adequadas</li> <li>- Protecção rigorosa de condutas e reservatórios</li> <li>- Boas práticas para trabalhos de reparação de condutas e posteriores trabalhos de desinfecção</li> <li>- Garantia de pressões adequadas na rede</li> <li>- Disponibilidade de sistemas de prevenção de actos de sabotagem e de actividades clandestinas.</li> </ul>

## 2.4 Monitorização operacional

Após a definição das medidas de controlo estabelecidas para cada uma das etapas do sistema de abastecimento (fonte, tratamento e distribuição), é essencial que a entidade gestora assegure procedimentos de avaliação do sistema, de modo a garantir que o mesmo funcione em devidas condições. A monitorização operacional assegura, de forma estruturada e organizada, o suporte à gestão da operação do sistema, contribuindo para que as medidas de controlo sejam eficazes.

Os parâmetros seleccionados para monitorização operacional devem reflectir a eficácia de cada medida de controlo, proporcionar uma indicação de desempenho imediata e serem susceptíveis de medição imediata, permitindo, assim, uma pronta resposta.

### 2.4.1 Estabelecimento de limites críticos

As medidas de controlo devem ter limites definidos para a sua tolerância operacional, podendo ser monitorizadas directa ou indirectamente através de indicadores. Para cada perigo potencial há que estabelecer os respectivos Limites Críticos (LC), determinando-se, assim, os objectivos a serem cumpridos pelo sistema, de modo a garantir a qualidade da água dentro dos limites impostos pela legislação em vigor. Se da actividade de monitorização se concluir que o limite de um determinado

processo operacional foi ultrapassado, então pode concluir-se que se atingiu uma situação de incumprimento.

Os limites a impor podem ser limites superiores, limites inferiores, um intervalo ou um conjunto de medidas de desempenho (decorrentes de observação directa). Os LC constituem valores que separam a aceitabilidade da inaceitabilidade do funcionamento do sistema e devem ser mensuráveis directa ou indirectamente.

O estabelecimento dos LC deve ter em conta a legislação em vigor aplicável aos sistemas de abastecimento de água em Portugal, nomeadamente:

- Directiva 80/778/CEE – Água bruta;
- Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto;
- Directiva 98/83/CE – Água para consumo humano;
- Decreto-Lei 243/2001, de 5 de Setembro.

Para além destes documentos legais, podem ser utilizadas, quando aplicável, as normas da Organização Mundial de Saúde (*Guidelines for Drinking Water Quality*, 2004).

Na definição paramétrica dos LC é recomendável que se imponha uma margem de segurança relativamente aos valores estabelecidos nas normas legais em vigor, assim como se deve atender ao histórico dos dados de qualidade, registados num período suficientemente alargado, para garantir fiabilidade na análise de tendência dos parâmetros em causa.

## **2.4.2 Estabelecimento de procedimentos de monitorização**

A verificação do cumprimento dos LC estabelecidos deve ser realizada através de monitorização da qualidade da água (planeamento de uma sequência de observações e medidas dos parâmetros caracterizadores dessa qualidade) indispensável à garantia de que o processo está sob controlo. A monitorização deverá ser efectuada, procurando dar respostas a questões do tipo “O Quê?”, “Onde?”, “Como?”, “Quando?”, “Quem?”. Nesta etapa, fixam-se os pontos de amostragem que garantem a representatividade da qualidade da água no sistema, bem como a respectiva frequência de amostragem (por exemplo, *on-line*, diária,



anual), tendo em consideração o perigo que lhe está associado e o tempo de resposta do sistema necessário para fazer face à violação de um LC.

A monitorização operacional na fonte de água bruta deve atender às características da origem de água (superficial ou subterrânea) e ao seu nível de contaminação. Esta monitorização pode incluir turvação, cor, crescimento algal, caudais, condutividade e acontecimentos meteorológicos locais.

Os parâmetros a considerar na monitorização operacional do sistema de tratamento devem ser adequados aos respectivos processos envolvidos, nos quais se pode incluir, nomeadamente, turvação, cor, pH, tempo de contacto de desinfecção e intensidade de UV.

No sistema de distribuição, a monitorização operacional pode incluir concentração de cloro residual inicial e na rede, medição de pressão e turvação. A medição de bactérias heterotróficas pode constituir, também, um bom indicador de alterações, como por exemplo, aumento de potencial de pós-contaminação, aumento de actividade de biofilmes ou sintoma de rupturas no sistema.

Os procedimentos de monitorização devem ser organizados em planos de monitorização que devem ser exaustivos na avaliação do desempenho ao longo de todo o sistema de abastecimento e devem conter a seguinte informação:

- Parâmetros a monitorizar.
- Locais e frequência de amostragem.
- Métodos de amostragem e equipamento utilizado.
- Programação de amostragem.
- Procedimentos para o controlo de qualidade dos métodos analíticos.
- Requisitos para verificação e interpretação de resultados.
- Responsabilidades e qualificações necessárias de pessoal.
- Requisitos para documentação e gestão de registos.
- Requisitos para relatórios e comunicação de resultados.

### 2.4.3 Estabelecimento de acções correctivas

Sempre que, através da monitorização, se detecte que os LC foram ultrapassados, torna-se necessário aplicar acções correctivas de modo a assegurar o seu controlo dentro dos valores permitidos. Em certas etapas do sistema, a ocorrência de desvios relativamente aos LC estabelecidos pode exigir uma acção correctiva quase instantânea, pois a sua não superação pode ter consequências catastróficas.

Os perigos considerados nos pontos de controlo críticos devem ser eliminados ou reduzidos através de uma ou mais acções correctivas, garantindo-se, desta forma, os objectivos de qualidade pretendidos e a renovação do funcionamento do sistema dentro dos valores previamente estabelecidos.

## 2.5 Planos de gestão

Para atingir os seus objectivos, o PSA deve conter planos de gestão que descrevem as acções a tomar e documentam a avaliação e a monitorização do sistema e que contêm os seguintes requisitos:

- Avaliação do sistema de abastecimento.
- Monitorização operacional programada.
- Procedimentos sistematizados para a gestão de qualidade da água, incluindo documentação e comunicação.
- Desenvolvimento de programas para renovação e melhoramentos do sistema.
- Estabelecimento de protocolos apropriados para responder a incidentes (planos de emergência).

Os planos para responder a incidentes podem cobrir vários níveis de alerta: mínimo, aviso prévio, a necessitar de mais investigação e de emergência. Este último nível pressupõe a actuação de outras entidades, para além da gestora do sistema, designadamente, autoridades da saúde e da protecção civil.

## 2.5.1 Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina

Uma vez elaborado o PSA, as instruções nele contidas deverão ser seguidas diariamente para se garantir a qualidade da água fornecida, constituindo assim importantes “ferramentas” de trabalho. Os dados de todo o sistema devem ser registados num relatório de trabalho. Todas as medições efectuadas e todos os resultados obtidos nos pontos de controlo crítico devem ser apresentados de uma forma clara e regularmente avaliados (comparação entre objectivos de qualidade e valores registados). Deste modo, garante-se que os LC estão a ser cumpridos. No caso de se registarem desvios, deve ser assegurado que as acções correctivas preconizadas estão a ser bem executadas.

Após terem sido definidos os perigos, os PCC, os LC, os procedimentos de monitorização e as acções correctivas, ou seja, após a constatação de que a instalação é adequada e de que estão definidas as regras de funcionamento para uma devida manutenção do sistema, é necessário criar um mecanismo de verificação que garanta a sua fiabilidade. Na realidade, e apesar de um perfeito sistema de funcionamento e de uma manutenção regular, pode verificar-se a ocorrência de incidentes pontuais ou graduais no sistema de abastecimento que podem pôr em causa a qualidade da água fornecida.

Estes perigos só podem ser mantidos sob controlo através de verificações sistemáticas e periódicas, as quais podem incluir inspecções visuais, medições físicas *in situ* e análises laboratoriais da água em vários pontos do sistema. Por isso, torna-se necessário elaborar um caderno de instruções com o objectivo de controlar os PCC. Realça-se, aqui, a conveniência de incluir nesta tarefa a problemática da bacia hidrográfica, em especial as zonas de protecção às fontes.

Para o controlo dos PCC, é muito importante que os aparelhos de medição utilizados sejam fiáveis e adequados ao fim em vista. Para tal, deverão ser regularmente inspeccionados e calibrados. No caso de transmissão de resultados medidos à distância (por controlo remoto), o sistema de transmissão deve ser também sujeito a inspecções regulares.

### **2.5.2 Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais**

A possibilidade de se poderem registar eventos de consequências catastróficas aconselha a elaboração de planos de emergência para lhes fazer face. Estes planos devem contemplar eventuais desastres naturais (por ex.: sismos, cheias e secas), acidentes (por ex.: derrames de hidrocarbonetos ou de substâncias tóxicas na bacia hidrográfica), danos na estação de tratamento ou no sistema de distribuição e acções humanas (por ex.: greves e acções de sabotagem). Um plano de emergência deve especificar, de forma clara, os responsáveis pela coordenação das medidas a tomar, os esquemas alternativos para o abastecimento de água de emergência e um plano de comunicação para alertar e informar os consumidores.

Após o registo de situações excepcionais, deve ser promovida uma investigação aprofundada, considerando-se os seguintes elementos de análise:

- Qual a causa primeira de que resultou o acontecimento?
- Como foi inicialmente identificado ou reconhecido o acontecimento?
- Quais as principais acções tomadas?
- Que problemas de comunicação se manifestaram e como foram resolvidos?
- Quais as consequências de curto e longo prazo?
- Como se comportou o plano de emergência?

A ocorrência de acontecimentos excepcionais deve implicar sempre a sua documentação e relato, com vista a preparar a entidade gestora a fazer face a situações semelhantes que possam vir a ocorrer no futuro.

### **2.5.3 Estabelecimento de documentação e de protocolos de comunicação**

O registo de informação é essencial para avaliar a consistência de um PSA e demonstrar o grau de adesão do sistema de abastecimento de água ao PSA. Devem considerar-se cinco tipos de registos:

- Documentação de suporte para o desenvolvimento do PSA.
- Registos e resultados gerados da aplicação do PSA.
- Relatórios da investigação a acontecimentos excepcionais.
- Documentação de métodos e procedimentos utilizados.
- Registos dos programas de formação ministrada ao pessoal.

Através da análise aos registos da monitorização operacional, um operador ou um gestor pode, facilmente, avaliar se um determinado processo está a atingir o seu limite crítico. Esta análise pode ser de muita utilidade na identificação de tendências e na introdução de ajustes operacionais. A revisão periódica dos registos de um PSA é ainda recomendável para a detecção de falhas no sistema e, uma vez definidas as acções correctivas, proceder à sua efectiva execução. Em caso de avaliação externa do sistema, os registos podem também desempenhar um papel essencial nos trabalhos das auditorias a realizar.

As estratégias de comunicação podem incluir:

- Procedimentos para alerta imediato, sempre que ocorram incidentes significativos no sistema de abastecimento de água, podendo, de acordo com a gravidade do acontecimento, incluir a notificação das autoridades de saúde pública, da protecção civil e dos consumidores.
- Informação sumária a ser disponibilizada aos consumidores através, por exemplo, de relatórios anuais ou na *internet*.
- Estabelecimento de mecanismos de recepção e resposta, em tempo útil, a reclamações apresentadas pela comunidade.

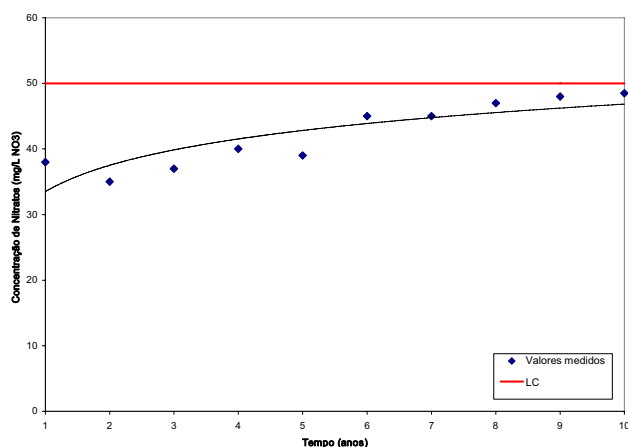
Deve referir-se que a estratégia de comunicação a adoptar deve ter sempre em conta que os consumidores têm direito à informação relativa a parâmetros de qualidade da água que lhes é fornecida e que se relacionam com a saúde pública.

## 2.6 Validação e verificação do PSA

### 2.6.1 Avaliação do funcionamento do PSA

As alterações de médio-longo prazo ocorrem gradualmente sem que, muitas vezes, sejam detectadas através dos procedimentos habituais de monitorização. No entanto, estas alterações podem causar sérias perturbações ao funcionamento correcto do sistema.

Os resultados da eliminação e da manutenção de medidas de controlo (acções) devem, por isso, ser examinadas tanto para alterações evidentes como para tendências suaves no contexto de uma avaliação anual. Atendendo ao fenómeno em avaliação, pode ser necessário alargar o período de avaliação para vários anos, como, por exemplo, detectar o abaixamento do nível freático de águas subterrâneas ou o aumento dos níveis de concentração de nitratos (Figura 6).



**Figura 6** Exemplo da análise de tendência para concentração de nitratos numa origem de água

As considerações precedentes implicam a necessidade de, regularmente, se proceder à validação do PSA. Esta validação tem como objectivo verificar se todos os seus elementos são eficientes e se a informação de suporte está de acordo com os objectivos de qualidade da água, habilitando, deste modo, a conformidade do PSA com os objectivos de segurança e com as políticas de saúde pública.

O âmbito da verificação de métodos, procedimentos ou testes utilizados no PSA pode incluir a revisão de procedimentos de monitorização, dos pontos de controlo, das medidas de controlo, dos testes químicos e microbiológicos, ou a revisão da totalidade do PSA.

A avaliação anual, quer por auditoria interna quer por auditoria externa, inclui uma crítica de todos os aspectos que, directa ou indirectamente, compreendem perigos para a qualidade da água de consumo. Para além da própria qualidade da água, esta avaliação deverá incluir todas as instalações, desde as zonas de protecção à captação até ao ponto de entrega no consumidor, bem como processos relevantes para o sistema de qualidade da entidade gestora do sistema de abastecimento de água.

## 2.7 Resumo dos conteúdos globais de um PSA

Os principais conteúdos em informação e procedimentos que constam de um PSA estão resumidos na Figura 7. Estes conteúdos devem ser organizados em documentos individualizados, conforme se exemplifica na Figura 8.

Conteúdos globais de um PSA	
Fonte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procurar estabelecer procedimentos de aviso prévio (alarme) sobre a ocorrência de possíveis eventos com impacto negativo na qualidade da água, em cooperação com a entidade gestora da bacia hidrográfica.</li> <li>• Obter informação decorrente da monitorização de pontos críticos da bacia hidrográfica, nomeadamente de:               <ul style="list-style-type: none"> <li>inspecção periódica de zonas protegidas;</li> <li>áreas de disposição de resíduos sólidos;</li> <li>pontos de descarga de águas residuais;</li> <li>drenagem urbana;</li> <li>alterações no uso do solo;</li> <li>licenciamento de potenciais fontes de poluição;</li> <li>utilização de agro-químicos;</li> <li>armazenamento de substâncias químicas perigosas.</li> </ul> </li> <li>• Monitorizar locais onde se prevê a ocorrência de poluição da água bruta.</li> <li>• Analisar, de forma crítica, os dados obtidos da monitorização e, se necessário, encetar as diligências necessárias à protecção da qualidade da água.</li> </ul>
Tratamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorizar a eficiência de cada um dos órgãos da estação de tratamento de água. Esta monitorização deve ser realizada nos pontos de controlo crítico e deve ser baseada em informação representativa e coordenada com o programa de monitorização operacional.</li> <li>• Proceder a um registo diário da quantidade de substâncias químicas usadas no processo de tratamento, relacionando-as com os caudais de água tratada.</li> </ul>
Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer procedimentos de monitorização ao longo das linhas de entrega através de inspecção visual e análises laboratoriais, de modo a prevenir situações de risco que possam conduzir à pós-contaminação da água.</li> <li>• Obter informação relacionada com:               <ul style="list-style-type: none"> <li>ocorrência de situações de deterioração da qualidade da água não conformes com a Norma;</li> <li>situações anormais de valores de pressão e caudal na rede de distribuição.</li> </ul> </li> </ul>

**Figura 7** Aspectos gerais que devem constar de um PSA



Fase	Documento
<b>Etapas preliminares</b>	<p>Equipa do Plano de Segurança da Água</p> <p>Descrição pormenorizada do sistema de abastecimento</p> <p>Diagrama de fluxo que inclui os Pontos de Controlo</p> <p>Descrição de funções de todo equipa da empresa.</p>
<b>Avaliação do sistema</b>	<p>Identificação de perigos</p> <p>Mapa de caracterização de riscos</p> <p>Plano de identificação e avaliação de medidas de controlo</p> <p>Programa de protecção da fonte de água</p>
<b>Monitorização operacional</b>	<p>Especificações detalhadas dos químicos utilizados no sistema de abastecimento</p> <p>Manuais de boas práticas (higienização, manutenção preventiva e calibração dos aparelhos de medida).</p> <p>Manuais de laboratório</p> <p>Plano de acções correctivas em caso de desvios</p>
<b>Planos de gestão</b>	<p>Procedimentos de registo e validação de dados</p> <p>Procedimentos de verificação e revisão</p> <p>Descrição de funções dos responsáveis pela aplicação do PSA</p> <p>Documentação dos procedimentos adoptados em incidentes</p> <p>Planos de emergência</p> <p>Ocorrências e acções correctivas reveladas em auditorias internas</p> <p>Programas de formação dos recursos humanos</p> <p>Procedimentos de comunicação</p>
<b>Validação e verificação</b>	<p><i>Check-list</i> para validação e verificação do PSA</p>

**Figura 8** Conjunto de documentos constituintes de um PSA

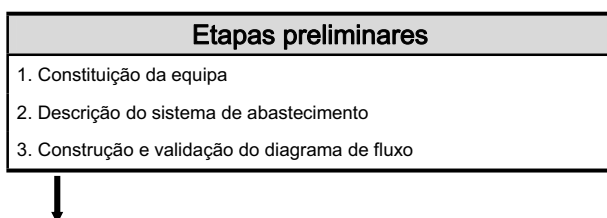


## 3. GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo descrevem-se, de uma forma prática e sistemática, os passos fundamentais a considerar na elaboração e aplicação de um PSA (ver fluxograma da Figura 4). Com esta abordagem e através dos exemplos apresentados pretende-se orientar as entidades gestoras, proporcionando-lhes um guia prático para o desenvolvimento do processo de avaliação e gestão de riscos adaptado ao seu próprio sistema de abastecimento de água.

Com a variedade dos exemplos aqui desenvolvidos pretendeu-se dar informação sobre um amplo leque de situações que podem ocorrer num sistema de abastecimento de água. Isto implica que cada entidade gestora deve ponderar judiciosamente a sua aplicabilidade, atendendo à especificidade do seu próprio sistema.

### 3.1 Etapas preliminares



As etapas preliminares constituem tarefas preparatórias para todo o processo de elaboração de um PSA.

#### 3.1.1 Constituição da equipa

Elaborar um registo de contactos dos membros da equipa, os cargos exercidos na empresa e as suas responsabilidades no PSA (Figura 9).

#### 3.1.2 Descrição do sistema de abastecimento

Elaborar uma listagem com as etapas principais do sistema de abastecimento e fazer uma breve descrição das mesmas (Figura 10).

#### 3.1.3 Construção e validação do diagrama de fluxo

Elaborar o diagrama de fluxo desde a fonte até ao ponto de consumo e analisar a sua conformidade (Figura 11).

Nome	Telefone	E-mail	Cargo	Responsabilidades
José da Silva	20 777 001	jsilva@aguas.pt	Administrador	Coordenador da equipa
Maria Ferreira	20 777 002	mferreira@aguas.pt	Responsável pela Área da Qualidade	Elaboração e aplicação dos planos de gestão
Antonio Gomes	20 777 003	agomes@aguas.pt	Director de Operações	Avaliação do sistema e estabelecimento dos procedimentos de monitorização operacional
Inês Dias	20 777 004	idas@aguas.pt	Colaboradora da Área da Qualidade	Coordenadora técnica

**Figura 9** Exemplo de quadro para constituição da equipa PSA

Fase do processo	Descrição
<b>Captação</b>	A água é captada superficialmente no rio. O sistema de captação de água é constituído por 4 bombas com uma capacidade unitária de 0,70 m³/s.
<b>Coagulação, floculação</b>	A água entra nas câmaras de mistura rápida, onde é adicionado um coagulante ( $Al_2(SO_4)_3$ ). Antes da repartição de caudal proveniente das câmaras para os decantadores, existem dois tanques de floculação.
<b>Sedimentação</b>	A água floculada é repartida por quatro decantadores, onde se processa a sedimentação dos sólidos em suspensão.
<b>Filtração</b>	Depois de decantada, a água é uniformemente distribuída por 6 filtros rápidos de areia, de funcionamento gravítico, com nitrificação biológica.
<b>Desinfecção</b>	A água filtrada é conduzida a dois tanques de contacto de cloro para se proceder à sua desinfecção, sendo para tal injectada uma solução clorada.
<b>Afinação de pH</b>	À saída de cada tanque de contacto é injectada água de cal para fazer a correcção final do pH.
<b>Reservatórios de água tratada</b>	A água, após desinfecção, é conduzida aos reservatórios de água tratada.
<b>Rede de distribuição</b>	A água é distribuída através de um sistema de condutas (rede de distribuição) até aos pontos de consumo.

**Figura 10** Exemplo de quadro para descrição do sistema de abastecimento

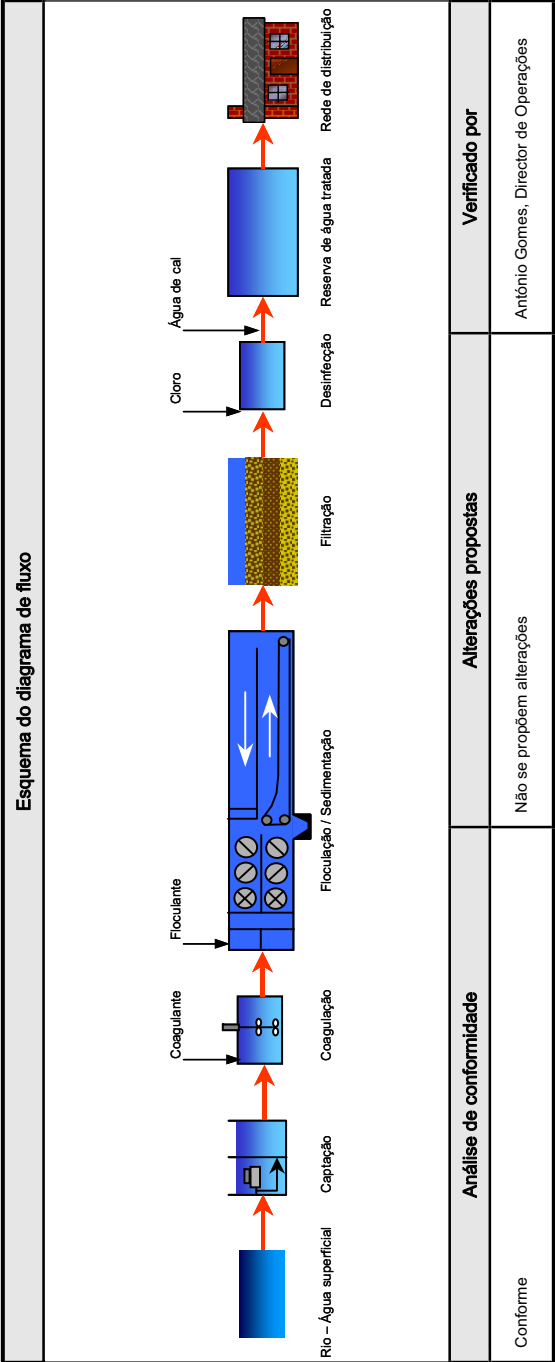
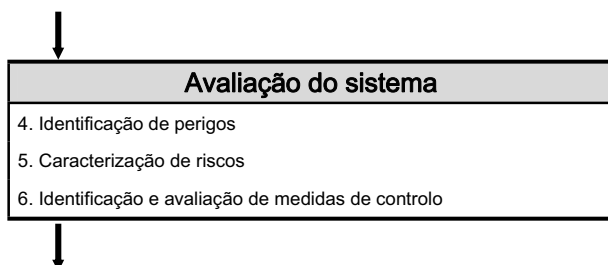


Figura 11 Exemplo de diagrama de fluxo

## 3.2 Avaliação do sistema



A identificação de perigos, a caracterização de riscos e a avaliação de medidas de controlo podem fazer-se, de uma forma organizada, partindo do diagrama de fluxo do sistema de abastecimento, organizado num esquema de barreiras múltiplas, onde se consideram todas as fases do processo nas diferentes etapas do sistema (fonte, tratamento e distribuição), conforme se exemplifica na Figura 12.

Nas Figuras 13 a 41 apresentam-se aspectos gerais a considerar na identificação de perigos e na protecção da qualidade da água, através do estabelecimento de medidas de controlo em cada uma das etapas do sistema, de acordo com a metodologia proposta em WHO, 2004.

### 3.2.1 Identificação de perigos

Identificar os perigos que podem ocorrer em todo o sistema de abastecimento.

### 3.2.2 Caracterização de riscos

Caracterizar os riscos com base nas tabelas 7 a 10. Riscos com classificação igual ou superior a moderado determinam um PC (ponto de controlo).

Aplicar a árvore de decisão (Figura 5) aos PC e definir os PCC (pontos de controlo críticos).

### 3.2.3 Identificação e avaliação de medidas de controlo

Identificar e avaliar medidas de controlo para todos os PCC encontrados, de acordo com a metodologia proposta em 3.2.2.

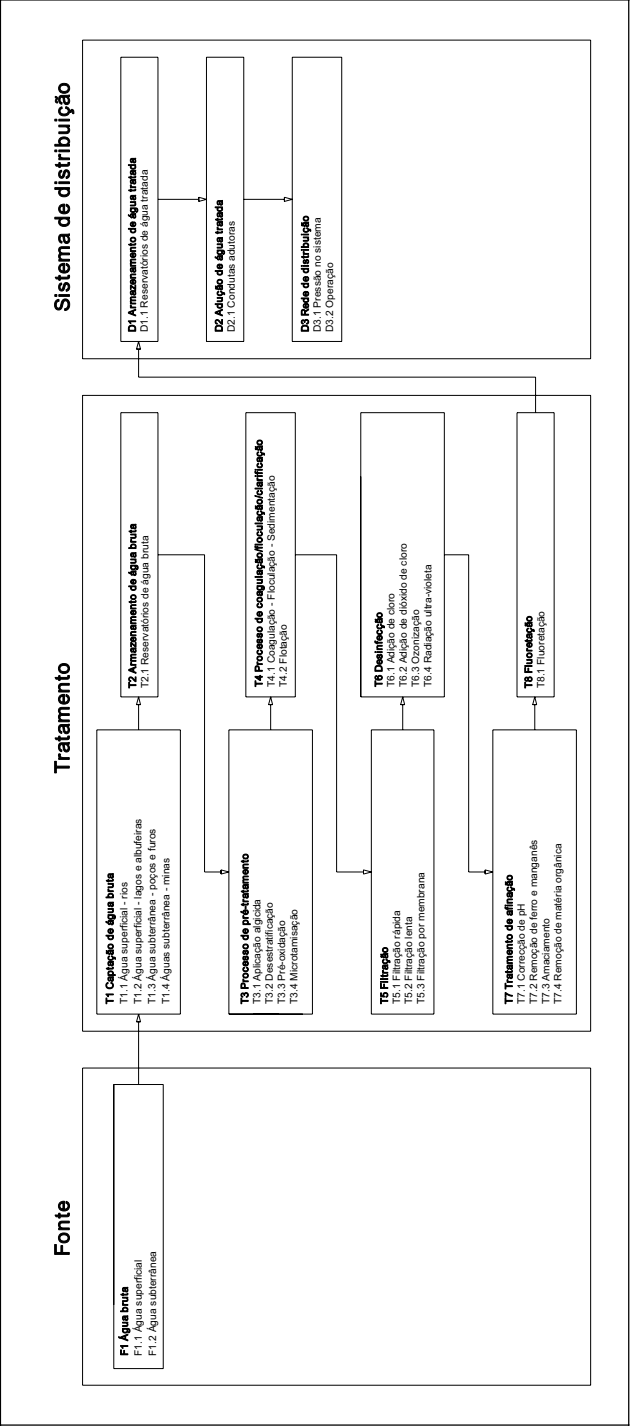


Figura 12 Exemplo de esquema de barreiras múltiplas para identificação de perigos (adaptado de NZ, 2001)



### **3.2.4 Avaliação do sistema. Fonte**

#### **F1 ÁGUA BRUTA**

Os principais perigos para a água bruta podem ser de origem química ou biológica e são devidos, essencialmente, a: contaminação de solos; recepção de águas residuais; e actividade agro-pecuária e florestal.

Nas Figuras 13 e 14 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema Fonte. Referem-se os casos de água superficial e subterrânea.

##### **F1.1 Água superficial**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da recepção de derrames ou escorrências provenientes do armazenamento ou da utilização de substâncias químicas perigosas, da recepção de águas residuais não tratadas, da recepção de matéria fecal proveniente da actividade pecuária, da recepção de agro-químicos e do crescimento anormal de algas.

##### **F1.2 Água subterrânea**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da recepção de derrames ou escorrências provenientes do armazenamento ou da utilização de substâncias químicas perigosas, da recepção de águas residuais não tratadas, da recepção de matéria fecal proveniente da actividade pecuária e da recepção de agro-químicos. A qualidade da água subterrânea deve ser monitorizada em poços de observação distribuídos, de forma representativa, ao longo do aquífero que constitui a fonte de água bruta para os poços de captação.

F1 Água Bruta							Exemplos de medidas de controlo
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
F1.1.1 A fonte de água recebe escorrências provenientes de cemitérios.	F1.1.1.1 Microorganismos patogénicos.	2	3	6	S, N, S, S	Não é POC	Identificar zonas protegidas.  Obter toda a informação disponível sobre terrenos contaminados na Bacia.  Uma vez identificados todos os terrenos contaminados, estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, uma estratégia para: - Elaborar uma listagem dos possíveis contaminantes; - Monitorizar a qualidade da água para identificar possíveis contaminantes; - Estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, utilizando os dados de monitorização e inspeção local, um sistema de alarme de contaminação na Fonte. - Identificar as medidas adequadas ao controlo da propagação dos contaminantes.  Garantir que os responsáveis pelo sistema de abastecimento são informados sobre novos licenciamentos na Bacia.  Implantar estações de alerta na Bacia.
F1.1.2 A fonte de água recebe escorrências provenientes da actividade de exploração mineira.	F1.1.2.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-	-	
F1.1.3 A fonte de água recebe lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários.	F1.1.3.1 Microorganismos patogénicos.	2	4	8	S, N, S, N	POC	
	F1.1.3.2 Substâncias químicas perigosas.						
F1.1.4 A fonte de água recebe escorrências provenientes materiais armazenados ou de derrames acidentais.	F1.1.4.1 Substâncias químicas perigosas.	1	4	4	-	-	
F1.1 Água superficial							PCC1

Figura 13 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Fonte. Água superficial

F1 Água Bruta						
F1.1 Água superficial	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Exemplos de medidas de controlo
			Prob.	Sev.	Class.	
PCC1	F1.1.5 A fonte de água recebe descargas de fossas sépticas.	F1.1.5.1 Microorganismos patogénicos.	3	4	12	Identificar zonas protegidas. Obter toda a informação disponível sobre actividades não permitidas na Bacia.
	F1.1.6 A fonte de água recebe efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas).	F1.1.6.1 Microorganismos patogénicos.				Obter uma listagem das actividades permitidas na Bacia, com probabilidade de causarem contaminação. Uma vez identificados todas as descargas, estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, uma estratégia para: - Elaborar uma listagem dos possíveis contaminantes; - Monitorizar a qualidade da água para identificar possíveis contaminantes;
		F1.1.6.2 Substâncias químicas perigosas.	3	3	9	- Estabelecer em conjunto com a entidade gestora da Bacia, utilizando os dados de monitorização e inspeção local, um sistema de alarme de contaminação na Fonte. - Identificar as medidas adequadas ao controlo da propagação dos contaminantes.
	F1.1.7 A fonte de água recebe efluentes sem tratamento adequado provenientes das ETAR a montante da captação.	F1.1.7.1 Microorganismos patogénicos.	3	5	15	Garantir que os responsáveis pelo sistema de abastecimento são informados sobre novos licenciamentos na Bacia. Implantar estações de alerta na Bacia.

**Figura 13** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Fonte. Água superficial (Cont.)

F1 Água Bruta						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
F1.1.8 A fonte de água recebe matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da actividade pecuária.	F1.1.8.1 Microorganismos patogénicos.	4	3	12	S, N, S, S	Não é PCC
F1.1.9 A fonte de água recebe produtos fertilizantes ou agro-químicos provenientes da actividade agrícola e florestal.	F1.1.9.1 Substâncias químicas perigosas.	2	4	8	S, N, S, N	PCC
F1.1.10 Crescimento anormal de algas.	F1.1.10.1 Algas em concentrações elevadas.	2	4	8	S, N, S, N	PCC
F1.1.11 Estagnação da água em lagos/albufeiras.	F1.1.11.1 Estratificação térmica.	3	3	9	S, N, S, S	Não é PCC
F1.1 Água superficial						
					Exemplos de medidas de controlo	
					PCC1	
					Identificar zonas protegidas. Obter toda a informação disponível sobre actividades não permitidas na Bacia. Obter uma listagem das actividades permitidas na Bacia, com probabilidade de causarem contaminação. Uma vez identificados todas as descargas, estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, uma estratégia para: - Elaborar uma listagem dos possíveis contaminantes; - Monitorizar a qualidade da água para identificar possíveis contaminantes; - Estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, utilizando os dados de monitorização e inspecção local, um sistema de alarme de contaminação na Fonte. - Identificar as medidas adequadas ao controlo da propagação dos contaminantes. Garantir que os responsáveis pelo sistema de abastecimento são informados sobre novos licenciamentos na Bacia. Implantar estações de alerta na Bacia. Promover a mistura da água através de meios mecânicos. Estabelecer a melhor localização para promover a mistura. Utilizar um anajador longitudinal se a albufeira tiver forma alongada.	

Figura 13 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Fonte. Água superficial (Cont.)

F1 Água Bruta						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Clas.	Respostas	PCC
F1.2 Água subterrânea	F1.2.1 A fonte de água recebe escorrências provenientes de cemitérios.	2	3	6	S, N, S, S	Não é PCC
	F1.2.2 A fonte de água recebe escorrências provenientes da actividade de exploração mineira.					
	F1.2.3 A fonte de água recebe lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários.	2	3	6	S, N, S, N	PCC
	F1.2.3.1 Microorganismos patogénicos.	3	4	12	S, N, S, N	PCC
	F1.2.3.2 Substâncias químicas perigosas.					
F1.2.4 A fonte de água recebe escorrências provenientes de materiais armazenados ou de derrames acidentais.	F1.2.4.1 Substâncias químicas perigosas.	3	3	9	S, N, S, N	PCC
PCC 2						
<p>Exemplos de medidas de controlo</p> <p>Identificar zonas protegidas. Obter toda a informação disponível sobre terrenos contaminados e descargas na Bacia. Uma vez identificados todos os terrenos contaminados, estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, uma estratégia para: - Elaborar uma listagem dos possíveis contaminantes; - Monitorizar a qualidade da água para identificar possíveis contaminantes; - Estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, utilizando os dados de monitorização e inspeção local, um sistema de controlo da qualidade da água proveniente da entidade gestora da Bacia. - Identificar as medidas adequadas ao controlo da propagação dos contaminantes. Garantir que os responsáveis pelo sistema de abastecimento são informados sobre novos licenciamentos na Bacia. Implantar poços de observação para controlar a qualidade da água no aquífero.</p>						

Figura 14 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Fonte. Água subterrânea

F1 Água Bruta						
F1.2 Água subterrânea	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Exemplos de medidas de controlo
			Prob.	Sev.	Class.	
F1.2 Água subterrânea	F1.2.5 A fonte de água recebe escorrências provenientes de poços abandonados	F1.2.5.1 Microorganismos patogénicos.	3	4	12	PCC 2
		F1.2.5.2 Substâncias químicas perigosas.			S, N, S, N	
	F1.2.6 A fonte de água recebe matéria fecal proveniente de animais selvagens ou da actividade pecuária.	F1.2.6.1 Microorganismos patogénicos.	3	4	12	
	F1.2.7 A fonte de água recebe produtos fertilizantes ou agro-químicos provenientes da actividade agrícola e florestal.	F1.2.7.1 Substâncias químicas perigosas.	3	3	9	
	F1.2.8 A fonte de água recebe substâncias químicas resultantes da constituição geológica do solo.	F1.2.8.1 Substâncias químicas perigosas (arsénio, ferro, manganês, etc.).	3	3	9	
						Identificar zonas protegidas. Obter toda a informação disponível sobre actividades não permitidas na Bacia.  Obter uma listagem das actividades permitidas na Bacia, com probabilidade de causarem contaminação.  Uma vez identificados todas as descargas: estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, uma estratégia para: - Elaborar uma listagem dos possíveis contaminantes; - Monitorizar a qualidade da água para identificar possíveis contaminantes; - Estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, utilizando os dados de monitorização e inspecção local, um sistema de alarme de contaminação na Fonte. - Identificar as medidas adequadas ao controlo da propagação dos contaminantes.  Garantir que os responsáveis pelo sistema de abastecimento são informados sobre novos licenciamentos na Bacia.  Implantar poços de observação para controlar a qualidade da água no aquífero.

Figura 14 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Fonte. Água subterrânea (Cont.)

### **3.2.5 Avaliação do sistema. Tratamento**

#### **T1 CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA**

Os principais perigos para o processo de tratamento decorrentes da etapa captação de água bruta são provenientes, essencialmente, da fraca qualidade e/ou quantidade insuficiente da água bruta para captação. Podem ser de origem física, química ou microbiológica, dependendo da origem da contaminação e do seu impacto no ponto de captação.

Nas Figuras 15 a 18 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Referem-se os casos de: água superficial – rios; água superficial – lagos e albufeiras; água subterrânea – poços e furos; e água subterrânea – minas.

##### **T1.1 Água superficial – rios**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do impacto que a poluição do rio tem na captação e da ocorrência de caudal no rio muito baixo (seca) ou muito elevado (inundação).

##### **T1.2 Água superficial – lagos e albufeiras**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do impacto que a poluição do lago ou albufeira tem na captação e da ocorrência de caudal muito baixo (seca) ou muito elevado (inundação) e do crescimento anormal de algas.

##### **T1.3 Água subterrânea – poços e furos**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do impacto que a poluição dos terrenos contíguos ao poço ou furo têm na captação e da quantidade de água não ser suficiente para satisfazer a procura. A instalação de poços de observação na área de influência da captação é fundamental para a monitorização da qualidade da água no aquífero que serve de origem de água.

##### **T1.4 Água subterrânea – minas**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do impacto que a poluição dos terrenos contíguos à mina têm na captação e da quantidade de água não ser suficiente para satisfazer a procura. A instalação de poços de observação na área de influência da captação é fundamental para a monitorização da qualidade da água no aquífero que serve de origem de água.

T1 Captação de água bruta						
	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos		Árvore de decisão	
			Prob.	Sev.	Class.	Respostas
T1.1 Água superficial – rios	T1.1.1 Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante da captação ou caudal baixo no rio devido a um período de estiagem.	T1.1.1.1 Quantidade insuficiente de água disponível para captação.	3	3	9	S, N, S, N
	T1.1.2 Cheia. Situação de cheia (inundação), em que a subida do nível da água inviabiliza a captação.	T1.1.2.1 Incapacidade do sistema para captar água.				PCC
						PCC
PCC 3						
Exemplos de medidas de controlo						
Aplicar medidas de poupança, antes que a falta de água se torne efectiva no consumidor.  Garantir a manutenção do caudal necessário à produção de água. Definir protocolos com a entidade gestora da água da Bacia.  Garantir a existência de planos de emergência.  Estudar e estabelecer regras de utilização da água na fonte, em condições precárias. Garantir novas fontes de água, tendo em conta o caudal do rio.  Implantar estações de alerta a montante da captação						

Figura 15 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – rios



T1 Captação de água bruta						
T1.1 Água superficial – rios	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Exemplos de medidas de controlo
			Prob.	Sev.	Class.	
T1.1.3 Chuvas intensas que conduzem a elevados níveis de turvação e matéria orgânica para a ETA.	T1.1.3.1 Turvação em níveis elevados.					Estabilizar a qualidade da água bruta (através de um reservatório de água bruta ou galeria de infiltração) para evitar períodos de qualidade da água muito fraca.  Estabelecer mecanismos de fecho da captação sempre que se verificarem condições de impossibilidade de tratamento adequado da água: - Definir níveis de qualidade da água que a ETA não consiga tratar; - Instalar na captação equipamentos de medição para monitorizar a água para além da qualidade da água; - usar informação de registos de nível da água no rio a montante como sinal de alerta;
		T1.1.3.2 Matéria orgânica em níveis elevados.	2	3	6	S, N, S, N  PCC
	T1.1.4 Ações de vandalismo/sabotagem na captação.	T1.1.4.1 Microorganismos patogénicos.				- Fazer uma gestão do nível de água no reservatório de água tratada para maximizar os períodos em que a captação tem de ser interrompida. Fazer inspeções regulares da captação.
		T1.1.4.2 Substâncias químicas perigosas.	1	5	5	Vedar o acesso às bombas na captação e a toda a zona da captação. Realizar rondas periódicas. Fazer vigilância através de câmaras de vídeo.

**Figura 15** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – rios (Cont.)

T1 Captação de água bruta								
T1.1 Água superficial – rios	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
			Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T1.1.5 Descargas poluentes (industriais e domésticas).	T1.1.5.1 Microorganismos patogénicos.							Garantir que a entidade gestora é informada de novos licenciamentos na Bacia, incluindo alterações do uso do solo e da potencial contaminação que estes possam criar e que é correctamente monitorizada após o licenciamento.  Restringir as actividades que possam contaminar a água na zona da captação.  Garantir a existência de uma manga absorvente de hidrocarbonetos para proteger a captação, sempre que ocorra um acidente a montante.
			3	3	9	S, N, S, S	Não é PCC	
T1.1.6 Descargas provenientes de drenagem urbana (metais e hidrocarbonetos).	T1.1.6.1 Metais.							
	T1.1.6.2 Hidrocarbonetos.		1	4	-	-	-	

Figura 15 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – rios (Cont.)

T1 Captação de água bruta						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
<b>T1.1.7</b> Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	<b>T1.1.7.1</b> Falta de água.	1	3	3	-	-
						Garantir a existência de um plano de manutenção preventiva. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Fazer inspecções regulares da captação. Garantir a existência de bombas de substituição.
<b>T1.1.8</b> Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais devidas a catástrofes naturais (tremores, tempestades, deslizamento de terras, sismos, etc.).	<b>T1.1.8.2</b> Falta de água.	1	3	3	-	-
						Verificar as condições de produção de água e mandar suspender a laboração em caso de não estarem garantidas as condições mínimas de segurança (qualidade da água e estabilidade estrutural). Fazer inspecções regulares da captação especialmente após tempestades (ou outras catástrofes naturais). Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Garantir a existência de planos de emergência.

PCC 3

Figura 15 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – rios (Cont.)

T1 Captação de água bruta						
T1.2 Água superficial – lagos e albufeiras	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos		Árvore de decisão	
			Prob.	Sev.	Class.	Respostas
	T1.2.1 Seca. Redução prolongada do caudal do lago ou albufeira devido a represamento de água a montante da captação ou caudal baixo devido a um período de estiagem.	T1.2.1.1 Quantidade insuficiente de água disponível para captação.	2	3	6	S, N, S, N
	T1.2.2 Cheia. Situação de cheia (inundação), em que a subida do nível da água inviabiliza a captação.	T1.2.2.1 Incapacidade do sistema para captar água.	2	3	6	S, N, S, N
PCC 4						
			Exemplos de medidas de controlo			
			Aplicar medidas de poupança, antes que a falta de água se torne efectiva no consumidor.  Garantir a manutenção do caudal necessário à produção de água. Definir protocolos com a entidade gestora da água da Bacia.  Garantir a existência de planos de emergência.  Estudar e estabelecer regras de utilização da água na fonte, em condições precárias. Garantir novas fontes de água, tendo em conta o caudal do lago ou albufeira.  Implantar estações de alerta a montante da captação			

Figura 16 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – lagos e albufeiras

T1 Captação de água bruta						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T1.2.3 Chuvas intensas que conduzem a elevados níveis de turvação e matéria orgânica para a ETA.	T1.2.3.1 Turvação em níveis elevados.	2	3	6	S, N, S, N	PCC
	T1.2.3.2 Matéria orgânica em níveis elevados.					
T1.2.4 Ações de vandalismo/sabotagem na captação.	T1.2.4.1 Microorganismos patogénicos.  T1.2.4.2 Substâncias químicas perigosas.	1	5	5	-	-

**Figura 16** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – lagos e albufeiras (Cont.)

T1 Captação de água bruta						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T1.2.5 Estratificação da água bruta no lago/albufeira.	T1.2.5.1 Estratificação térmica.	3	3	9	S, N, S, S	Não é PCC
T1.2.6 Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T1.2.6.1 Falta de água.	1	3	3	-	-
T1.2 Água superficial – lagos e albufeiras						
Exemplos de medidas de controlo						
PCC 4						

Figura 16 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água superficial – lagos e albufeiras (Cont.)

T1 Captação de água bruta							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T1.3.1 Seca.	T1.3.1.1 Quantidade insuficiente de água disponível para captação.	2	3	6	S, N, S, N	PCC	Garantir a existência de planos de emergência. Garantir fontes de água alternativas.
	T1.3.2.1 Microorganismos patogénicos.	1	4	4	-	-	Garantir que o equipamento de perfuração está limpo antes de iniciar a abertura do poço/furo. Garantir a correcta lavagem do furo/poço antes da sua colocação em serviço.
	T1.3.2.2 Substâncias químicas perigosas.						
T1.3.3 Acções de vandalismo/sabotagem na captação.	T1.3.3.1 Microorganismos patogénicos.	1	5	5	-	-	Vedar o acesso às bombas na captação, e a toda a zona da captação. Realizar rondas periódicas. Fazer vigilância através de câmaras de vídeo.
	T1.3.3.2 Substâncias químicas perigosas.						

**Figura 17** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água subterrânea – poços e furos

T1 Captação de água bruta						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
<b>T1.3 Água subterrânea – poços e furos</b>  T1.3.4 Estragos na cabeça do poço devido ao acesso de animais e/ou a tempestades.	T1.3.4.1 Microorganismos patogénicos.	3	3	9	S, N, S, S	Não é PCC
						Garantir o cumprimento do plano de manutenção. Fazer inspecções regulares. Garantir vedação, no mínimo num raio de 10 metros do poço.
T1.3.5 Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T1.3.5.1 Falta de água.	1	3	3	-	-
						Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Fazer inspecções regulares da captação. Garantir a existência de bombas de substituição.

PCC 5

**Figura 17** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água subterrânea – poços e furos (Cont.)



T1 Captação de água bruta						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T1.4 Água subterrânea – minas	T1.4.1 Seca.	T1.4.1.1 Quantidade insuficiente de água disponível para captação.	2	3	6	Garantir a existência de planos de emergência. Garantir fontes de água alternativas. Garantir a existência de alarme por telemetria que indique caudal baixo.
	T1.4.2 Chuvas intensas que conduzem a elevados níveis de turvação e matéria orgânica para a mina.	T1.4.2.1 Turvação em níveis elevados.			S, N, S, N	PCC
		T1.4.2.2 Matéria orgânica em níveis elevados.	2	3	6	Construir um sistema de drenagem adequado na envolvente da mina. Garantir que a mina está coberta e construída de tal forma que não permite a entrada de água.
T1.4.3 Ações de vandalismo/sabotagem na captação.	T1.4.3.1 Microorganismos patogénicos.					
	T1.4.3.2 Substâncias químicas perigosas.	1	5	5	-	Vedar o acesso às bombas na captação e a toda a zona da captação. Realizar rondas periódicas. Fazer vigilância através de câmaras de vídeo.
PCC 6						

**Figura 18** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Água subterrânea – minas



## **T2 ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BRUTA**

Os principais perigos para o processo de tratamento decorrentes da etapa armazenamento de água bruta são provenientes, essencialmente, de quantidade insuficiente e/ou fraca qualidade da água, com especial relevância para o crescimento anormal de algas. Podem ser de origem física, química e microbiológica, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Na Figura 19 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Refere-se o caso de reservatório de água bruta.

### **T2.1 Reservatório de água bruta**

Para este PC o perigo mais importante poderá surgir do aparecimento de condições favoráveis para o crescimento de algas.

T2 Armazenamento de água bruta							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T2.1.1 Fuga da água no reservatório.	T2.1.1.1 Quantidade insuficiente de água.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Estabelecer um programa de detecção de fugas.
T2.1.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório.	T2.1.2.1 Turvação elevada.	2	3	6	S, N, S, S	Não é PCC	Estabelecer programas de limpeza (no mínimo 1 vez por ano), para remover matéria orgânica que pode tornar-se biologicamente activa.
T2.1.3 Accões de vandalismo/ sabotagem.	T2.1.3.1 Microrganismos patogénicos.	1	5	5	-	-	Garantir que o perímetro do reservatório está devidamente protegido e o acesso condicionado. Instalar alarme de detecção contra intrusão.  Realizar rondas periódicas. Fazer vigilância através de câmaras de vídeo.
	T2.1.3.2 Substâncias químicas perigosas.						
T2.1.4 Acesso de animais ao reservatório.	T2.1.4.1 Microrganismos patogénicos.	1	5	5	-	-	

PCC 7

Figura 19 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Armazenamento de água bruta

T2 Armazenamento de água bruta							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T2.1.5 Inadequada construção do reservatório.	T2.1.5.1 Microorganismos patogénicos.	1	4	4	-	-	Garantir que todos os materiais utilizados no reservatório são certificados, exigindo certificados de conformidade dos materiais. Garantir que a impermeabilização está a funcionar devidamente.
	T2.1.5.2 Substâncias químicas perigosas.						
T2.1.6 Crescimento anormal de algas.	T2.1.6.1 Toxinas provenientes de cianobactérias.	2	5	10	S, N, S, N	PCC	Minimizar os tempos de retenção no reservatório em períodos de provável crescimento anormal de algas. Ajustar a captação para 2-3 metros abaixo da superfície da água. Garantir o correcto funcionamento da etapa de pré-tratamento (microtaminação, pré-oxidação, desestratificação).

PCC 7

Figura 19 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Armazenamento de água bruta (Cont.)



### **T3 PROCESSO DE PRÉ-TRATAMENTO**

Os principais perigos para o processo de tratamento decorrentes da etapa de pré-tratamento são provenientes, essencialmente, de doseamento inadequado de químicos, tempo de contacto insuficiente e incapacidade para reduzir o número de algas. Podem ser de origem física, química e microbiológica, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Nas Figuras 20 a 23 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Referem-se os casos de aplicação de algicida, desestratificação, pré-oxidação e microtamisação.

#### **T3.1 Aplicação de algicida**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto de algicida.

#### **T3.2 Desestratificação**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir de mistura inadequada das diferentes camadas de água.

#### **T3.3 Pré-oxidação**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da concentração inadequada de oxidante e da possibilidade de formação de subprodutos da oxidação.

#### **T3.4 Microtamisação**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da passagem de algas em concentrações elevadas.

T3 Processo de pré-tratamento							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T3.1.1 Dosagem incorrecta de algicida.	T3.1.1.1 Substâncias químicas perigosas.	1	5	5	-	-	Fazer registos dos cálculos das dosagens. Obter informação consistente do volume de água a tratar. Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Utilizar a experiência de anos anteriores para prever a probabilidade de ocorrência de um <i>algal bloom</i> , e efectuar a dosagem de algicida atempadamente.
	T3.1.2.1 Substâncias químicas perigosas.	2	4	8	S, S	PCC	
	T3.1.2.2 Algas.						
T3.1.2 Mau funcionamento do sistema doseador.							
T3.1.3 Dosagem de algicida aplicada tardiamente.	T3.1.3.1 Algas.	2	4	8	S, S	PCC	
T3.1 Aplicação de algicida							
PCC 8							

Figura 20 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Aplicação de algicida



T3 Processo de pré-tratamento						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
<b>T3.2.1</b> Mistura inadequada do corpo de água devido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- utilização de arejador ou misturador hidráulico inadequado</li> <li>- localização inadequada do arejador ou misturador hidráulico</li> <li>- início tardio do processo de desestratificação.</li> </ul>	T3.2.1.1 Microorganismos patogénicos.	3	3	9	S, S	PCC
	T3.2.1.2 Substâncias químicas perigosas.					
	T3.2.1.3 Algas.					
	T3.2.2.1 Algas.	1	3	3	-	-
<b>T3.2 Desestratificação</b>  <b>T3.2.2</b> Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.						
PCC 9						
					<p>Utilizar um arejador longitudinal se o reservatório tiver forma alongada.</p> <p>Estudar a melhor localização para promover a mistura.</p> <p>Definir um sistema de captação com vários níveis de tomada de água.</p> <p>Estabelecer calendário de processos de desestratificação atendendo a experiências de anos anteriores.</p>	
					<p>Garantir a existência de um plano de manutenção.</p> <p>Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.</p>	

Figura 21 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Desestratificação

T3 Processo de pré-tratamento										
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo	PCC 10		
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC				
T3.3.1 Concentração insuficiente de oxidante.	T3.3.1.1 Cianotoxinas.	2	4	8	S, N, S, N	PCC	Fazer registos dos cálculos das dosagens. Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Garantir que o doseamento químico é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta. Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de oxidante for incorrecta.			
	T3.3.1.2 Matéria orgânica.									
T3.3.2 Fuga de oxidante a montante dos difusores e/ou má repartição de oxidante no tanque de contacto por colmatção parcial dos difusores.	T3.3.2.1 Cianotoxinas.	1	3	3	-	-				
	T3.3.2.2 Matéria orgânica.									
T3.3.3 Ruptura de stock do oxidante.	T3.3.3.1 Cianotoxinas.	1	3	3	-	-	Fazer uma gestão eficiente do stock.			
	T3.3.3.2 Matéria orgânica.									
T3.3.4 Paragem no doseamento de oxidante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T3.3.4.1 Cianotoxinas.	1	3	3	-	-			Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Garantir a existência de bombas de substituição.	
	T3.3.4.2 Matéria orgânica.									

Figura 22 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Pré-oxidação

T3 Processo de pré-tratamento							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T3.3.5 Concentração de oxidante em excesso.	T3.3.5.1 Trihalometanos e/ou bromatos presentes na água oxidada.	3	4	12	S, S	PCC	

Figura 22 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Pré-oxidação (Cont.)

T3 Processo de pré-tratamento							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T3.4.1 Passagem de algas em concentrações elevadas.	T3.4.1.1 Algas (cheiro, sabor, turvação).	2	4	8	S, N, S, N	PCC	Verificar as condições operacionais de limpeza do microtamizador.  Garantir a existência de um plano de manutenção.
	T3.4.1.2 Cianotoxinas.						
PCC 11							

Figura 23 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Microtamisação

#### **T4 PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO/CLARIFICAÇÃO**

Os principais perigos para o processo de tratamento decorrentes da etapa de coagulação/floculação/clarificação são provenientes, essencialmente, da incorrecta desestabilização das partículas e consequentemente remoção ineficaz da turvação e ineficiente remoção de flocos, que, quando chegam aos filtros, podem colmatá-los facilmente. Podem ser de origem física e química, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Nas Figuras 24 e 25 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Referem-se os casos de coagulação-floculação-sedimentação e flotação.

##### **T4.1 Coagulação – Floculação – Sedimentação**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto de coagulante e de floculante, o que implica ineficiente remoção da turvação nas operações posteriores.

##### **T4.2 Flotação**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da ineficiente remoção de partículas nas operações posteriores.

T4 Processo de coagulação/floculação/clarificação							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T4.1.1 Contaminação do coagulante devido a recepção inadequada.	T4.1.1.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de recepção de reagentes (certificado de análise dos reagentes).
T4.1.2 Doseamento incorrecto de coagulante.	T4.1.2.1 Partículas.						Fazer registos dos cálculos das dosagens. Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.
	T4.1.2.2 Matéria orgânica.	2	3	6	S, S	PCC	Garantir que o doseamento químico é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorrer alterações significativas na qualidade da água bruta. Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de coagulante for incorrecta.
T4.1.3 Ruptura de stock.	T4.1.3.1 Partículas.						
	T4.1.3.2 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-	Fazer uma gestão eficiente do stock.
T4.1.4 Paragem no doseamento de coagulante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T4.1.4.1 Partículas.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Garantir a existência de bombas de substituição.

Figura 24 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Coagulação – Floculação – Sedimentação

PCC 12

T4 Processo de coagulação/floculação/clarificação						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T4.1.5 Doseamento incorrecto de floculante	T4.1.5.1 Matéria orgânica.	2	3	6	S, S	PCC
	T4.1.5.2 Turvação.					
T4.1.6 Tempo de contacto insuficiente para a formação de flocos.	T4.1.6.1 Matéria orgânica.					
	T4.1.6.2 Turvação.	1	3	3	-	-
T4.1.7 Ruptura de stock de floculante.	T4.1.7.1 Matéria orgânica.					
	T4.1.7.2 Turvação.	1	3	3	-	-
T4.1 Coagulação - Floculação - Sedimentação					Exemplos de medidas de controlo	
					<p>Fazer registos dos cálculos das dosagens.</p> <p>Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador.</p> <p>Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.</p> <p>Garantir que o doseamento químico é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta.</p> <p>Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de floculante for incorrecta.</p> <p>Verificar se o gradiente de velocidade e o tempo de contacto são adequados para a eficiência da etapa.</p>	
					Fazer uma gestão eficiente do stock.	

**Figura 24** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Coagulação – Floculação – Sedimentação (Cont.)

T4 Processo de coagulação/floculação/clarificação								
T4.1 Coagulação - Floculação - Sedimentação	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
			Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T4.1.8 Paragem no doseamento de floculante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T4.1.8.1 Matéria orgânica.							Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Garantir a existência de bombas de substituição.
		1	3	3	-	-		
T4.1.9 Mau funcionamento ou má regulação do sistema de purga de lamas.	T4.1.9.1 Turvação elevada.		2	3	6	S, N, S, S	Não é PCC	Verificar, através de inspecção de rotina, se existe fuga de flocos para a superfície. Verificar, através de inspecção de rotina, a posição do manto de lamas. Garantir a existência de um plano de manutenção.
T4.1.10 Mau funcionamento dos turbidímetros.	T4.1.10.1 Turvação elevada.		2	3	6	S, N, S, S	Não é PCC	Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.
PCC 12								

Figura 24 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Coagulação – Floculação – Sedimentação (Cont.)



T4 Processo de coagulação/floculação/clarifificação						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T4.2 Flotação	T4.2.1 Contaminação do reagente devido a recepção inadequada do reagente.	T4.2.1.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-
	T4.2.2 Concentração de reagente inadequada.	T4.2.2.1 Matéria orgânica.				
		T4.2.2.2 Turvação.	2	3	6	S, S
	T4.2.3 Tempo de contacto insuficiente para a formação de flocos.	T4.2.3.1 Matéria orgânica.				
		T4.2.3.2 Turvação.	2	3	6	S, S
T4.2.4 Ruptura de stock de reagente.	T4.2.4.1 Matéria orgânica.					
	T4.2.4.2 Turvação.	1	3	3	-	-
PCC 13						
		Exemplos de medidas de controlo				
		Garantir a existência de um plano de recepção de reagentes (certificado de análise dos reagentes).				
		Fazer registos dos cálculos dos dosagens.				
		Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema dosador.				
		Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.				
		Garantir que o doseamento químico é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta.				
		Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de coagulante for incorrecta.				
		Verificar se o gradiente de velocidade e o tempo de contacto são adequados para a eficiência da floculação ao longo da linha de tratamento.				
		Fazer uma gestão eficiente do stock.				

Figura 25 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Flotação

T4 Processo de coagulação/floculação/clarificação							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T4.2.5 Ineficiente remoção dos flocos.	T4.2.5.1 Matéria orgânica.	2	3	6	S, N, S, S	Não é PCC	Verificar se o projecto e o controlo do sistema de remoção de flocos são adequados à taxa de lamas adoptada. Verificar se o sistema de remoção de lamas é compatível com a taxa de aplicação de lamas de projecto.
	T4.2.5.2 Turvação.						
T4.2.6 Paragem no doseamento de coagulante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T4.2.6.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Garantir a existência de bombas de substituição.
	T4.2.6.2 Turvação.						
T4.2 Flotação		PCC 13					

Figura 25 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Flotação (Cont.)

## **T5 FILTRAÇÃO**

Os principais perigos para o processo de tratamento decorrentes da etapa filtração são provenientes, essencialmente, da passagem de partículas e de matéria orgânica e da incorrecta lavagem dos filtros. Podem ser de origem física e química, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Nas Figuras 26 a 28 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Referem-se os casos de filtração rápida, filtração lenta e filtração por membranas.

### **T5.1 Filtração rápida**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da passagem de partículas e de matéria orgânica.

### **T5.2 Filtração lenta**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da passagem de partículas e de matéria orgânica.

### **T5.3 Filtração por membranas**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da remoção de partículas aquém do esperado nas especificações da membrana.

T5 Filtração							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T5.1.1 Deficiente controlo da coluna de água sobre o leito filtrante.	T5.1.1.1 Matéria orgânica.	3	4	12	S, S	PCC	<p>Garantir a existência de um plano de manutenção.</p> <p>Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.</p> <p>Ajustar o número de filtros em função do caudal a tratar.</p>
	T5.1.1.2 Turvação.						
T5.1.2 Deficiente controlo de tempos de filtração.	T5.1.2.1 Matéria orgânica.	3	3	9	S, S	PCC	
	T5.1.2.2 Turvação.						
T5.1.3 Incorrecta lavagem dos filtros.	T5.1.3.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-		<p>Determinar os parâmetros a utilizar no início do ciclo de lavagem dos filtros e implementar o seu controlo.</p>
	T5.1.3.2 Turvação.						
T5.1.4 Mau funcionamento dos analisadores em linha.	T5.1.4.1 Turvação elevada.	2	4	8	S, S	PCC	<p>Garantir a existência de um plano de manutenção.</p> <p>Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.</p>
T5.1 Filtração rápida							
PCC 14							

**Figura 26** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Filtração rápida

T5 Filtração							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T5.1.5 Nitrificação deficiente.	T5.1.5.1 Azoto amoniacal.	1	3	3	-	-	Garantir condições para a manutenção do biofilme.
	T5.1.5.2 Nitratos.						
	T5.1.5.3 Nitritos.						
T5.1.6 Recirculação não controlada de águas de lavagem em filtros.	T5.1.6.1 Acrilamida.	3	4	12	S, S	PCC	Controlar o caudal da água recirculada. Não usar floculante com acrilamida.
	T5.1.6.2 Alumínio.						
	T5.1.6.3 Ferro.						
	T5.1.6.4 <i>Clostridium perfringens</i> .						
T5.1 Filtração rápida		PCC 15					

Figura 26 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Filtração rápida (Cont.)

T5 Filtração									
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo		
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC			
T5.2.1 Deficiente controlo da coluna de água sobre o leito filtrante.	T5.2.1.1 Matéria orgânica.	3	4	12	S, S	PCC	Garantir a existência de um plano de manutenção.  Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.  Ajustar o número de filtros em função do caudal a tratar.  Limitar a remoção de areia à camada superior de 2-3 cm dos filtros.		
	T5.2.1.2 Turvação.								
T5.2.2 Deficiente controlo de tempos de filtração.	T5.2.2.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-			
	T5.2.2.2 Turvação.								
T5.2.3 Incorrecta lavagem dos filtros.	T5.2.3.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-		Determinar os parâmetros a utilizar no início do ciclo de lavagem dos filtros e implementar o seu controlo.	
	T5.2.3.2 Turvação.								
T5.2.4 Mau funcionamento dos analisadores em linha.	T5.2.4.1 Turvação elevada.	2	4	8	S, S	PCC		Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.	
T5.2.5 Filme biológico ineficiente.	T5.2.5.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-		Garantir condições para a manutenção do biodfilme.  Proteger os filtros de água com altos teores em turvação e em algas.  Garantir adequados tempos de espera para a formação do filme biológico.	
	T5.2.5.2 Turvação.								
T5.2 Filtração lenta		PCC 15							

Figura 27 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Filtração lenta

T5 Filtração						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T5.3.1 Pré-tratamento inadequado.	T5.3.1.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-
	T5.3.1.2 Turvação.					
T5.3.2 Estragos nas membranas durante a operação.	T5.3.2.1 Matéria orgânica.					
	T5.3.2.2 Turvação.	2	4	8	S, S	PCC
T5.3.3 Remoção inadequada de produtos químicos usados na lavagem dos módulos de membranas.	T5.3.3.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-	-

PCC 16

Garantir a existência de um plano de manutenção.  
Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.  
Garantir que a qualidade da água bruta está dentro dos limites especificados para a água a ser tratada por membranas.

Instalar excesso de capacidade de modo a permitir a remoção de subprodutos de membranas para reparação.  
Instalar sistema de aviso que permita facilmente monitorizar frequentemente a integridade das membranas e sistema de alarme em caso de falhas no sistema.  
Garantir a existência de um plano de manutenção.

Garantir a existência de um plano de manutenção.

Figura 28 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Filtração por membranas





## **T6 DESINFECÇÃO**

Os principais perigos para o processo de tratamento de água decorrentes da desinfecção são provenientes, essencialmente, do doseamento incorrecto de desinfectante e do tempo de contacto insuficiente da água com o desinfectante. Podem ser de origem química e microbiológica dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Nas Figuras 29 a 32 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Referem-se os casos de adição de cloro, adição de dióxido de cloro, ozonização e radiação ultra-violeta.

### **T6.1 Adição de cloro**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto, do tempo de contacto insuficiente ou da formação de subprodutos da desinfecção.

### **T6.2 Adição de dióxido de cloro**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto, do tempo de contacto insuficiente ou da formação de subprodutos da desinfecção.

### **T6.3 Ozonização**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto e da formação de subprodutos da desinfecção.

### **T6.4 Radiação ultra-violeta**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento de radiação UV insuficiente para eliminar os microrganismos presentes na água.

T6 Desinfecção						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T6.1.1 Doseamento incorrecto de cloro.	T6.1.1.1 Microorganismos patogénicos.	2	4	8	S, N, S, N	PCC
T6.1.2 Tempo de contacto insuficiente da água com o desinfectante.	T6.1.2.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	-	-
T6.1.3 Ruptura de stock de cloro.	T6.1.3.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	-	-
T6.1 Adição de cloro						
Exemplos de medidas de controlo						
Fazer registos dos cálculos das dosagens. Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Garantir que o doseamento de cloro é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta. Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de cloro for incorrecta.						
Ajustar os caudais de forma a promover um tempo de contacto, no mínimo, de 30 minutos.						
Fazer uma gestão eficiente do stock.						
PCC 17						

Figura 29 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Adição de cloro

T6 Desinfecção						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T6.1.4 Paragem no dosamento de cloro devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T6.1.4.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	-	-
						Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade. Garantir a existência de bombas de substituição.
T6.1.5 Formação de subprodutos.	T6.5.1.1 Trihalometanos.	3	4	12	S, S	PCC
						Garantir a dosagem correcta de oxidante e tempo de contacto suficiente.

PCC 17

Figura 29 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Adição de cloro. (Cont.)

T6 Desinfecção							
T6.2 Adição de dióxido de cloro	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
			Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
PCC 18	T6.2.1 Doseamento incorreto de dióxido de cloro.	T6.2.1.1 Microorganismos patogénicos.	2	4	8	S, N, S, N	PCC
	T6.2.2 Tempo de contacto insuficiente da água com o desinfetante.	T6.2.2.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	-	-
	T6.2.3 Ruptura de stock de dióxido de cloro.	T6.2.1.3 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	-	-
	T6.2.4 Paragem no doseamento de dióxido de cloro devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T6.2.4.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	-	-
		T6.2.4.2 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-
			Exemplos de medidas de controlo				
			Fazer registos dos cálculos das dosagens.			Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador.	
			Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.			Garantir a existência de meios de cloro é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta.	
			Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de cloro for incorrecta.			Ajustar os caudais de forma a promover um tempo de contacto, no mínimo, de 30 minutos.	
			Fazer uma gestão eficiente do stock.			Garantir a existência de um plano de manutenção.	
						Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.	
						Garantir a existência de bombas de substituição.	

Figura 30 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Adição de dióxido de cloro

T6 Desinfecção						
T6.3 Ozonização	Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Exemplos de medidas de controlo
			Prob.	Sev.	Class.	
T6.3 Ozonização	T6.3.1 Doseamento incorrecto de ozono.	T6.3.1.1 Microorganismos patogénicos.	2	4	8	<p>Fazer registos dos cálculos das dosagens.</p> <p>Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador.</p> <p>Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.</p> <p>Garantir que o doseamento de ozono é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta.</p> <p>Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de ozono for incorrecta.</p>
	T6.3.2 Fuga de ozono a montante dos difusores ou má repartição no tanque de contacto por colmatção parcial dos difusores.	T6.3.2.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	<p>Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador.</p> <p>Instalar sistema de alarme que indique fuga de ozono.</p>
	T6.3.3 Paragem no doseamento de ozono devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T6.3.3.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	<p>Garantir a existência de um plano de manutenção.</p> <p>Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.</p>

Figura 31 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Ozonização

T6 Desinfecção							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T6.4.1 Doseamento incorrecto de UV.	T6.4.1.1 Microorganismos patogénicos.	2	4	8	S, N, S, N	PCC	Fazer registos dos cálculos das dosagens. Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.
T6.4.2 Paragem no doseamento de UV devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T6.4.2.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.
T6.4.3 Cor ou turvação excessivas que inviabilizam o correcto doseamento de UV.	T6.4.3.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	3		-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Garantir um sistema de filtração adequado.
	T6.4.3.2 Matéria orgânica.						

Figura 32 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Radiação UV

## **T7 TRATAMENTO DE AFINAÇÃO**

Os principais perigos para o processo de tratamento de água decorrentes do tratamento de afinação são provenientes, essencialmente, do doseamento incorrecto de água de cal. Podem ser de origem química ou microbiológica, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Nas Figuras 33 a 36 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Referem-se os casos de correcção de pH, remoção de ferro e manganês, amaciamento e remoção de matéria orgânica.

### **T7.1 Correcção de pH**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto.

### **T7.2 Remoção de ferro e manganês**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da ineficaz remoção de ferro e manganês da água devido a um arejamento deficiente.

### **T7.3 Amaciamento**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto.

### **T7.4 Remoção de matéria orgânica**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir do doseamento incorrecto de carvão activado em pó ou do crescimento de germes nos leitos de carvão activado granular.

T7 Tratamento de afinação									
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo		
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC			
T7.1.1 Contaminação do reagente devido a recepção inadequada.	T7.1.1.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de recepção de reagentes (certificado de análise dos reagentes).		
T7.1.2 Preparação e doseamento incorrecto de água de cal.	T7.1.2.1 pH elevado.	2	3	6	S, S	PCC	Fazer registos dos cálculos das dosagens. Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema dosador. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.		
	T7.1.2.2 pH baixo.	1	3	3	-	-	Garantir que o doseamento químico é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta. Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de água de cal for incorrecta.		
T7.1.3 Ruptura de stock de água de cal.	T7.1.3.1 pH inadequado	1	3	3	-	-	Fazer uma gestão eficiente do stock.		
T7.1.4 Paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T7.1.4.1 pH elevado.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.		
	T7.1.4.2 pH baixo.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de bombas de substituição.		

PCC 21

Figura 33 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Correção de pH



T7 Tratamento de afinação							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T7.2.1 Ventilação deficiente para arejamento natural.	T7.2.1.1 Ferro.	1	3	3	-	-	Estabelecer parâmetros de projecto que garantam, adequadamente, a transferência de oxigénio para a água.
	T7.2.1.2 Manganês.						
T7.2.2 Mau projecto do arejador mecânico.	T7.2.2.1 Ferro.	1	3	3	-	-	Proceder a ensaios laboratoriais para escolha de arejadores mecânicos que garantam eficácia na oxidação dos metais.
	T7.2.2.2 Manganês.						
T7.2.3 Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T7.2.3.1 Ferro.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.
	T7.2.3.2 Manganês.						
T7.2 Remoção de ferro e manganês							
Não é PCC							

Figura 34 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Remoção de ferro e manganês

T7 Tratamento de afinação							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T7.3.1 Formação de biofilme com germes na camada de resina	T7.3.1.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	-			Estabelecer um tratamento para remover matéria orgânica da água antes do amaciamento.  Desinfetear a água antes do amaciamento, se isto for possível fazer sem danificar a resina ou precipitar ferro e manganês na resina.
	T7.3.1.2 Matéria orgânica.						
T7.3.2 Saturação ou regeneração insuficiente da resina	T7.3.2.1 Microorganismos patogénicos.	1	3	-			
	T7.3.2.2 Matéria orgânica.						
T7.3 Amaciamento		Não é PCC					

Figura 35 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Amaciamento

T7 Tratamento de afinação						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
T7.4.1 Contaminação do reagente devido a recepção inadequada.	T7.4.1.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-	-
T7.4.2 Mau funcionamento do sistema doseador de carvão activado.	T7.4.2.1 Matéria orgânica.	2	3	6	S, S	PCC
T7.4.3 Ruptura do stock.	T7.4.3.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-
T7.4.4 Paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T7.4.4.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-
T7.4 Remoção de matéria orgânica		PCC 22				
		Exemplos de medidas de controlo				
		<p>Garantir a existência de um plano de recepção de reagentes (certificado de análise dos reagentes).</p> <p>Fazer registos dos cálculos dos dosagens.</p> <p>Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador.</p> <p>Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.</p> <p>Garantir que o doseamento é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta.</p> <p>Fazer uma gestão eficiente do stock.</p> <p>Garantir a existência de um plano de manutenção.</p> <p>Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.</p> <p>Garantir a existência de bombas de substituição.</p>				

Figura 36 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Remoção de matéria orgânica

T7 Tratamento de afinação							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T7.4.5 Colmatação do leito de carvão activado.	T7.4.5.1 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-	Garantir que o processo de tratamento para remoção de matéria orgânica está a funcionar adequadamente antes da entrada da água no leito de carvão activado granular.  Garantir que a profundidade inicial do leito de carvão activado granular é adequada para o caudal a tratar.
T7.4.6 Quantidade de carvão activado granular insuficiente para garantir a adsorção pretendida.	T7.4.6.2 Matéria orgânica.	1	3	3	-	-	
T7.4 Remoção de matéria orgânica							PCC 22

Figura 36 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Remoção de matéria orgânica (Cont.)

## **T8 FLUORETAÇÃO**

Os principais perigos para o processo de tratamento de água decorrentes da fluoterização são químicos provenientes, essencialmente, do doseamento incorrecto de flúor.

Na Figura 37 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Tratamento. Refere-se o caso de fluoretização.

### **T8.1 Fluoretação**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir da sobredosagem de flúor.

T8 Fluoretação							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
T8.1.1 Contaminação do reagente devido a recepção inadequada.	T8.1.1.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de recepção de reagentes (certificado de análise dos reagentes).
T8.1.2 Doseamento incorrecto de flúor.	T8.1.2.1 Níveis de flúor muito elevados.	1	3	3	-	-	Fazer registos dos cálculos das dosagens. Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema dosador. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.
T8.1.3 Ruptura do stock.	T8.1.3.2 Níveis de flúor muito baixos.	1	3	3	-	-	Fazer uma gestão eficiente do stock.
T8.1.4 Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T8.1.4.1 Concentração inadequada de flúor.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a instalação imediata de meios alternativos de abastecimento de electricidade.

Figura 37 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Tratamento. Fluoretação

### **3.2.6 Avaliação do sistema. Distribuição**

#### **D1 ARMAZENAMENTO DE ÁGUA TRATADA**

Os principais perigos para a água tratada decorrentes do seu armazenamento são provenientes, essencialmente, da sua recontaminação. Podem ser de origem física, química ou microbiológica, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Na Figura 38 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Distribuição. Refere-se o caso de reserva de água tratada.

##### **D1.1 Reserva de água tratada**

Para este PC os perigos mais importantes que poderão ocorrer devem-se à presença de microrganismos patogénicos na água tratada ou de subprodutos provenientes da desinfecção.

D1 Armazenamento de água tratada									
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controlo		
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC			
D1.1.1 Fugas de água no reservatório.	D1.1.1.1 Quantidade insuficiente de água.	1	3	3	-	-	Garantir a existência de um plano de manutenção. Estabelecer um programa de detecção de fugas.	PCC 23	
	D1.1.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório.	2	3	6	S, N, S, N	PCC	Estabelecer programas de limpeza (no mínimo 1 vez por ano), para remover matéria orgânica que pode tornar-se biologicamente activa. Garantir que a higienização é eficiente na remoção de biofilmes e sedimentos. Garantir um residual de cloro adequado.		
D1.1.3 Acções de vandalismo/sabotagem	D1.1.3.1 Microorganismos patogénicos.	1	5	5	-	-	Garantir que o perímetro do reservatório está devidamente protegido e o acesso condicionado. Instalar alarme de detecção contra intrusão. Realizar rondas periódicas. Fazer vigilância através de câmaras de vídeo.		
	D1.1.3.2 Substâncias químicas perigosas.						Verificar periodicamente o estado de conservação da vedação. Garantir que o reservatório está coberto, tem protecção nas janelas e nas ventilações. Remover a vegetação que se encontra próxima do reservatório.		
D1.1.4 Acesso de animais ao reservatório.	D1.1.4.1 Microorganismos patogénicos.	1	5	5	-	-			

Figura 38 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Reservatórios de água tratada



D1 Armazenamento de água tratada						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
D1.1.5 Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção.	D1.1.5.1 Substâncias químicas perigosas.	1	4	4	-	-
	D1.1.6 Entrada de água contaminada a partir do solo, quer por percolação quer por capilaridade (para reservatórios enterrados ou semi-enterrados).	1	4	4	-	-
D1.1.7 Deterioração da qualidade da água no reservatório de água tratada.	D1.1.7.1 Microrganismos patogénicos.	2	5	10	S, N, S, N	PCC
	D1.1.6.2 Substâncias químicas perigosas.	1	4	4	-	-
D1.1 Reservatórios de água tratada						
PCC 23						
Exemplos de medidas de controlo						
Garantir que todos os materiais utilizados no reservatório são certificados, exigindo certificados de conformidade dos materiais.						
Garantir que a impermeabilização está a funcionar devidamente.						
Garantir um residual de cloro adequado.						

Figura 38 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Reservatórios de água tratada (Cont.)



## **D2 ADUÇÃO DE ÁGUA TRATADA**

Os principais perigos para a distribuição de água tratada decorrentes da sua adução são provenientes, essencialmente, da entrada de contaminação nas condutas adutoras. Podem ser de origem física, química ou microbiológica, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Na Figura 39 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Distribuição. Refere-se o caso de condutas adutoras.

### **D2.1 Condutas adutoras**

Para este PC os perigos mais importantes que poderão surgir devem-se à recontaminação da água tratada resultante de fugas, contaminação cruzada, práticas de limpeza e desinfecção inadequadas, etc.

D2 Adução de água tratada							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
D2.1.1 Fugas de água nas condutas.	D2.1.1.1 Falta de água.	1	3	3	-	-	Estabelecer um programa de detecção de fugas.
	D2.1.2 Acumulação de sedimentos no interior das condutas.						
D2.1.2 Ruptura de condutas.	D2.1.2.1 Microorganismos patogénicos.	1	4	4	-	-	Estabelecer programas de limpeza (no mínimo 1 vez por ano), para remover matéria orgânica que pode tornar-se biologicamente activa. Garantir um residual de cloro adequado.
	D2.1.2.2 Microorganismos patogénicos.						
D2.1.3 Ruptura de condutas.	D2.1.3.1 Microorganismos patogénicos.						
	D2.1.3.2 Substâncias químicas perigosas.	1	4	4	-	-	Garantir um residual de cloro adequado. Garantir a existência de um plano de manutenção.
	D2.1.3.3 Turvação.						Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Fazer inspecções regulares preventivas.
D2.1.4 Contaminação cruzada nas condutas.	D2.1.4.1 Microorganismos patogénicos.						
	D2.1.4.2 Substâncias químicas perigosas.	1	5	5	-	-	
	D2.1.4.3 Turvação.						
Não é PCC							

Figura 39 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Condutas adutoras

D2 Adução de água tratada									
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle		Não é PCC
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC			
D2.1.5 Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio de ventosas localizadas em caixas enterradas mal concebidas.	D2.1.5.1 Microorganismos patogénicos.	1	4	4	-	-	Garantir um residual de cloro adequado. Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Fazer inspeções regulares preventivas.		
	D2.1.5.2 Substâncias químicas perigosas.								
	D2.1.5.3 Turvação.								
D2.1.6 Entrada de ar por pressões negativas e/ou por fluxo inverso de água nas condutas.	D2.1.6.1 Microorganismos patogénicos.	1	4	4	-	-	Instalar acessórios que previnam pressões negativas e fluxo inverso nas condutas.		
	D2.1.6.2 Turvação.								
D2.1.7 By-pass temporário impróprio.	D2.1.7.1 Microorganismos patogénicos.	2	5	10	S, N, S, N	PCC	Garantir que o equipamento está limpo e é utilizado apenas em água potável. Garantir um residual de cloro adequado a montante e a jusante do local onde se faz a reparação ou a instalação da nova conduta. Garantir a existência de um plano de manutenção.		
	D2.1.7.2 Substâncias químicas perigosas.								
D2.1.8 Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de novas condutas na rede.	D2.1.8.1 Microorganismos patogénicos.	2	5	10	S, N, S, N	PCC			
	D2.1.8.2 Substâncias químicas perigosas.								

**Figura 39** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Condutas adutoras (Cont.)



### **D3 REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

Os principais perigos para a distribuição de água tratada decorrentes da rede de distribuição são provenientes, essencialmente, da entrada de contaminação nas condutas. Podem ser de origem física, química ou microbiológica, dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Nas Figuras 40 e 41 exemplifica-se a metodologia a adoptar na avaliação do subsistema de Distribuição. Referem-se os casos de pressão no sistema e operação.

#### **D3.1 Pressão no sistema**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir devido a flutuações e quedas de pressão na rede de distribuição.

#### **D3.2 Operação**

Para este PC os perigos mais importantes poderão surgir devido a quedas de pressão e a contaminação cruzada na rede de distribuição.

D3 Rede de distribuição							
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão		Exemplos de medidas de controle
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC	
D3.1 Pressão no sistema	D3.1.1 Fugas de água na rede de distribuição.	3	3	9	S, S	PCC	PCC 24  Estabelecer um programa de detecção de fugas. Garantir a existência de um plano de manutenção. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Aplicar um modelo matemático para análise do funcionamento da rede para auxiliar a identificação de potenciais problemas. Instalar, em locais apropriados, elementos para prevenção de retorno (backflow). Identificar e cadastrar os locais onde existem válvulas, hidrantes, áreas de baixa pressão e extremidades. Criar uma linha telefônica SOS fugas para aviso.
	D3.1.2 Variações de pressão.	2	3	6	S, N, S, N	PCC	
	D3.1.3 Ruptura de condutas ou danos acidentais.	1	3	-	-	-	

Figura 40 Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Pressão no sistema

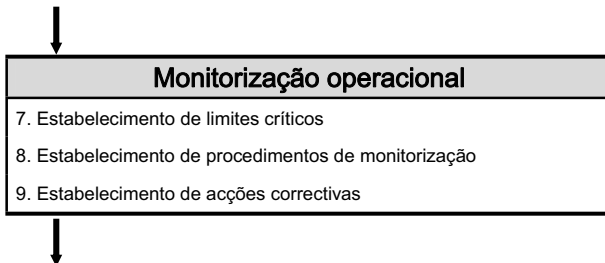


D3 Rede de distribuição						
Eventos perigosos	Perigos	Caracterização de riscos			Árvore de decisão	
		Prob.	Sev.	Class.	Respostas	PCC
D3.2 Operação	D3.2.1 Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a implantação de novas condutas na rede.	1	3	3	-	-
	D3.2.2 By-pass temporário impróprio.	2	4	8	S, S	PCC
	D3.2.3 Contaminação cruzada.	1	5	5	-	-
	D3.2.4 Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção.	1	5	5	-	-
PCC 26						
					Exemplos de medidas de controle	
					<p>Garantir que o equipamento está limpo e é utilizado apenas em água potável.</p> <p>Garantir um residual de cloro adequado a montante e a jusante do local onde se faz a reparação ou a instalação da nova conduta.</p> <p>Dar (ou exigir) formação regular adequada à equipa.</p> <p>Garantir a existência de um plano de manutenção.</p> <p>Estabelecer procedimento para limpeza e desinfecção de condutas.</p>	
					Garantir a utilização de materiais certificados para água potável.	

**Figura 41** Esquema de quadro para avaliação do subsistema Distribuição. Operação



### 3.3 Monitorização operacional



A monitorização operacional constitui uma etapa de verificação da conformidade dos LC estabelecidos para cada PCC. Os respectivos procedimentos devem ser organizados em planos de monitorização. Na Fig. 42 apresenta-se um exemplo de monitorização operacional para o caso da fase do processo Filtração.

#### 3.3.1 Estabelecimento de limites críticos

Definir os limites críticos (LC) para todos os parâmetros definidos.

#### 3.3.2 Estabelecimento de procedimentos de monitorização

Estabelecer procedimentos de monitorização para verificar se estão a ser cumpridos os LC.

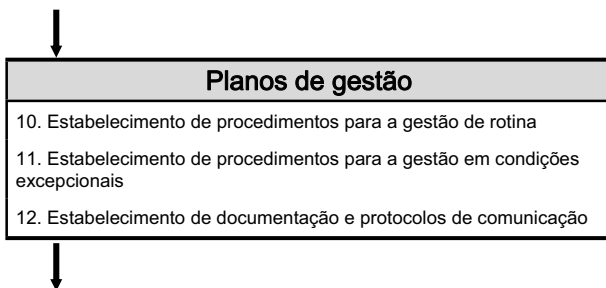
#### 3.3.3 Estabelecimento de acções correctivas

Estabelecer as acções correctivas em caso de desvio dos LC.

PCC14	O quê?	Limite crítico		Onde?	Como?	Quando?	Quem?	Ações correctivas
		Valor	Unidades					
	Turvação	0,7	NTU	A saída dos filtros	Telemetria	On-line	Operação	Ajustar os parâmetros operacionais. Avaliar a necessidade de manutenção correctiva Reforçar a desinfeção.
	Ponto óptimo para nível de colmatção	2500	mm	Filtros				
	Tempo de filtração	80	horas					
	Alumínio residual na água filtrada	0,2	mg/L Al	A saída dos filtros	Análise laboratorial	Diário	Laboratório	
	Azoto amoniacal	0,6	mg/L NH <sub>4</sub>					
	Acrilamida	0,10	µg/L					
	<i>Clostridium perfringens</i>	1	n.º/100 mL					

**Figura 42** Exemplo de esquema de quadro para monitorização operacional. Filtração rápida

### 3.4 Planos de gestão



Os planos de gestão devem descrever as acções a tomar e conter a documentação sobre a avaliação e a monitorização do sistema. Nas Figuras 43 a 51 apresentam-se exemplos de fichas-resumo para a gestão de rotina de PCC do sistema de abastecimento de água superficial representado pelo diagrama de fluxo da Figura 11.

#### 3.4.1 Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina

1. Garantir a existência de planos de suporte, procedimentos e registos para a aplicação do PSA, nomeadamente:
  - manutenção e calibração de equipamentos;
  - limpeza e higiene de instalações e pessoal;
  - formação e competências de pessoal;
  - garantia de fiabilidade de resultados analíticos;
  - recepção de produtos químicos.
2. Harmonizar o PSA com os planos existentes na empresa no que respeita a:
  - parâmetros e frequências de monitorização;
  - limites críticos;
  - responsabilidades;
  - acções correctivas.
3. Elaborar um plano de acção para implementar as medidas de controlo. Estas deverão ser priorizadas de acordo com a avaliação de riscos efectuada anteriormente.
4. Analisar os dados registados na gestão de rotina. Sempre que se verifiquem incumprimentos relativamente a LC, devem ser analisadas as causas prováveis e as acções correctivas estabelecidas (desencadeadas ou não).
5. Estabelecer um plano para revisão do PSA.

### 3.4.1.1 Gestão de rotina. Fonte

PCC 1	F1 Água bruta		F1.1 Água superficial		
Eventos perigosos					
F1.1.3					
A fonte de água recebe lixiviados provenientes de lixeiras e/ou de aterros sanitários.					
F1.1.6					
A fonte de água recebe efluentes sem tratamento de origem doméstica ou industrial e provenientes de drenagem urbana (excluem-se fossas sépticas).					
F1.1.9					
A fonte de água recebe produtos fertilizantes ou agro-químicos provenientes da actividade agrícola e florestal.					
F1.1.10					
Crescimento anormal de algas.					
Perigos					
F1.1.3.1					
Microrganismos patogénicos.					
F1.1.3.2					
Substâncias químicas perigosas.					
F1.1.6.1					
Microrganismos patogénicos.					
F1.1.6.2					
Substâncias químicas perigosas.					
F1.1.9.1					
Substâncias químicas perigosas.					
F1.1.10.1					
Algas em concentrações elevadas.					
Medidas de controlo					
Identificar zonas protegidas.					
Obter toda a informação disponível sobre terrenos contaminados e descargas na Bacia.					
Uma vez identificados todos os terrenos contaminados e os pontos de descarga, estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, uma estratégia para:					
- Elaborar uma listagem dos possíveis contaminantes;					
- Monitorizar a qualidade da água para identificar possíveis contaminantes;					
- Estabelecer, em conjunto com a entidade gestora da Bacia, utilizando os dados de monitorização e inspecção local, um sistema de alarme de contaminação na Fonte.					
- Identificar as medidas adequadas ao controlo da propagação dos contaminantes.					
Garantir que os responsáveis pelo sistema de abastecimento são informados sobre novos licenciamentos na Bacia.					
Implantar estações de alerta na Bacia.					
Monitorização operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação correctiva
pH	[5,5-9,0]	E.Sórsen	Semanal	Laboratório	Tomar todas as medidas julgadas necessárias, incluindo interromper a captação em caso de acidente grave que ocorra a montante.  Utilizar fontes de água alternativas em períodos nos quais não é possível fazer-se a captação (pressupõe, por exemplo, o estudo prévio da possibilidade de transvase entre reservatórios de entrega e/ou entre sistemas de abastecimento).
Azoto amoniacal	1,5	mg/L NH <sub>4</sub>			
Coliformes fecais	S/ limite	n.º/100 mL			
Coliformes totais	S/ limite	n.º/100 mL			
Oxidabilidade	S/ limite	mg/L O <sub>2</sub>			
Condutividade	S/ limite	µS/cm, 20°C	Mensal excepto em Junho, Julho, Agosto e Setembro (semanal)	Laboratório	Estabelecer tratamentos opcionais na ETA capazes de eliminar substâncias químicas perigosas.
Cianobactérias	1000	células/mL			
Parâmetros químicos com possibilidade de surgir devido às actividades existentes na bacia hidrográfica.	A definir por parâmetro	-	Trimestral		

**Figura 43** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Água superficial

### 3.4.1.2 Gestão de rotina. Tratamento

PCC 3	T1 Captação de água bruta		T1.1 Água superficial – rios		
Eventos perigosos					
T1.1.1 Seca. Redução prolongada do caudal do rio devido a represamento de água a montante da captação ou caudal baixo no rio devido a um período de estiagem.					
T1.1.2 Cheia. Situação de cheia (inundação), em que a subida do nível da água inviabiliza a captação.					
T1.1.3 Chuvas intensas que conduzem a elevados níveis de turvação e matéria orgânica para a ETA.					
Perigos					
T1.1.1.1 Quantidade insuficiente de água disponível para captação.					
T1.1.2.1 Incapacidade do sistema para captar água.					
T1.1.3.1 Turvação em níveis elevados.					
T1.1.3.2 Matéria orgânica em níveis elevados.					
Medidas de controlo					
Aplicar medidas de poupança, antes que a falta de água se torne efectiva no consumidor.					
Garantir a manutenção do caudal necessário à produção de água. Definir protocolos com a entidade gestora da água da Bacia.					
Garantir a existência de planos de emergência.					
Estudar e estabelecer regras de utilização da água na fonte, em condições precárias. Garantir novas fontes de água, tendo em conta o caudal do rio.					
Estabilizar a qualidade da água bruta (através de um reservatório de água bruta ou galeria de infiltração) para evitar períodos de qualidade da água muito fraca.					
Estabelecer mecanismos de fecho da captação sempre que se verifiquem condições de impossibilidade de tratamento adequado da água:					
- Definir níveis de qualidade da água que a ETA não consiga tratar;					
- Instalar na captação equipamentos de medição por telemetria de alguns parâmetros de qualidade da água;					
- Usar informação de registos de nível da água no rio a montante como sinal de alerta;					
- Fazer uma gestão do nível de água no reservatório de água tratada para maximizar os períodos em que a captação tem de ser interrompida.					
Fazer inspecções regulares da captação.					
Implantar estações de alerta a montante da captação.					
Monitorização operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação correctiva
pH	[5,5-9,0]	E.Sórsen	On-line	Operação	Tomar todas as medidas julgadas necessárias, incluindo interromper a captação em caso de acidente grave que ocorra a montante.  Utilizar fontes de água alternativas em períodos nos quais não é possível fazer-se a captação (pressupõe, por exemplo, o estudo prévio da possibilidade de transvase entre reservatórios de entrega e/ou entre sistemas de abastecimento).  Estabelecer tratamentos opcionais na ETA capazes de eliminar substâncias químicas perigosas.
Turvação	70	NTU			
Condutividade	S/ limite	µS/cm, 20°C			
COT ou	S/ limite	mg/L C ou			
Oxidabilidade		mg/L O <sub>2</sub>			
Níveis de água	-	cm			

**Figura 44** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Água superficial – rios

PCC 12	T4 Processo de coagulação/floculação/clarificação		T4.1 Coagulação - Floculação - Sedimentação		
Eventos perigosos					
T4.1.2 Doseamento incorrecto de coagulante. T4.1.5 Doseamento incorrecto de floculante.					
Perigos					
T4.1.2.1 Partículas. T4.1.2.2 Matéria orgânica. T4.1.5.1 Matéria orgânica. T4.1.5.2 Turvação.					
Medidas de controlo					
Fazer registos dos cálculos das dosagens. Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador. Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos. Garantir que o doseamento químico é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta. Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de coagulante for incorrecta. Verificar se o gradiente de velocidade e o tempo de contacto são adequados para a eficiência da etapa.					
Monitorização operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação correctiva
pH antes da coagulação	[6,0-8,0]	E. Sørensen	Diário	Laboratório	Reforçar a desinfecção.
Turvação após decantação	4,0	NTU			
Concentração de coagulante	A definir	mg/L			
Concentração de floculante	A definir	mg/L			
Inspeção visual da estabilidade de flocos	-	-		Operação	

**Figura 45** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Coagulação – Floculação – Sedimentação



PCC 14	T5 Filtração			T5.1 Filtração rápida		
Eventos perigosos						
T5.1.1						
Deficiente controlo da coluna de água sobre o leito filtrante.						
T5.1.2						
Deficiente controlo de tempos de filtração.						
T5.1.4						
Mau funcionamento dos analisadores em linha.						
T5.1.6						
Recirculação não controlada de águas de lavagem em filtros.						
Perigos						
T5.1.1.1						
Matéria orgânica.						
T5.1.1.2						
Turvação.						
T5.1.2.1						
Matéria orgânica.						
T5.1.2.2						
Turvação.						
T5.1.4.1						
Turvação elevada.						
T5.1.6.1						
Acrilamida.						
T5.1.6.2						
Alumínio.						
T5.1.6.3						
Ferro.						
T5.1.6.4						
Clostridium perfringens.						
Medidas de controlo						
Garantir a existência de um plano de manutenção.						
Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.						
Ajustar o número de filtros em função do caudal a tratar.						
Controlar o caudal da água recirculada.						
Monitorização operacional						
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação correctiva	
Turvação após filtração	0,7	NTU	On-line	Operação	Controlo da qualidade dos reagentes. Ajustar as etapas a montante para otimizar a eficiência da filtração. Reforçar a desinfecção.	
Ponto óptimo de colmatação	2500	mm	Sempre que qualquer dos critérios seja atingido			
Tempo de filtração	80	Horas				
Alumínio residual na água filtrada	0,2	mg/L Al	Diário	Laboratório		
Azoto amoniacal	0,6	mg/L NH <sub>4</sub>				
COT ou	A definir	mg/L C	Mensal			
Oxidabilidade	4,0	mg/L O <sub>2</sub>				
Clostridium perfringens	0	n.º/100 mL				
Acrilamida	0,10	µg/L				

**Figura 46** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Filtração rápida

PCC 17		T6 Desinfecção		T6.1 Adição de cloro				
Eventos perigosos								
T6.1.1								
Doseamento incorrecto de cloro.								
T6.1.5								
Formação de subprodutos.								
Perigos								
T6.1.1.1								
Microrganismos patogénicos.								
T6.5.1.1								
Trihalometanos.								
Medidas de controlo								
Fazer registos dos cálculos das dosagens.								
Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador.								
Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.								
Garantir que o doseamento de cloro é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta.								
Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de cloro for incorrecta.								
Garantir a dosagem correcta de oxidante e tempo de contacto suficiente.								
Monitorização operacional								
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Acção correctiva			
pH	[6,5-8,0]	E. Sørensen	On-line	Operação	Identificar a causa que conduziu ao doseamento incorrecto e rectificá-la. Fazer o doseamento de cloro manualmente até a anomalia estar reparada. Ajustar o doseamento de cloro sempre que as características da água mudem. Se houver défice de cloro residual, reforçar a dosagem. Identificar a causa que conduziu ao tempo de contacto insuficiente e rectificá-la.			
Cloro livre residual	[0,5-1,0]	mg/L Cl <sub>2</sub>						
Bactérias coliformes	0	n.º/100 mL	Diário	Laboratório				
<i>Escherichia coli</i>	0	n.º/100 mL						
<i>Clostridium perfringens</i>	0	n.º/100 mL						
N.º de colónias a 22°C	100	n.º/mL						
N.º de colónias a 37°C	10	n.º/mL	Mensal					
Trihalometanos	70	µg/L						

**Figura 47** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Adição de cloro

PCC 21		T7 Tratamento de afinação		T7.1 Correção de pH	
Eventos perigosos					
T7.1.2					
Preparação e doseamento incorrecto de água de cal.					
Perigos					
T7.1.2.1					
pH elevado.					
Medidas de controlo					
Fazer registos dos cálculos das dosagens.					
Garantir a existência de um plano de manutenção para o sistema doseador.					
Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.					
Garantir que o doseamento químico é capaz de dar resposta imediata sempre que ocorram alterações significativas na qualidade da água bruta.					
Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de água de cal for incorrecta.					
Monitorização operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação correctiva
pH	[6,5-9,0]	E. Sørensen	Diário	Laboratório	Ajustar o doseamento de água de cal para dar resposta a variações da qualidade da água, de modo a garantir um pH dentro do intervalo estabelecido.

**Figura 48** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Correção de pH

### 3.4.1.3 Gestão de rotina. Distribuição

PCC 23	D1 Armazenamento de água tratada			D1.1 Reservatórios de água tratada		
Eventos perigosos						
D1.1.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório.						
D1.1.7 Deterioração da qualidade da água no reservatório de água tratada.						
Perigos						
D1.1.2.1 Microrganismos patogénicos.						
D1.1.2.2 Turvação.						
D1.1.7.1 Microrganismos patogénicos.						
Medidas de controlo						
Estabelecer programas de limpeza (no mínimo 1 vez por ano), para remover matéria orgânica que pode tornar-se biologicamente activa.						
Garantir que a higienização é eficiente na remoção de biofilmes e sedimentos.						
Garantir um residual de cloro adequado.						
Monitorização operacional						
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Acção correctiva	
Cloro livre residual	[0,3-0,8]	mg/L Cl <sub>2</sub>	On-line	Laboratório	Substituir qualquer componente de protecção do reservatório que esteja danificado (vedação, respiros, etc.).  Isolar o reservatório e os troços de conduta contaminados, desinfectar e verificar a qualidade microbiológica da água. Se a contaminação for elevada, rejeitar a água tratada, proceder à limpeza e higienização do reservatório.	
Turvação	2,0	NTU	Mensal e/ou sempre que seja efectuada alguma reparação ou higienização dos reservatórios.			
Bactérias coliformes	0	n.º/100 mL				
<i>Escherichia coli</i>	0	n.º/100 mL				
<i>Clostridium perfringens</i>	0	n.º/100 mL				
N.º de colónias a 22°C	100	n.º/mL	Diário			
N.º de colónias a 37°C	10	n.º/mL				
Cianobactérias	50	células/mL	Mensal excepto em Junho, Julho, Agosto e Setembro (semanal)			
Parâmetros químicos com possibilidade de surgir devido às actividades existentes na bacia hidrográfica.	A definir	-	Trimestral			

**Figura 49** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Reservatórios de água tratada

PCC 24		D3 Rede de distribuição		D3.1 Pressão no sistema	
Eventos perigosos					
D3.1.1					
Perdas de água na rede de distribuição.					
D3.1.2					
Variações de pressão.					
Perigos					
D3.1.1.1					
Falta de água.					
D 3.1.2.1					
Microrganismos patogénicos.					
D 3.1.2.2					
Turvação.					
Medidas de controlo					
Estabelecer um programa de detecção de perdas.					
Garantir a existência de um plano de manutenção.					
Garantir a existência de um plano de calibração dos equipamentos.					
Aplicar um modelo matemático para análise do funcionamento da rede para auxiliar a identificação de potenciais problemas.					
Instalar, em locais apropriados, elementos para prevenção de retorno ( <i>backflow</i> ).					
Identificar e cadastrar os locais onde existem válvulas, hidrantes, áreas de baixa pressão e extremidades.					
Criar uma linha telefónica SOS perdas para aviso.					
Monitorização operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação correctiva
Pressões na rede	[30-60]	m.c.a.	On-line e sempre que seja efectuada alguma reparação na rede	Operação	Reparação de fugas e higienização adequadas.
Turvação	2,0	NTU	Sempre que sejam registadas variações de pressão inaceitáveis	Laboratório	
Bactérias coliformes	0	n.º/100 mL			
<i>Escherichia coli</i>	0	n.º/100 mL			
<i>Clostridium perfringens</i>	0	n.º/100 mL			
N.º de colónias a 22°C	100	n.º/mL			
N.º de colónias a 37°C	10	n.º/mL			

**Figura 50** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Pressão no sistema

PCC 25	D3 Rede de distribuição			D3.2 Operação	
Eventos perigosos					
D3.2.2					
By-pass temporário impróprio.					
Perigos					
D3.2.2.1					
Microrganismos patogénicos.					
D3.2.2.2					
Substâncias químicas perigosas.					
Medidas de controlo					
Garantir que o equipamento está limpo e é utilizado apenas em água potável.					
Garantir um residual de cloro adequado a montante e a jusante do local onde se faz a reparação ou a instalação da nova conduta.					
Dar (ou exigir) formação regular adequada à equipa.					
Garantir a existência de um plano de manutenção.					
Estabelecer procedimento para limpeza e desinfecção de condutas.					
Monitorização operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação correctiva
Turvação	2,0	NTU	A definir	Laboratório	Reparação de perdas e higienização adequadas.  Após as reparações e a higienização de condutas, manter um residual de cloro para eliminar possíveis contaminantes microbiológicos que aí possam ter permanecido.  Garantir a qualidade da água na conduta. Durante e após a utilização do by-pass temporário.  Restabelecer o cloro livre residual.
Cloro livre residual	[0,3-0,8]	mg/L Cl <sub>2</sub>			
Bactérias coliformes	0	n.º/100 mL			
<i>Escherichia coli</i>	0	n.º/100 mL			
<i>Clostridium perfringens</i>	0	n.º/100 mL			
N.º de colónias a 22°C	100	n.º/mL			
N.º de colónias a 37°C	10	n.º/mL			

**Figura 51** Exemplo de ficha para gestão de rotina. Operação

### 3.4.2 Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais

Apesar de todo o sistema de abastecimento de água ser objecto de monitorização no âmbito do processo de controlo estabelecido no PSA, podem ocorrer eventos que, pela sua natureza, apenas se verifiquem em situações excepcionais, tais como desastres naturais, acções humanas e outros incidentes inesperados, que tenham impacto negativo elevado para a qualidade da água e, consequentemente, possam pôr em perigo a saúde pública.

Para fazer face a estas situações, aconselha-se que as entidades gestoras elaborem um Plano de Contingência, integrando planos de acção para dar respostas a situações de emergência como as que se exemplificam no quadro da Figura 52 (EPA, 2004).

Tipo de evento	Descrição
<b>Desastres naturais</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Inundações</li><li>- Ventos ciclónicos</li><li>- Sismos</li><li>- Condições meteorológicas extremas (neve, gelo, raios, temperatura anormal, seca)</li></ul>
<b>Acções humanas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sabotagem/bioterrorismo</li><li>- Vandalismo</li><li>- Derrame accidental de produtos químicos perigosos</li></ul>
<b>Incidentes inesperados</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Incêndio</li><li>- Ruptura no abastecimento de electricidade</li><li>- Falhas em equipamentos mecânicos</li><li>- Interrupção do abastecimento de água</li><li>- Contaminação de produtos químicos usados na ETA</li><li>- Acidentes de construção</li><li>- Problemas com pessoal (perda de operador, emergência médica)</li><li>- Contaminação accidental no sistema de abastecimento de água (surto epidémico, ligações cruzadas accidentais)</li></ul>

**Figura 52** Exemplos de eventos excepcionais

A necessidade de se dar resposta aos variados tipos de eventos excepcionais aconselha a que as entidades gestoras adoptem um único documento de gestão (Plano de Contingência) que inclua conjuntos de procedimentos com autonomia própria e adequados

à resposta a dar a cada uma das situações de emergência que possam ocorrer.

Sem prejuízo de uma avaliação específica de potenciais vulnerabilidades associadas a um determinado sistema de abastecimento de água, propõe-se aqui uma possível estrutura de Plano de Contingência, onde consta a informação e os conteúdos a contemplar na sua elaboração.

### **3.4.2.1 Elementos de um Plano de Contingência**

Um Plano de Contingência pode estruturar-se em três grandes capítulos: aspectos gerais, planos de emergência e anexos de suporte. Nos pontos seguintes, e para cada um destes capítulos, apresenta-se uma lista dos elementos que o constituem, com uma breve explicação da natureza da informação a conter.

#### **3.4.2.1.1 ASPECTOS GERAIS**

Os aspectos gerais devem conter os elementos informativos básicos sobre o plano e sobre a entidade gestora, necessários a uma fácil consulta por parte de pessoal com responsabilidade de acção interna e externa, bem como de entidades oficiais directamente relacionadas com a protecção civil e com a saúde pública.

##### **1. Objectivos e abrangência do Plano de Contingência**

*Esta secção deve dar uma visão geral da operação do sistema e descrever, de forma genérica, a localização geográfica, a natureza dos riscos ou eventos excepcionais para os quais o Plano é aplicável. Esta descrição sumária ajudará os utilizadores a terem uma rápida noção da relevância do Plano para uma dada emergência num determinado local. Esta secção deve incluir ainda uma lista das normas aplicáveis.*

##### **2. Índice**

*Esta secção deve identificar claramente a estrutura do Plano e incluir uma lista de anexos. Pretende-se, assim, facilitar a celeridade na sua utilização em caso de emergência.*

##### **3. Data da última revisão**

*Esta secção deve indicar a data da última revisão de modo a informar os utilizadores da validade do Plano. A informação sobre actualizações do Plano deve constar no anexo 6 (Análise Crítica, Revisão do Plano e Alterações).*

##### **4. Informação geral sobre o sistema de abastecimento**



- a. Designação do sistema de abastecimento.
- b. Entidade gestora (inclui endereço e telefone).
- c. Elemento(s) de contacto para o desenvolvimento e manutenção do Plano.
- d. Telefone, fax e endereço electrónico do(s) elemento(s) de contacto.

*Esta secção deve conter breves referências do sistema e dos elementos de contacto, de modo a facilitar uma identificação rápida dos elementos responsáveis por prestar informações.*

### **3.4.2.1.2 PLANOS DE EMERGÊNCIA**

Os planos de emergência devem reflectir as etapas essenciais necessárias para iniciar, dar continuidade e encerrar uma acção de resposta a uma emergência: reconhecimento, notificação e resposta inicial.

Esta secção do Plano deve ser concisa, objectiva e de fácil aplicação. Não necessita de ser exaustiva em todos os procedimentos necessários, mas deve dar a informação considerada crítica nas fases iniciais da resposta e constituir um quadro orientador eficaz para o pessoal operacional montar o esquema de resposta.

Sempre que possível a informação deve ser apresentada sob a forma de *check-lists* e esquemas funcionais, de modo a ser possível uma fácil e rápida compreensão das recomendações a pôr em prática.

Os planos de emergência devem ser construídos fazendo referência às respectivas secções constantes dos anexos de suporte para uma orientação mais pormenorizada dos procedimentos específicos a adoptar.

#### **1. Ocorrência**

*Esta secção deve referir a acção inicial a tomar pela pessoa que detectou o incidente, de forma a avaliar o problema e a despoletar o sistema de resposta. A forma como é reconhecida e avaliada a ocorrência deve ser facilmente entendida por todo o pessoal do sistema. Recomenda-se o uso de check-lists e/ou esquemas funcionais.*

#### **2. Resposta inicial**

- a. Procedimentos para notificações internas e externas (contactos do responsável de segurança,

administração da entidade gestora, serviços de protecção civil, bombeiros, delegado de saúde, etc.).

- b. Estabelecimento de um sistema de gestão de emergências.
- c. Procedimentos para avaliação preliminar da situação, incluindo uma identificação do tipo de incidente, perigos envolvidos, magnitude do problema e recursos ameaçados).
- d. Procedimentos para estabelecimento de objectivos e prioridades de resposta a incidentes específicos, incluindo: (i) objectivos imediatos prioritários; (ii) acções mitigadoras; (iii) identificação de recursos.
- e. Procedimentos para a implementação do plano de acção.
- f. Procedimentos para a mobilização de recursos.

*Esta secção deve dar as necessárias indicações para activar o sistema de resposta imediatamente após o registo da ocorrência. Deve incluir um ponto de contacto permanente (elemento responsável e seu substituto que pode ser chamado para activar a resposta) e instruções para a difusão da informação crítica. Deve conter, ainda, instruções para o pessoal implementar facilmente o sistema de gestão da resposta.*

*Informação mais pormenorizada sobre componentes específicas do sistema de gestão da resposta (por ex. avaliação detalhada de perigos e estratégias de protecção dos recursos) deve ser remetida para os anexos. Esta parte do plano deve fornecer informação sobre avaliação dos problemas, estabelecimento de objectivos e prioridades, implementação de um plano de gestão e mobilização de recursos. Recomenda-se que, para controlar diferentes tipos de incidentes, o elemento responsável pela segurança faça uso de check-lists, de esquemas funcionais e de breves descrições de acções a estabelecer.*

### 3. Continuidade da resposta

*Esta secção deve contemplar uma estrutura de gestão de resposta que dê continuidade a acções mais prolongadas de mitigação e recuperação, de modo a garantir, eficientemente, a transição da resposta desde o estágio inicial até ao estágio final de emergência.*

### 4. Acções de encerramento e acompanhamento

*Esta secção deve referir, sucintamente, o desenvolvimento de um mecanismo para assegurar que o elemento responsável pela mitigação do incidente, em coordenação com os serviços de protecção civil e de saúde pública locais e nacionais, declare encerrada a resposta à emergência. Nesta secção deve ser feita uma descrição geral das acções que se seguem ao encerramento da resposta (por ex. inquérito ao incidente, análise crítica, revisão do Plano, relatórios escritos de prosseguimento).*

### **3.4.2.1.3 ANEXOS DE SUPORTE**

Os anexos devem conter informação-chave de suporte aos planos de emergência e textos de documentos legais aplicáveis, devendo ser elaborados de forma a não duplicar informação já existente no corpo principal do Plano. Além disso os anexos podem ainda conter assuntos relacionados com investigação pós-acidente, histórico de incidentes, relatórios escritos de acompanhamento, formação e simulações em contexto real, crítica ao Plano e alterações ao processo, prevenção e análises de conformidade.

#### **ANEXO 1. INFORMAÇÃO SOBRE O SISTEMA DE ABASTECIMENTO E LOCALIZAÇÃO FÍSICA**

- a. Mapas do sistema de abastecimento.
- b. Esquemas de funcionamento.
- c. Descrição das instalações/layout, incluindo identificação de perigos, vulnerabilidade de recursos e pessoas susceptíveis serem afectadas por um incidente.

*Este anexo deve fornecer informação detalhada aos responsáveis sobre o layout do sistema de abastecimento e do espaço físico envolvente. Preferencialmente devem utilizar-se mapas e esquemas de funcionamento, em detrimento de peças escritas, permitindo assim um entendimento mais fácil do sistema. Pode constar deste anexo informação crítica sobre localização de fontes de descargas, válvulas de fecho de emergência e proximidade de zonas sensíveis (equipamentos de elevada importância económica, social e ambiental).*

#### **ANEXO 2. NOTIFICAÇÃO**

- a. Notificações internas.
- b. Notificações à comunidade.
- c. Notificações a entidades oficiais.

*Este anexo deve detalhar o processo de consciencialização da população sobre um incidente (quem, quando, que e o quê informar). O elemento responsável pela segurança deve assegurar o envio, em tempo útil, das notificações.*

### **ANEXO 3. SISTEMA DE GESTÃO DA RESPOSTA**

*Este anexo deve conter uma descrição geral do sistema de gestão da resposta, assim como informação específica de orientação e suporte de acções relacionadas com cada evento excepcional considerado (cadeia de comando, operações, planeamento, logística e finanças).*

#### **a. Generalidades**

*Esta secção do anexo deve incluir a seguinte informação: organograma da empresa; descrição de funções; descrição pormenorizada do fluxo de informação; descrição da formação de um comando unificado dentro do sistema de gestão da resposta;*

#### **b. Cadeia de comando**

*Esta secção do anexo deve descrever os aspectos hierárquicos do sistema de gestão;*

#### **c. Operações**

*Esta secção do anexo deve conter uma análise dos procedimentos operacionais específicos para responder a um determinado incidente;*

#### **d. Planeamento**

*Esta secção do anexo deve conter: uma avaliação detalhada de todos os potenciais perigos do sistema; estratégias para protecção das potenciais vítimas e procedimentos para disposição de materiais contaminados de acordo com as Normas legais em vigor;*

#### **e. Instruções de segurança**

*Esta secção do anexo deve conter informação sobre instruções de segurança de carácter geral, particular e especial. Nas instruções de segurança gerais deve constar informação geral sobre comportamento a adoptar em caso de emergência. Nas instruções de segurança particulares devem constar procedimentos específicos a seguir em cada evento excepcional. Nas instruções de segurança especiais devem constar, para cada área funcional do sistema de abastecimento de água, sinalização de proibição ou obrigação, normas de segurança e instruções de protecção individual e colectiva.*

#### f. Plano de evacuação

*Esta secção do anexo refer-se à segurança de pessoas e bens dentro de edifícios. Deve conter toda a informação relacionada com procedimentos de evacuação e plantas de emergência com a identificação de saídas e de caminhos de evacuação.*

#### g. Logística

*Esta secção do anexo deve conter as necessidades operacionais para responder à emergência: necessidades médicas dos elementos operacionais; segurança; comunicações; transportes; apoio logístico ao pessoal e manutenção de equipamento;*

#### h. Finanças

*Esta secção do anexo deve conter a previsão de recursos para a resposta (pessoal e equipamento) e prever os custos com ela relacionados.*

### **ANEXO 4. DOCUMENTAÇÃO DE INCIDENTES**

*Este anexo deve conter a descrição dos procedimentos a adoptar na investigação da causa do acidente, incluindo a coordenação com as entidades oficiais. Deve ainda conter um histórico de acidentes ocorridos no sistema, incluindo informação sobre causas, danos causados, vítimas, acções de resposta, etc.*

### **ANEXO 5. FORMAÇÃO E SIMULAÇÕES EM CONTEXTO REAL**

*Este anexo deve conter uma descrição das acções de formação e de programas de simulações em contexto real a desenvolver numa base regular.*

### **ANEXO 6. ANÁLISE CRÍTICA, REVISÃO DO PLANO E ALTERAÇÕES**

*Este anexo deve descrever procedimentos para modificar o Plano com base em revisões periódicas ou na experiência adquirida através das simulações em contexto real ou acidentes anteriores.*

### **ANEXO 7. ANÁLISE DE CONFORMIDADE**

*Este anexo deve incluir informação relacionada com exigências normativas de modo a proceder-se a análise de conformidade do Plano com a legislação aplicável.*

Na Figura 53 apresenta-se o sumário de conteúdos dos elementos principais que constituem um Plano de Contingência.

<b>Plano de Contingência</b>
<b>Capítulo I - Aspectos gerais</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Objectivos e abrangência do Plano de Contingência</li> <li>2. Índice</li> <li>3. Data da última revisão</li> <li>4. Informação geral sobre o sistema de abastecimento <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Designação do sistema de abastecimento</li> <li>b. Entidade gestora</li> <li>c. Elemento(s) de contacto para o desenvolvimento e manutenção do Plano</li> <li>d. Telefone, fax e endereço electrónico do(s) elemento(s) de contacto</li> </ol> </li> </ol>
<b>Capítulo II - Planos de emergência</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ocorrência</li> <li>2. Resposta inicial <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Procedimentos para notificações internas e externas</li> <li>b. Estabelecimento de um sistema de gestão de emergências</li> <li>c. Procedimentos para avaliação preliminar da situação</li> <li>d. Procedimentos para estabelecimento de objectivos e prioridades de resposta a incidentes específicos</li> <li>e. Procedimentos para a implementação do plano de acção</li> <li>f. Procedimentos para a mobilização de recursos</li> </ol> </li> <li>3. Continuidade da resposta</li> <li>4. Acções de encerramento e acompanhamento</li> </ol>
<b>Capítulo III – Anexos de suporte</b>
<p>Anexo 1. Informação sobre o sistema de abastecimento e localização física</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Mapas do sistema de abastecimento</li> <li>b. Esquemas de funcionamento</li> <li>c. Descrição das instalações/<i>layout</i></li> </ol> <p>Anexo 2. Notificação</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Notificações internas</li> <li>b. Notificações à comunidade</li> <li>c. Notificações a entidades oficiais</li> </ol> <p>Anexo 3. Sistema de gestão da resposta</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Generalidades</li> <li>b. Cadeia de comando</li> <li>c. Operações</li> <li>d. Planeamento</li> <li>e. Instruções de segurança</li> <li>f. Plano de evacuação</li> <li>g. Logística</li> <li>h. Finanças</li> </ol> <p>Anexo 4. Documentação de incidentes</p> <p>Anexo 5. Formação e simulações em contexto real</p> <p>Anexo 6. Análise crítica, revisão do Plano e alterações</p> <p>Anexo 7. Análise de conformidade</p>

**Figura 53** Conteúdos de um Plano de Contingência

### 3.4.3 Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação

1. Elaborar relatórios periódicos para gerir os PCC (uma periodicidade mensal parece adequada), dos quais devem constar os seguintes elementos:

- análise dos dados de monitorização;
- verificação das medidas de controlo;
- análise das não-conformidades ocorridas e as suas causas;
- verificação da adequabilidade de acções correctivas;
- implementação das alterações necessárias.

2. Elaborar um relatório anual para avaliar o funcionamento do PSA, do qual devem constar os seguintes elementos:

- análise dos riscos mais relevantes ao longo do ano;
- reavaliação de riscos associados a cada PCC;
- avaliação da justificação de novas medidas de controlo;
- avaliação crítica do funcionamento do PSA.

3. Elaborar protocolos de comunicação, dos quais devem constar os seguintes elementos:

- Procedimentos de alerta imediato;
- Informação sumária aos consumidores;
- Mecanismos céleres de recepção e resposta à comunidade.

## 3.5 Validação e verificação do PSA



A tarefa de validar e verificar o funcionamento do PSA pode ser feita, de forma sintética, através do preenchimento de uma *check-list* como a que se apresenta na Figura 54, onde constam os

principais parâmetros que poderão ser auditados para validar e verificar um PSA.

Parâmetro ou elemento	Verificado	Observações
Constituição da equipa e atribuição de responsabilidades		
Diagrama de fluxo do sistema		
Identificação de perigos		
Método para avaliação de riscos, nomeadamente as escalas de probabilidade de ocorrência e de severidade de consequências		
Identificação de medidas de controlo		
Locais que definem pontos de controlo		
Método para avaliação de PCC		
Locais que definem pontos de controlo críticos		
Medidas de controlo associadas a cada PCC		
Adequabilidade das medidas de controlo aplicadas		
Limites críticos definidos em cada PCC (no mínimo têm de estar de acordo com os DL 236/98 e DL 243/01)		
Plano de monitorização definido		
Conjunto de acções correctivas		
Especificações dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento		
Subprodutos que podem ser formados no processo de tratamento		
Residuais de produtos químicos ao longo do processo		
Funcionamento das etapas de tratamento (avarias detectadas, eficiência, etc.)		
Formação à equipa responsável pela operação do sistema		
Apreciação da idoneidade do laboratório responsável pelas análises laboratoriais		
Planos de manutenção preventiva do sistema		
Plano de calibração dos equipamentos		
Especificações de equipamentos		
Especificações do material utilizado na construção do sistema de abastecimento		
Análise dos registos dos dados do sistema (verificação das medidas de controlo)		
Análise das não-conformidades ocorridas		
Análise dos desvios dos LC que ocorreram no sistema e das acções correctivas aplicadas		
Verificação da adequabilidade dos planos de emergência		
Formação anual dada à equipa		
Análise das propostas de alteração ao PSA no que respeita a medidas de controlo e limites críticos.		
Análise da reavaliação anual do PSA		

**Figura 54** *Check-list* para verificação e validação do PSA



## 4. EXPERIÊNCIA PORTUGUESA – O CASO DA ÁGUAS DO CÁVADO S.A.

Nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente, por parte das entidades gestoras portuguesas, em adoptar, ainda que informalmente, metodologias de avaliação e gestão de riscos nos respectivos sistemas de abastecimento de água. No entanto, atendendo à sua novidade e especificidade, a estratégia de controlo para a produção e distribuição de água representada pelos PSA revela ainda uma limitada aplicação em Portugal.

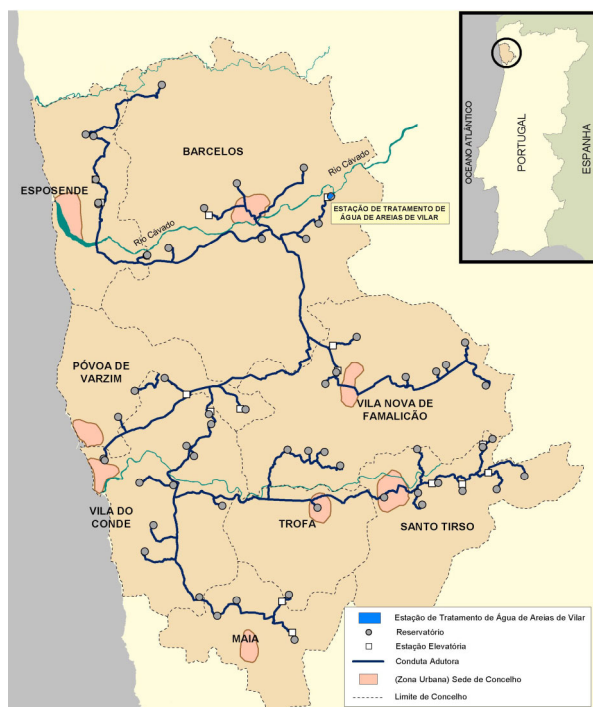
A experiência adquirida na elaboração e aplicação de um PSA na empresa Águas do Cávado S. A. constitui um caso-piloto que, por parecer relevante, merece ser partilhada com outras entidades que dela podem beneficiar (Vieira *et al*, 2004). Assim, reporta-se, seguidamente, o processo de elaboração e aplicação desta nova metodologia ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto.

### 4.1 Descrição do sistema de abastecimento

O sistema de abastecimento compreende a captação de água bruta no rio Cávado, o tratamento na Estação de Tratamento de Água (ETA) de Areias de Vilar e a Distribuição da água tratada (adução e armazenamento) aos concelhos de Barcelos, Esposende, Maia (Norte), Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Vila do Conde e Vila Nova de Famalicão.

A água que alimenta o Sistema é captada superficialmente no rio Cávado, em Areias de Vilar – Barcelos, onde é armazenada num Reservatório de Água Bruta, com tempo de retenção de 24 horas. Segue-se um conjunto de operações e processos de tratamento na ETA, com capacidade de tratamento de 230 000  $m^3/d$  e que inclui: pré-ozonização, remineralização, mistura rápida e floculação, decantação, filtração, desinfecção, tratamento de afinação e armazenamento de água tratada. Depois de tratada, a água percorre uma rede de condutas adutoras em ferro fundido, com diâmetros compreendidos entre 1400 e 200 mm, numa extensão global de 237,14 km, a fim de abastecer 4 reservatórios de regularização e 52 reservatórios, onde se faz a entrega de água aos diversos municípios que integram o Sistema. Existem ainda 15 estações elevatórias, válvulas, descargas de fundo,

ventosas e outros dispositivos complementares que garantem o funcionamento hidráulico do Sistema (Figura 55). Os sistemas de distribuição municipal, que não são da responsabilidade da empresa Águas do Cávado, S.A., são geridos pelos municípios aderentes ao Sistema.



**Figura 55** Infra-estruturas físicas do sistema.

## 4.2 Motivação específica para aplicação de um PSA

A empresa Águas do Cávado, S.A., foi constituída pelo Decreto-Lei n.º 102/95, de 19 de Maio, e iniciou a sua actividade em Junho do mesmo ano. Tem por objecto exclusivo a exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento do Baixo Cávado e Ave. Neste âmbito, é responsável por todo o processo de produção e abastecimento de água potável ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto.

A Empresa tem em funcionamento um Sistema de Gestão Integrado no âmbito das normas NP EN ISO 9001:2000, NP 4397:2001 (OSHAS 18001), NP EN ISO 14001:1999 e NP EN

ISO/IEC 17025:2000 com o qual, para além de potenciar um elevado nível de serviço e satisfação dos consumidores, pretende assegurar uma organização interna mais eficiente. Com base na experiência adquirida e pretendendo aprofundar aspectos de qualidade na gestão de riscos no seu sistema de abastecimento de água (em alta), a Empresa decidiu elaborar e implementar um PSA, desde a origem de água até aos reservatórios de entrega, de acordo com a metodologia proposta pela OMS.

A elaboração do documento decorreu no ano de 2003, estando em curso, desde Julho de 2004, a respectiva fase de aplicação. A iniciativa contou com a participação do Laboratório de Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade do Minho.

## **4.3 Processo de elaboração do PSA**

### **4.3.1 Organização geral**

O PSA desenvolvido e implementado pela Águas do Cávado, S.A. foi estruturado de uma forma simples e objectiva, de modo a facilitar o entendimento dos aspectos essenciais relacionados com a gestão de pontos de controlo, a definição dos elementos críticos do sistema e a elaboração de um Plano de Contingência.

Na gestão de pontos de controlo foram estabelecidos, para cada uma das três etapas do sistema (fonte, tratamento e distribuição), os seguintes tópicos: introdução, avaliação de riscos e identificação e controlo dos pontos críticos. Na introdução faz-se um breve enquadramento da problemática da garantia de qualidade da água em cada etapa do sistema e das correspondentes medidas de controlo de riscos de contaminação que lhe estão associadas. A avaliação de riscos procede à identificação de todos os eventos perigosos que ocorrem em cada ponto de controlo e à análise do nível de risco associado a cada um deles susceptível de estabelecer pontos de controlo críticos, sendo para tal elaborada uma nota explicativa da avaliação de riscos efectuada. A identificação e o controlo de pontos críticos define, para cada elemento do sistema, as medidas de controlo e sua verificação, bem como as acções correctivas a aplicar em cada ponto de controlo crítico. Para cada evento perigoso foram definidos parâmetros a verificar, seus limites críticos e respectivos sinais de alarme.

Com a definição dos elementos críticos do sistema obtém-se uma síntese da avaliação de riscos efectuada, a partir da qual se torna

mais simples e objectiva uma percepção imediata dos elementos determinantes e com maior relevância para a garantia de segurança da qualidade da água.

Através da elaboração dos planos de emergência pretende-se dar resposta a eventos excepcionais, definindo-se, para tal, um *modus operandi* para lhes fazer face. Na sua elaboração são estabelecidos indicadores de perigo, procede-se à análise da situação e definem-se as acções correctivas julgadas adequadas à situação em causa.

#### **4.3.2 Estrutura adoptada**

O PSA foi estruturado em três partes: Fundamentos, Aspectos Operacionais e Funcionamento. Na primeira parte descrevem-se os aspectos que serviram de base à elaboração do documento; a segunda contempla aspectos operacionais que devem ser considerados na gestão dos pontos críticos do sistema; a terceira apresenta uma metodologia de acompanhamento de rotina para a verificação da aplicação do PSA.

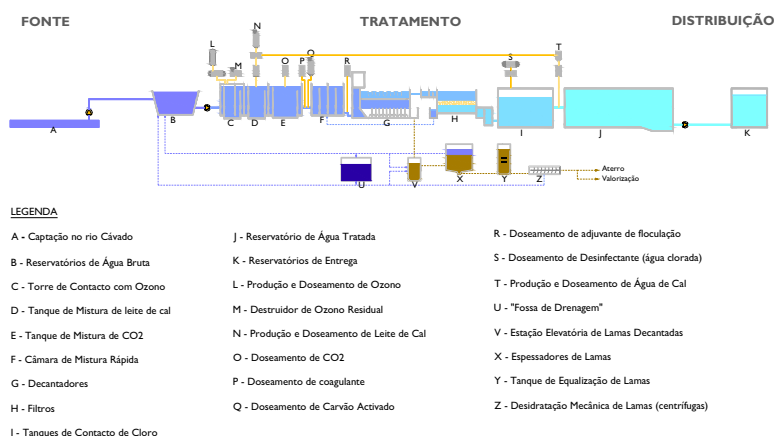
Na Parte I (Fundamentos), descreve-se o sistema, para o qual se estabelecem elementos de avaliação de riscos, limites críticos, acções correctivas e instruções para controlo dos pontos críticos e é apresentada a estrutura e a organização do documento, os elementos que o constituem e o diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água, onde constam os pontos de controlo que constituem as múltiplas barreiras à contaminação e sua propagação no sistema.

Na Parte II (Aspectos operacionais), estabelecem-se, para cada etapa do sistema de abastecimento de água – fonte, tratamento e distribuição – os aspectos relevantes para a avaliação de riscos e as medidas de controlo e acções correctivas a contemplar no controlo de pontos críticos do sistema. Apresenta-se ainda uma síntese da avaliação de riscos efectuada, onde constam os pontos de controlo críticos estabelecidos para todo o sistema e define-se uma metodologia de resposta a situações excepcionais (Plano de Contingência) para as quais se estabelecem conjuntos de indicadores de perigo e respectivas acções correctivas a aplicar.

Na Parte III (Funcionamento) apresenta-se uma metodologia para o acompanhamento diário da aplicação do PSA e estrutura-se o *modus faciendi* para a avaliação do seu funcionamento.

Nos pontos seguintes apresentam-se, na generalidade e de forma exemplificativa, alguns dos aspectos considerados, descrevendo-os conforme constam no PSA.

A informação constante do diagrama de fluxo (Figura 56) e o conhecimento do funcionamento do sistema constituem as bases para a identificação dos perigos relacionados com a deterioração da qualidade da água.



**Figura 56** Diagrama de fluxo do sistema de abastecimento

Posteriormente, procedeu-se à avaliação dos perigos identificados, utilizando-se uma metodologia de priorização de riscos com base na sua probabilidade de ocorrência e na severidade das suas consequências. Desta avaliação definiram-se os PC e, através da árvore de decisão, identificaram-se os locais onde é essencial prevenir, eliminar ou reduzir um perigo dentro de limites aceitáveis, definindo PCC.

Uma vez definidos os PCC, estabeleceram-se os LC para cada perigo potencial, determinando-se os objectivos a serem cumpridos pelo sistema, de modo a garantir a qualidade da água consistente com os limites impostos pela legislação em vigor.

A verificação do cumprimento dos LC estabelecidos é realizada através de monitorização da qualidade da água indispensável à garantia de que o processo está sob controlo.

Sempre que, através da monitorização, for detectado que os LC foram ultrapassados, torna-se necessário aplicar acções correctivas de modo a assegurar o seu controlo dentro dos valores permitidos. Estas acções correctivas visam a eliminação ou a redução de perigos nos PCC, garantindo, desta forma, os objectivos de qualidade pretendidos e a renovação do funcionamento do sistema dentro dos valores previamente estabelecidos.

Na Figura 57 apresenta-se o esquema de barreiras múltiplas adoptado.

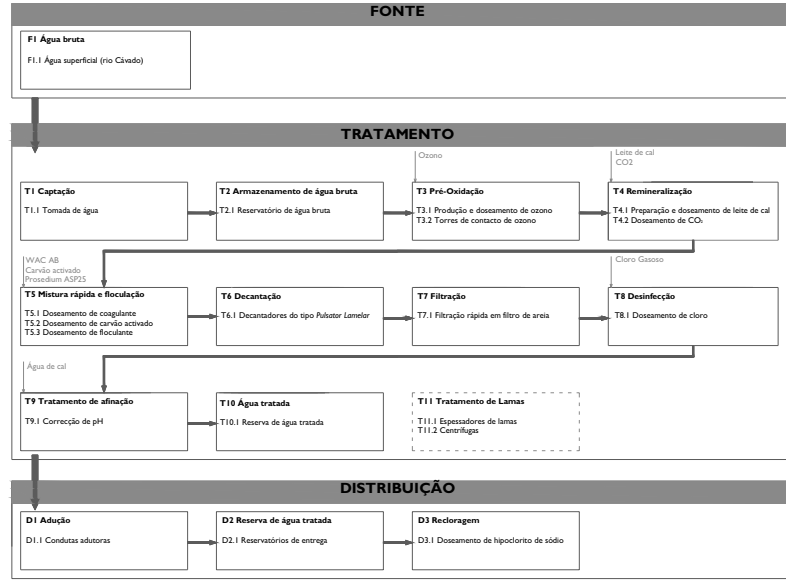


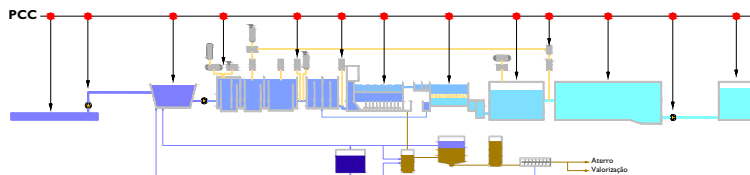
Figura 57 Esquema de barreiras múltiplas

Para cada fase de trabalho foram estruturadas fichas auxiliares, com o objectivo de ajudar na organização dos principais assuntos a contemplar, conforme se apresenta na Figura 58.

Fase	Ficha Auxiliar	Conteúdo
Etapas preliminares	<b>Ficha Auxiliar 1</b> – Constituição da equipa do PSA.	Identificação dos elementos da equipa do Plano. Contactos, funções e responsabilidades.
	<b>Ficha Auxiliar 2</b> – Descrição do sistema global de abastecimento.	Listagem das etapas principais do sistema de abastecimento e breve descrição das mesmas.
	<b>Ficha Auxiliar 3</b> – Construção e validação do diagrama de fluxo.	Construção do diagrama de fluxo desde a fonte até ao consumidor e análise de conformidade do mesmo.
Avaliação do sistema	<b>Ficha Auxiliar 4</b> – Identificação de perigos, caracterização de riscos e identificação e avaliação de medidas de controlo.	Definição e avaliação dos perigos que podem ocorrer em todo o sistema de abastecimento. Estabelecimento dos PCC e das medidas de controlo para cada um deles.
Monitorização operacional	<b>Ficha Auxiliar 5</b> – Estabelecimento de LC, de procedimentos de monitorização e de ações correctivas.	Definição dos LC. Estabelecimento de procedimentos de monitorização para verificar se os LC estão a ser cumpridos. Definição, para cada PCC, das ações correctivas.
Planos de gestão	<b>Ficha Auxiliar 6</b> – Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina.	Definição de instruções de trabalho para controlo dos PCC, para melhorar as instruções existentes, ou para definir novas.
	<b>Ficha Auxiliar 7</b> – Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais.	Elaboração do Plano de Contingência com os planos de emergência adequados às situações excepcionais consideradas para o sistema.
	<b>Ficha Auxiliar 8</b> – Estabelecimento de documentação e de protocolos de comunicação.	Elaboração de relatórios periódicos e anual e de protocolos de comunicação.
Validação e verificação	<b>Ficha Auxiliar 9</b> – Avaliação da qualidade da água, instalações e processos.	Avaliação anual do PSA. Análise de factores externos e internos e respectiva influência no sistema.

**Figura 58** Fichas auxiliares adoptadas

A Figura 59 apresenta o quadro-síntese dos elementos de controlo do sistema, onde, para cada etapa, se referem os PCC considerados e alguns dos parâmetros de monitorização que lhes estão associados.



Etapa	Elemento do Sistema	Designação do PCC	Parâmetros de Controlo
FONTE	Água Superficial	PCC 1	pH Azoto amoniacal Turvação Coliformes fecais Coliformes totais
	Água Bruta		
TRATAMENTO	Captção	PCC 2	Nível de água no rio pH Azoto amoniacal Turvação Condutividade
	Armazenamento de Água Bruta	PCC 3	Cianobactérias Azoto amoniacal Turvação
	Pré-oxidação	PCC 4	Ozono residual E. coli Cianobactérias Bromatos na água ozonizada
	Remineralização	-	
	Mistura Rápida e Floculação	PCC 5	pH Coagulante residual Floculante residual
	Decantação	PCC 6	Turvação
	Filtração	PCC 7	Turvação Alumínio residual Acrilamida
	Desinfecção	PCC 8	Cloro livre residual E. coli Bactérias coliformes
	Tratamento de Afinação	PCC 9	pH
	Água Tratada	PCC 10	Cloro livre residual E. coli Bactérias coliformes Turvação
DISTRIBUIÇÃO	Tratamento de Lamas	-	
	Adução	PCC 11	Cloro livre residual E. coli Bactérias coliformes
	Reserva de Água Tratada	PCC 12	Níveis de água no reservatório Cloro livre residual E. coli Bactérias coliformes
	Recloração	PCC 13	Cloro livre residual

**Figura 59** Elementos de controlo dos PCC do sistema



## 4.4 Aspectos de aplicação do PSA

Após a elaboração do PSA programaram-se as acções a desencadear para a sua implementação. Considerou-se, assim, que deveria ser assegurado um acompanhamento diário e uma avaliação global ao fim do primeiro ano de funcionamento.

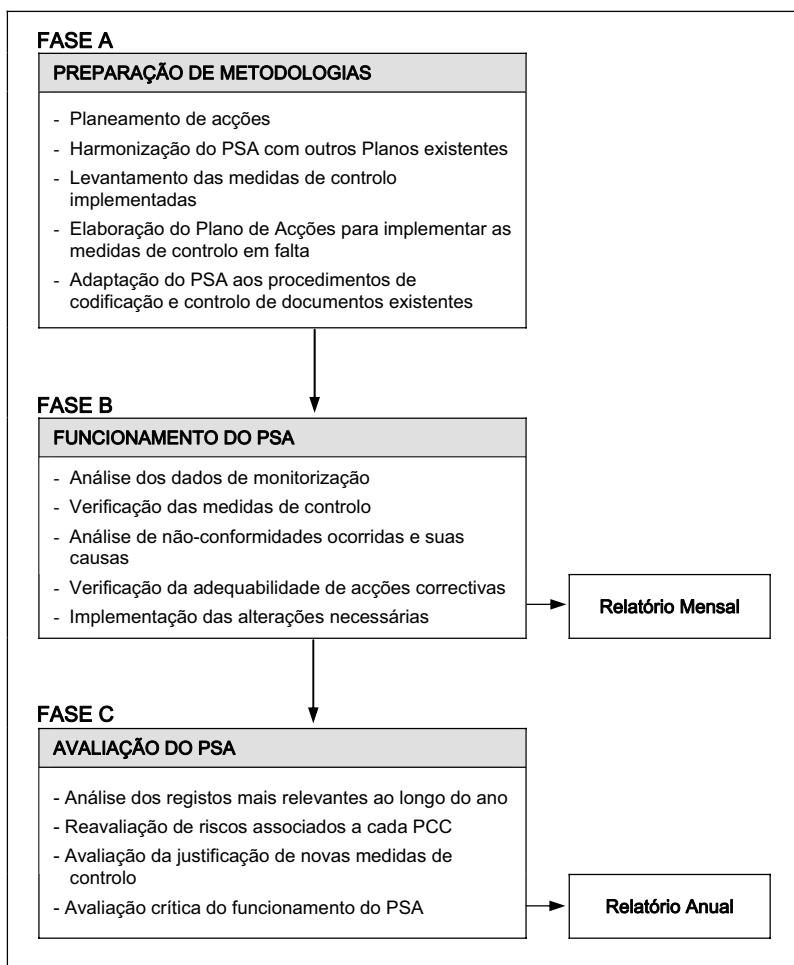
Para o cumprimento diário do PSA, os dados de todo o sistema são registados num relatório de trabalho. Todas as medições efectuadas e todos os resultados obtidos nos PCC são apresentados de uma forma clara e regularmente avaliados (comparação entre objectivos de qualidade e valores registados).

A avaliação anual do funcionamento de todo o sistema efectuar-se-á quer por auditoria interna quer por auditoria externa e deverá incluir uma crítica de todos os aspectos que, directa ou indirectamente, compreendem perigos para a qualidade da água.

Este acompanhamento é desenvolvido em três fases:

- Fase A - análise dos procedimentos a aplicar, tendo em conta a harmonização das metodologias preconizadas com as especificações constantes de outros planos de controlo, já em funcionamento na Empresa.
- Fase B - acompanhamento do funcionamento diário do PSA, analisando os dados de monitorização e a eventualidade de aplicação de medidas de controlo, com a elaboração de um relatório mensal.
- Fase C - avaliação do funcionamento do PSA durante um ano, incluindo propostas de melhorias e uma análise de funcionamento global.

Na Figura 60 descreve-se a sequência de actividades previstas para a implementação do PSA.



**Figura 60** Fases de implementação do PSA

#### 4.4.1 Preparação de metodologias

##### 1. Planeamento de acções

O objectivo desta tarefa foi o de organizar as actividades a desenvolver ao longo de um ano de implementação do PSA (Junho de 2004 a Maio de 2005). Descrevem-se as tarefas, atribuem-se responsabilidades e estabelecem-se datas para a sua concretização.

## 2. Harmonização do PSA com os planos existentes

Esta tarefa consiste na harmonização do PSA com outros Planos existentes na Empresa, nomeadamente o Plano de Monitorização da Qualidade da Água relativo a 2004, os Planos de Qualidade da ETA, do Sistema Adutor, do Controlo do Processo e os Planos de Manutenção Preventiva da ETA e do Sistema Adutor. Para tal, procedeu-se à uniformização de todos os planos referidos no que respeita à verificação de parâmetros (limite crítico e frequência de monitorização) e ao funcionamento de todo o sistema de produção e distribuição de água.

O procedimento adoptado na harmonização do PSA com os planos existentes na Empresa é ilustrado, para o caso da filtração rápida, na Figura 61.

PCC 9		T7.1 Filtração rápida em filtro de areia			
<b>Turvação à saída dos filtros</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>Alterar o LC de 1,0 NTU previsto no Plano de Qualidade da ETA progressivamente para o LC de 0,5 previsto no PSA.</li></ul>			
<b>Cor</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>Acrescentar a monitorização deste parâmetro no Plano de Qualidade da ETA e no Plano de Monitorização de Qualidade da Água, conforme tabela seguinte.</li></ul>			
		Limite Crítico	Como?	Quando?	Quem?
		> 15 mg/L Pt-Co	Análise laboratorial	Diário	SLB
<b>Clostridium perfringens</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>Acrescentar a monitorização deste parâmetro no Plano de Qualidade da ETA e no Plano de Monitorização de Qualidade da Água, conforme tabela seguinte.</li></ul>			
		Limite Crítico	Como?	Quando?	Quem?
		> 0 n./100 mL	Análise laboratorial	Mensalmente	SLB

**Figura 61** Harmonização do PSA com outros Planos. Filtração

Da harmonização do PSA com os outros planos pré-existent, resultou o Plano de Controlo da Qualidade e do Processo (que inclui parâmetros a analisar em cada fase do processo, limites críticos, frequências de monitorização, responsabilidades e acções correctivas), o qual passou a constituir a base de trabalho para os vários sectores de actividade da Empresa, directamente relacionados com a qualidade da água.

## 3. Levantamento das medidas de controlo implementadas

O objectivo desta tarefa foi o de listar todas as medidas de controlo previstas no PSA que, efectivamente, estão aplicadas neste sistema de abastecimento.

Na Figura 62 mostra-se o procedimento adoptado no levantamento das medidas de controlo, para o caso da etapa mistura rápida e floculação.

T5 Mistura rápida e floculação	PCC 7	Medidas de controlo	Implementada?	
			Sim	Não
		Cumprimento do Plano de Calibração dos dispositivos de monitorização e medição.	X	
		Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva.	X	

**Figura 62** Levantamento das medidas de controlo. Mistura Rápida e Floculação

#### 4. Elaboração do Plano de Acções para implementar as medidas de controlo em falta

O objectivo desta tarefa foi o de implementar todas as medidas de controlo em falta no sistema. Para elaborar este documento, foi necessário definir as medidas a implementar a curto, médio e longo prazo.

#### 5. Adaptação do PSA aos procedimentos de codificação e controlo de documentos existentes

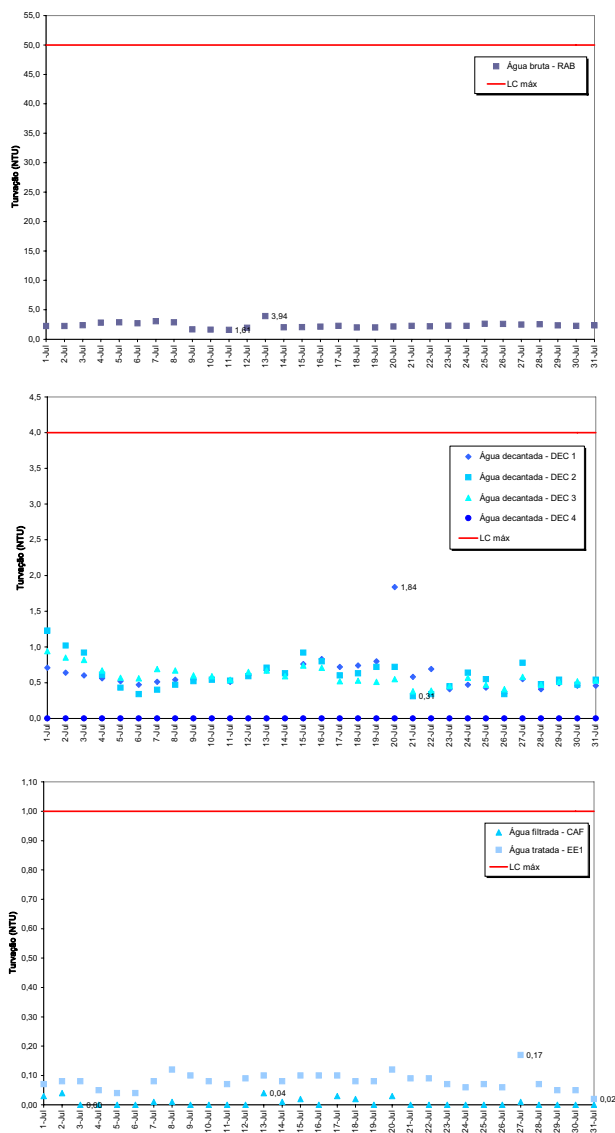
O objectivo desta tarefa foi o de transpor o PSA para o modelo de formatação de documentos preconizado pelo Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa.

### 4.4.2 Funcionamento do PSA

O funcionamento do PSA é avaliado através de relatórios mensais. Apresenta-se, como exemplo, a análise efectuada aos valores registados em Julho de 2004 (Figura 63).

#### 1. Análise dos dados de monitorização

Apresenta-se o exemplo da análise do comportamento do parâmetro turvação.



**Figura 63** Variação da turvação ao longo do processo de tratamento obtidos por amostragem automática

Dos registos obtidos através de medição automática verificou-se que, no período em apreço, os valores mínimo e máximo de turvação registados à entrada do processo de tratamento (reservatório de água bruta) ocorreram nos dias 11/07/04 e

13/07/04, respectivamente. Com base nos dados obtidos, é possível aferir a eficiência nas várias fases do tratamento da água através de gráficos como o que consta da Figura 64, para o caso da turvação.

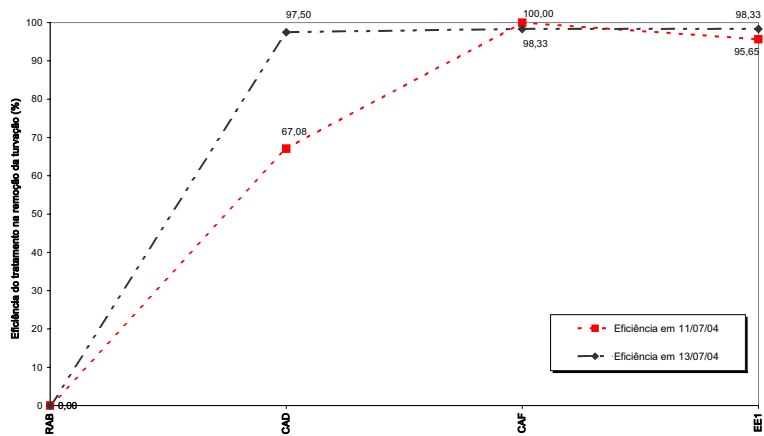


Figura 64 Eficiência na remoção de turvação

2. Verificação das medidas de controlo

Para cada PCC é necessário proceder à verificação das medidas de controlo aplicáveis. No quadro seguinte apresenta-se o caso da etapa armazenamento de água bruta.

Etap	PC	PCC n.º	Medidas de Controlo	Trabalhos a efectuar	Data prevista	Data realização
T2 Armazenamento de água bruta	T2.1 Reservatório de água bruta	PCC 5	Garantir tempos de retenção mínimos da água bruta no reservatório para impedir o crescimento anormal de algas.	Registar os níveis de água no reservatório.	Sempre que necessário	Durante todo o mês de Julho
			Garantir o cumprimento do Plano de Calibração dos Dispositivos de Monitorização e Medição.	Calibração do medidor de pH.	07/07/2004	20/07/2004
				Calibração do medidor de turvação.	09/07/2004	08/07/2004
				Calibração do medidor de amónia.	07/07/2004	08/07/2004 09/07/2004

### 3. Análise das não-conformidades ocorridas e suas causas

Sempre que ocorra qualquer não-conformidade no sistema é aberta uma Ficha de não-conformidade, onde se registam a descrição da não-conformidade, as acções correctivas a implementar e o respectivo encerramento.

### 4. Verificação da adequabilidade das acções correctivas

As acções correctivas aplicadas são analisadas e é verificada a sua adequabilidade face à não-conformidade ocorrida.

### 5. Implementação das alterações necessárias

Quaisquer alterações que se mostrem necessárias aplicar ao PSA serão avaliadas aquando da elaboração do Relatório anual.

## 4.5 Nota final

A aplicação de um PSA no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto demonstra que é possível e desejável a adopção de novos conceitos de avaliação e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água, abordagem que está em sintonia com as orientações recomendadas pela OMS.

A metodologia adoptada contribuiu para um melhor entendimento de todo o sistema de abastecimento como uma cadeia de barreiras múltiplas de protecção à contaminação da água, constituindo-se num elemento de grande valia para suporte à análise de conformidade, prevista no Plano de Controlo da Qualidade e do Processo.

Paralelamente, criaram-se condições para se retirarem outras vantagens na gestão corrente de processos, nomeadamente na formalização e organização de informação técnica acessível para consulta interna e externa e na promoção de mecanismos de interacção entre a entidade gestora e os consumidores.

## 5. GLOSSÁRIO

<b>Ação correctiva</b>	Acção tomada no local, após a ocorrência de um evento perigoso, para reduzir a probabilidade de nova ocorrência através do aperfeiçoamento das medidas de controlo existentes, ou para minimizar os riscos criados pelos perigos inerentes a esse evento perigoso. É uma acção a aplicar quando a monitorização de um Ponto de Controlo (PC) indica perda de controlo.
<b>Barreira múltipla</b>	Elemento do sistema onde se estabelecem procedimentos para prevenir, reduzir, eliminar ou minimizar contaminação.
<b>Evento perigoso</b>	Incidente, situação, acção ou omissão que ocorre num determinado local, durante um determinado período de tempo, que pode causar um perigo (ou perigos) para a qualidade da água fornecida por um sistema de abastecimento.
<b>Limite Crítico (LC)</b>	Critério que avalia o desempenho de um PC de forma a assegurar que, a jusante deste elemento do sistema, a água apresente uma qualidade consistente com os limites impostos pelas normas legais em vigor.
<b>Medida de controlo</b>	Acção ou processo estabelecido para prevenir ou eliminar um perigo, ou reduzi-lo a um nível aceitável.
<b>Monitorização</b>	Sequência planeada de observações e/ou medições de parâmetros caracterizadores da qualidade do produto ou do sistema. Permite verificar se um PC está sob controlo.
<b>Perigo</b>	Agente biológico, físico, químico ou radiológico capaz de causar doença a uma certa população a ele exposta ou de provocar danos nas infra-estruturas de um sistema de abastecimento.
<b>Plano de contingência</b>	Documento que constitui um mecanismo de resposta a eventos de ocorrência excepcional e que integra os diversos planos de emergência estabelecidos para cada deles.



<b>Plano de emergência</b>	Plano contendo as acções correctivas necessárias para fazer face a um evento que, pela sua natureza, se verifica em situações excepcionais.
<b>Plano de Segurança da Água para Consumo Humano (PSA)</b>	Metodologia de análise e prevenção de riscos desenvolvida para controlo da qualidade de água num sistema de abastecimento, desde a fonte até à torneira do consumidor.
<b>Ponto de controlo (PC)</b>	Elemento do sistema de abastecimento de água onde se estabelecem procedimentos para prevenir, reduzir, eliminar ou minimizar contaminação.
<b>HACCP</b>	HACCP (acrónimo de <i>Hazard Analysis and Critical Control Point</i> ) é uma metodologia de análise e prevenção de riscos desenvolvida e muito aplicada em controlo da qualidade na manufactura de produtos alimentares.
<b>Risco</b>	Probabilidade de ocorrência de um perigo causador de danos para a saúde de uma certa população a ele exposta, num determinado espaço de tempo, e considerando a severidade das suas consequências.
<b>Subsistema</b>	Cada uma das etapas constituintes de um sistema de abastecimento de água (fonte, tratamento e distribuição).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bosshart, U., Kaiser, H.P., Stettler, R. (2003) Hazard analysis and critical control points at the Zurich water supply. In *Schmoll, O. and Chorus, I. 2003: Water Safety Conference Abstracts (Berlin, 28-30 April 2003)*, Umweltbundesamt. Text 74/03, Berlin.
- Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Kirby, R., Deere, D., Bartram, J. (2004) *Water Safety Plans*. WHO, Geneva.
- Dewettinck, T., Van Houtte, E., Geenens, D., Van Hege, K., Verstraete, W. (2001) Hazard analysis and critical control point (HACCP) to guarantee microbial safe water reuse and drinking water production: A case study. *Water Science and Technology*, 47 (3): 215-220.
- EC (1998) European Community Directive 98/83/ CE.
- EC (2000) European Community Directive 2000/60/CE.
- EPA (2004) Emergency Response Plan Guide for Small and Medium Community Water Systems to Comply with the Public Health Security and Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002. United States Environmental Agency. Office of Water. EPA 816-R-04-02, April, 2004.
- Fewtrell L., and Bartram J. (Eds.) (2001) *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. IWA Publishing, London.
- Havelaar, A.H. (1994) The application of HACCP to drinking water supply. *Food Control*, 5 (3): 145-152.
- IWA (2004) The Bonn Charter for safe drinking water. International Water Association, September 2004, London.

- Nokes, C., Taylor, M. (2003) Towards public health risk management plan implementation in New Zealand. In Schmoll, O. and Chorus, I. 2003: *Water Safety Conference Abstracts (Berlin, 28-30 April 2003)*, Umweltbundesamt. Text 74/03, Berlin.
- NZ (2001) How to prepare and develop public health risk management plans for drinking-water supplies. Ministry of Health, Wellington, New Zealand.
- Portugal (2001) Decreto-Lei nº 243/2001, de 5 de Setembro.
- SGWA (2003) Recommendations for a simple quality assurance system for water supplies (W 1002), SVGW, Zurich.
- Snow, J. (1855) On the mode of communication of cholera. John Churchill. England.
- Vieira, J.M.P. (2004) Gestão de riscos em água para consumo humano. In *Actas do XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Natal-Brasil.
- Vieira, J.M.P., Valente, J.C.T., Morais, C., Peixoto, F. (2004) Planos de segurança de qualidade da água. Um caso de estudo. In *Actas do XI Encontro Nacional de Saneamento Básico*. Faro.
- WHO (1993) Guidelines for drinking-water quality, Volume 1: Recommendations. WHO, Geneva (*2nd edition*).
- WHO (1996) Guidelines for drinking-water quality, Volume 2: Health and other supporting criteria. WHO, Geneva (*2nd edition*).
- WHO (1997) Guidelines for drinking-water quality, Volume 3: Surveillance and control of community supplies. WHO, Geneva (*2nd edition*).
- WHO (2004) Guidelines for drinking-water quality, Volume 1: Recommendations. WHO, Geneva (*3rd edition*).

## 7. SOBRE OS AUTORES



### **José Manuel Pereira Vieira**

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil  
Largo do Paço  
PT-4704-553 Braga, Portugal  
Telefone (directo): + 351 253604722; Fax: + 351 253604721  
E-mail: [jvieira@civil.uminho.pt](mailto:jvieira@civil.uminho.pt)

Nasceu em Braga, em 1953, licenciou-se em engenharia civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1977, obteve o Master of Science em Engenharia Sanitária pelo International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering (IHE), Delft – Holanda, em 1982, e o doutoramento e a agregação em Engenharia Civil, pela Universidade do Minho, em 1986 e 1997, respectivamente.

Tem o nível de Qualificação Profissional de Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros (desde 1999), Instituição que lhe outorgou os Títulos de Engenheiro Especialista em Hidráulica e Recursos Hídricos (em 1999) e de Engenheiro Especialista em Engenharia Sanitária (em 2000).

É Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, responsável pelo Grupo Disciplinar de Hidráulica, onde tem assumido a regência de disciplinas de licenciatura e de mestrado nos domínios de Mecânica dos Fluidos, Hidráulica Geral, Hidráulica Aplicada, Engenharia Sanitária e Planeamento de Recursos Hídricos. Tem ainda colaborado em projectos de ensino pós-graduado de outras universidades, nomeadamente em cursos de mestrado da Universidade de Coimbra e de doutoramento das Universidades de Santiago de Compostela e de Vigo.

Tem concentrado a sua actividade de investigação nos domínios do planeamento e gestão de recursos hídricos (modelação matemática de apoio à gestão da água em bacias hidrográficas e à gestão integrada de estuários e zonas costeiras) e da qualidade da água para consumo humano. Tem coordenado e participado em diversos projectos de investigação de âmbito nacional e internacional na área da sua especialização, nomeadamente em desenvolvimento de ambientes hidroinformáticos para suporte à decisão na gestão da qualidade da água em bacias hidrográficas e em desenvolvimento de planos de segurança em sistemas de abastecimento de água para consumo humano.

Orientou vários trabalhos conducentes à obtenção de graus académicos (mestrado e doutoramento). Integra Comissões Editoriais das Revistas Águas e Resíduos (Director) e Engenharia Civil UM (Membro da Comissão Científica).

Tem participado na organização de diversas reuniões científicas de âmbito nacional e internacional, como membro da Comissão Organizadora ou da Comissão Científica, realizadas em Portugal, Espanha, Itália e Brasil.

É autor ou co-autor de cerca de 90 artigos e comunicações publicadas em revistas e em actas de congressos de âmbito nacional e internacional.

Da intensa actividade de gestão institucional desenvolvida na Universidade do Minho, destaca-se o seu desempenho nas funções de: Director do Departamento de Engenharia Civil (1988 – 1989); Vice-Presidente do Centro de Ciências e Tecnologia dos Materiais (1987 – 1991); Director do Curso de Mestrado em Engenharia Municipal (edições de 1992/93 e 1994/95); Director do Centro de Investigação de Engenharia Civil (1999 – 2000); Membro da Comissão Instaladora da Licenciatura e da Escola de Arquitectura (1996 – 2000); Membro da Comissão Instaladora da Escola de Ciências da Saúde (1999 - 2002); Pró-Reitor (1990 – 1998); Vice-Reitor (1998 – 2002).

Da sua relação com Instituições Científicas e Profissionais, destacam-se as actividades desenvolvidas como: Membro do Conselho Nacional da Água, do Ministério do Ambiente (desde 1994); Delegado do Distrito de Braga da Ordem dos Engenheiros (1998 – 2001); Conselheiro do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes (2000 – 2003); Membro do Conselho de Admissão e Qualificação da Ordem dos Engenheiros (2001-2004); Membro do Governing Board da International Water Association – IWA (desde 1999); Membro da Assembleia Geral da International Solid Waste Association – ISWA (desde 2000); Presidente do Conselho Directivo da Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental – APESB (desde 1999).



### **Carla Morais**

Águas do Cávado, S.A. - AQT

Lugar do Gaído

PT-4755-045 Barcelos, Portugal

Telefone: + 351 253 919 020; Fax: + 351 253 919 029

E-mail: carla.morais@aguas-cavado.pt

Nascida em Vila Nova de Famalicão, Portugal, em 1978, licenciou-se em engenharia civil pela Universidade do Minho, em 2002. É colaboradora da Águas do Cávado, S.A., desempenhando funções na Área Funcional da Qualidade Total (AQT).

Desenvolve a sua actividade no domínio do Controlo da Qualidade da Água, particularmente na elaboração e implementação do Plano de Segurança da Água da Empresa, onde assumiu a responsabilidade pela sua aplicação.