

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Plano de Segurança da Água

Caso de Estudo:

Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde



Patrícia Isabel Baião Costa

Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
do Ambiente na área de Tecnologias Ambientais

Faro

Setembro de 2010



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Plano de Segurança da Água

Caso de Estudo:

Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde

Dissertação elaborada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na
área de Tecnologias Ambientais

Autora:

Patrícia Isabel Baião Costa

Orientação:

Prof. Dra. Fátima Carvalho

Prof. Dra. Margarida Ribau Teixeira

Faro

Setembro de 2010

O conteúdo deste trabalho é da exclusiva responsabilidade da autora.

(Patrícia Isabel Baião Costa)

Agradecimentos

Quero aqui expressar o meu reconhecido agradecimento a todos aqueles que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para a realização deste trabalho.

À Professora Dra. Fátima Carvalho pela orientação, apoio e sugestões do manuscrito, mas também pela sua simpatia, amizade, disponibilidade e incentivo que demonstrou ao longo da realização deste trabalho e pela confiança em mim depositada.

À Professora Dra. Margarida Ribau Teixeira pelo oportunidade que me deu em realizar este trabalho e pela confiança depositada.

À Câmara Municipal de Castro Verde por ter aceitado este trabalho e por ter fornecido todo o material necessário para a elaboração do mesmo.

Um agradecimento especial à Engenheira Ana Luísa Fatana, do departamento de ambiente da Câmara Municipal de Castro Verde, pela orientação, simpatia, amizade e ajuda dispensada, pelas visitas ao sistema de abastecimento e pelo esclarecimento das mais diversas dúvidas.

A todos os meus amigos e colegas por todos os momentos de alegria e tristeza, por todo o apoio, pelo incentivo, pela preocupação e compreensão.

À minha irmã, avós, primos e tios pelo apoio, força e incentivo.

Ao Hugo pelo amor e carinho, compreensão e muita paciência que demonstrou nestes anos.

Um agradecimento muito especial aos meus pais por tudo, a quem dedico este trabalho, pois sem eles não seria possível chegar onde cheguei. Obrigado pelo vosso amor, orgulho, incentivo, coragem e simplicidade.

A todos o meu Muito Obrigado!

RESUMO

A maneira mais eficaz de garantir uma água distribuída, ao consumidor, em segurança é através de uma boa avaliação e gestão de riscos, envolvendo todo o sistema de abastecimento de água (captação, tratamento e distribuição).

O presente estudo teve como objectivos caracterizar os riscos associados aos perigos encontrados e avalia-los através de uma metodologia de priorização de riscos, propor novas medidas de controlo para os perigos encontrados, estabelecer limites de controlo relacionados com as medidas de controlo e propor uma monitorização ao longo de todo o sistema de abastecimento de água. Este estudo foi efectuado no sistema de abastecimento público de água de Castro Verde. A principal metodologia foi a priorização de riscos. Foram classificados vários riscos com diferentes classificações associados aos perigos encontrados, encontrando-se dez pontos de controlo críticos. Uma vez que a monitorização neste sistema é insuficiente em alguns pontos tornou-se necessário propor novos locais sendo eles no local de preparação de reagentes, antes e depois da filtração e em todos os reservatórios de água tratada.

Os perigos do sistema podem ser reduzidos ou eliminados através de uma boa e adequada gestão de riscos.

Palavras-chave: Plano de segurança de água; Qualidade da água; Riscos; Sistema de abastecimento de água.

ABSTRACT

The most effective way to grant, safely, well distributed water to the final consumer is through a good evaluation and risk management, involving all the water supply process (captivation, treatment and distribution).

This study's objectives were to characterize the risks that were associated to the dangers found in the process; to evaluate them through a risk prioritization methodology; to propose new control measures; to establish control limits related control measures; finally, to propound a monitoring along all the water supply system. This study was made in the public water's system supply of Castro Verde. The main methodology has been the risk prioritization. A range of risks were classified in different values, associated to the dangers that were registered, and ten critic control points were found.

As there is an insufficient monitoring system in some of those points, it became necessary to propose new spots, on the reagent preparation facility, after and before the filtering, and in all the treated water reservoirs.

The system's dangers can be reduced, or even eliminated, through an adequate risk management.

Key words: Water's security plan; Water quality; Risks; Water's supply system.

ABREVIATURAS

PSA - Plano de Segurança da Água

OMS – Organização Mundial de Saúde

GDWQ – Guidelines Drinking Water Quality

IWA – International Water Association

HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Point

PC – Ponto de Controlo

CAG – Carvão Activado Granular

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR'S – Estações de Tratamento de Águas Residuais

DN – Diametro Nominal

ARH-ALENTEJO – Administração da Região Hidrográfica do Alentejo

EE – Estação Elevatória

R – Reservatório

CA – Carvão Activado

CAP – Carvão Activado em Pó

F - Fonte

T – Tratamento

D - Distribuição

Índice

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Abreviaturas.....	v
1 Introdução	1
2 Fundamentação teórica	3
3 Etapa preliminar para elaboração do PSA para o sistema de abastecimento de Castro	37
4 Elaboração do PSA para o sistema de abastecimento de Castro Verde.....	60
5 Considerações finais	102
6 Referências bibliográficas	104

Índice de Figuras

Figura 1- Quadro de referência para o abastecimento público de água, em segurança, para consumo humano.....	10
Figura 2- Aspectos essenciais a ter em consideração na gestão de riscos em sistemas de abastecimento público.....	14
Figura 3 -Processo de avaliação do funcionamento de um PSA.....	16
Figura 4 – Exemplo de árvore de decisão para a definição de PCC.....	26
Figura 5 - Localização do Sistema de Abastecimento Público de Castro verde.	38
Figura 6 - Esquema da localização das ETAR´s e indústria na albufeira do Monte da Rocha	45
Figura 7 – Jangada de Captação de água.	45
Figura 8 - Operações existentes no sistema de tratamento da ETA de Castro Verde....	47
Figura 9 -Arejamento efectuado na ETA de Castro Verde	49
Figura 10 – Ponto de injeção dos reagentes na ETA de Castro Verde	50
Figura 11- Decantação realizada na ETA de Castro Verde	52
Figura 12- Filtro rápidos na ETA de Castro Verde	53
Figura 13 - Quatro troços de distribuição.	54
Figura 14- Esquema de distribuição 1.....	55
Figura 15 - Esquema de distribuição 2.....	56
Figura 16 - Esquema de distribuição 3.....	57
Figura 17 - Esquema de distribuição 4.....	57
Figura 18- Diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água de Castro Verde. 59	
Figura 19 - Esquema de barreiras múltiplas do sistema de abastecimento de Castro Verde.....	61
Figura 20 - Pontos de controlo críticos encontrados no sistema de abastecimento de Castro Verde.....	93

Índice de Quadros

Quadro 1- Esquema a ser adotado no desenvolvimento do PSA.	14
Quadro 2- Exemplos de Informação a compilar para caracterizar o sistema de abastecimento de água.....	18
Quadro 3 - Exemplo de perigos químicos que podem ocorrer no sistema de abastecimento	21
Quadro 4 - Abordagem simples de priorização de riscos.	23
Quadro 5 - Escala de Probabilidade de Ocorrência.....	24
Quadro 6 - Escala de Severidade de Consequência.....	24
Quadro 7 - Matriz de Classificação de riscos por ordem de importância.....	24
Quadro 8 - Informação sobre o sistema captação.....	39
Quadro 9- Quantificação de fitoplâncton para o ano 2006	43
Quadro 10 - Quantificação de fitoplâncton para o ano 2007.	43
Quadro 11 - Quantificação de fitoplâncton para o ano 2009.	43
Quadro 12 - Informação para caracterizar o sistema de tratamento.	46
Quadro 13 – Avaliação do sistema Fonte: Água superficial.....	62
Quadro 14 - Avaliação do sistema Tratamento: Tomada de água.....	64
Quadro 15 - Avaliação do sistema Tratamento: Conduta.....	65
Quadro 16 - Avaliação do sistema Tratamento: Doseamento de CO ₂ na conduta e de hipoclorito de sódio.....	67
Quadro 17 - Avaliação do sistema Tratamento: Adição de cal hidratada e de CAP.....	69
Quadro 18 - Avaliação do sistema de tratamento: Adição de Coagulante e de Floculante.	71
Quadro 19 - Avaliação do sistema de tratamento: Decantadores do tipo estático de fluxo vertical.....	73
Quadro 20 - Avaliação do sistema de tratamento: Filtração rápida.	74
Quadro 21 - Avaliação do sistema de tratamento: Reservatório de água tratada (R1)..	75
Quadro 22a - Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R1 - R2).....	76
Quadro 22b - Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R1 - R2) (continuação).	77
Quadro 23 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R2).	78
Quadro 24a - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R2.....	79

Quadro 24b - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R2 (Continuação).....	80
Quadro 25 - Avaliação do sistema de distribuição: Condução adutora (R2- R3/R5).	81
Quadro 26 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R3/R5)..	82
Quadro 27 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R4)	83
Quadro 28 - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R3/R5.	85
Quadro 29a - Avaliação do sistema de distribuição: Condução adutora (R3/R5–R6). ...	86
Quadro 29b - Avaliação do sistema de distribuição: Condução adutora (R3/R5–R6) (continuação).	87
Quadro 30 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R6).	88
Quadro 31a - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R6.....	89
Quadro 31b - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R6 (continuação).	90
Quadro 32 - Avaliação do sistema de distribuição: Condução adutora (R6-R7).....	91
Quadro 33 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R7).	92

Índice de tabelas

Tabela 1 – Parâmetros de água bruta	41
Tabela 2 – Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 1.	95
Tabela 3 - Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 2.	96
Tabela 4 - Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 3.	97
Tabela 5 – Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 4.	98
Tabela 6 - Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 5, 7 e 10.....	100
Tabela 7 - Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 6,8 e 9.....	101

1

INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

Segundo Dufour *et al.* (2004) no século XXI, a quantidade de água tem-se tornado um tema importante a nível mundial mas é a qualidade da água que está relacionado com a saúde humana, bem-estar e qualidade de vida, em qualquer região com muita ou pouca água e economicamente rica ou pobre.

Durante a última década, os fornecedores de água potável, reconheceram as limitações de confiar unicamente no acompanhamento do “produto final” para garantir a segurança da qualidade da água e têm procurado reforçar a sua abordagem através da adopção de estratégias preventivas, onde os riscos são identificados, avaliados e geridos (Hamilton, *et al.* 2006).

O abastecimento seguro de água exige um conhecimento profundo dos riscos de contaminação e um controlo efectivo desses mesmos riscos. Requer também que estejam definidos padrões de qualidade sólidos e consistentes e que sejam implementados mecanismos para verificar e exigir água de boa qualidade (IWA, 2004).

Um Plano Segurança da Água (PSA), consiste num documento que todas as entidades gestoras devem elaborar e implementar nos seus sistemas de abastecimento de água. Segundo Souza (2008) este documento descreve um método e as acções para a gestão de um sistema de abastecimento de água para consumo humano. Contempla aspectos referentes à captação, tratamento, armazenamento e distribuição além de indicar acções preventivas e correctivas de protecção à saúde pública.

O PSA deve obedecer a critérios técnicos, a legislações de saúde, ao meio ambiente, aos recursos hídricos e especialmente as normas relativas aos sistemas de abastecimento de água (Souza, 2008).

Esta dissertação aborda a temática dos PSA nos sistemas de abastecimento público, focando a avaliação do sistema de abastecimento, a monitorização operacional e plano

de gestão. Para tal será objecto de estudo o sistema de abastecimento de água de Castro Verde.

1.2. Objectivos

Esta dissertação tem como objectivo principal a elaboração de um PSA para o sistema de abastecimento de Castro Verde.

Tem como objectivos específicos:

- Identificar analisar e os principais perigos na fonte, tratamento e distribuição depois de conhecer e compreender o sistema do abastecimento de água de Castro verde;
- Caracterizar os riscos associados aos perigos encontrados e avalia-los através de uma metodologia de priorização de riscos;
- Avaliar e propor medidas de controlo para os perigos encontrados, associadas á captação, tratamento e distribuição;
- Estabelecer limites de controlo relacionados com as medidas de controlo propostas ou existentes e;
- Propor uma monitorização ao longo do sistema de abastecimento de água para verificação do cumprimento dos limites de controlo estabelecidos anteriormente.

2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente a nível mundial, em considerar que os sistemas de abastecimento de água, além de satisfazerem níveis de qualidade estabelecidos por lei, devem apresentar níveis de desempenho que mereçam a confiança dos consumidores na qualidade da água que lhes é fornecida (Pollard et al. 2004; Vieira & Morais, 2005),.

Em 2003, a Organização Mundial de Saúde (OMS) organizou uma conferência internacional em Berlim sobre “Estratégias de Gestão de Riscos em Água para Consumo Humano”, de modo a apresentar e discutir os pressupostos teóricos e as especificações de utilização prática de ferramentas operacionais para a gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água, expandindo assim a noção de Plano de Segurança da Água para Consumo Humano como tinha assumido nas Guidelines Drinking Water Quality (WHO, 2004).

2.1. Qualidade da Água para Consumo Humano

Os aspectos técnicos, económicos e sociais relacionados com a garantia da qualidade da água para consumo humano, fornecida por um sistema de abastecimento público, constituem um elemento essencial de saúde pública (Vieira & Morais, 2005).

Segundo Vieira & Morais, 2005 e Alves (2007) até ao início do século XX a avaliação da qualidade da água para abastecimento público e o controlo de riscos para a saúde humana era realizada de forma empírica, ou seja, a água deveria apresentar características limpidas, de agradável paladar e ausência de cheiro.

Em 1855, o epidemiologista Dr. John Snow, provou que a cólera era uma doença transmitida pela água, e em finais de 1880 Louis Pasteur, demonstrou a “teoria do germe” que explicava como os organismos microscópicos podiam transmitir a doença, tendo como vector de transmissão a água (EPA, 2000). Os avanços científicos nos métodos de Robert Koch de detecção de microrganismos (isolamento do bacilo *Vibrio cholerae*, em 1883) constituíram as 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 (Vieira & Morais, 2005).

É neste âmbito que no final do século XIX e início do século XX, após ocorrerem vários surtos epidémicos de cólera e de febre tifóide na Europa, que se começaram a desenvolver os meios técnicos e legais (normas paramétricas) para a desinfecção da água em sistemas de abastecimento público (Vieira & Morais, 2005; Alves, 2007). Estabelecia-se assim um dos grandes avanços tecnológicos com um impacto na saúde pública (Brettar & Hofle, 2008) controlando as doenças transmitidas por via hídrica, causadas por contaminação microbiológica (Vieira & Morais, 2005; Vieira J. M., 2007).

As normas paramétricas, que se começaram a desenvolver, para as características a que uma água deve obedecer são definidas tendo em consideração (Alves, 2007):

- A água não pode conter nem microrganismos patogénicos, nem substâncias químicas em concentrações tóxicas;
- A água deve ter uma composição tal que os consumidores não questionem a sua segurança (apresentar-se limpa, incolor, inodora, fresca, de sabor agradável e isenta de macrorganismos);
- A água deve apresentar características que não provoquem a deteriorização dos sistemas de abastecimento.

Em 1958, a OMS divulga a primeira edição dedicada à qualidade da água para Consumo humano sob o título “International Standards for Drinking-Water”, havendo uma revisão posterior no ano de 1963 e de 1971, criando uma proposta de valores numéricos pré-estabelecidos (normas) através de planos de amostragem do “produto-final” consumido.

As normas da OMS evoluíram através de diversas edições, como a publicação dos três volumes da primeira edição das Guidelines Drinking Water Quality (GDWQ): Vol.1 – Recommendations; Vol. 2 – *Health criteria and other supporting information*; Vol. 3 – *Surveillance and control of community supplies*, em 1984. Posteriormente, em 1993, 1996 e 1997, foi publicada a segunda edição dos três volumes da GDWQ, respectivamente (WHO, 1993; WHO, 1996; WHO, 1997).

Em 2004, a International Water Association (IWA), realiza um documento intitulado “The Bonn Charter for Safe Drinking Water”. Esta Carta de Bona apresenta um enquadramento global descrevendo as condições institucionais e operacionais que são requisitos básicos para gerir o abastecimento de água, desde a origem até ao consumidor (IWA , 2004).

Desde a publicação da segunda edição das GDWQ da OMS, originaram-se vários acontecimentos que permitiram conhecer melhor os diversos aspectos relativos á qualidade de água para consumo e saúde, e têm demosntrado a sua importancia (WHO, 2004). Assim a OMS reconheceu a necessidade de um enquadramento de gestão, tendo publicado, em 2004, a 3ª edição das suas GDWQ: VOL.1 - Recommendations. Esta edição substitui as edições e as normas internacionais anteriores. Entre outras coisas, as normas estabelecem o conceito de um enquadramento para o abastecimento seguro de água de consumo humano, compreendendo padrões sanitários, planos de segurança da qualidade da água e regulação independente (IWA, 2004).

Com esta ultima edição constituiu-se um enorme avanço na protecção da saúde pública em todo o mundo, garantindo uma avaliação de riscos para a saúde com origem em microrganismos, produtos químicos e radiológicos (Vieira & Morais, 2005). De uma outra maneira, esta edição deu a base a vários procedimentos legislativos em vários países, estabelecendo a base de todo o processo de controlo de qualidade da água para consumo humano na maioria deles.

As normas da OMS e a Carta de Bona são documentos complementares e interdependentes (IWA, 2004).

2.2 Enquadramento Legislativo

A directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998 relativa á água destinada ao consumo humano tem por objectivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de qualquer contaminação da água destinada ao consumo humano, assegurando a sua solubridade e limpeza.

Em Portugal, a água que chega ao consumidor através da rede de distribuição é avaliada segundo a determinação de parâmetros de qualidade da água e por conseguinte é analisada a conformidade com valores presentes na legislação nacional transpostos das directivas europeias.

2.2.1 Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto de 2007

O Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto de 2007, Capítulo I, Artigo 1.º ”estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto -Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, que transpôs para o ordenamento jurídico interno a Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, tendo por objectivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização tendencialmente universal de água salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição”.

Na prática, a garantia da qualidade da água para abastecimento tem sido baseada na detecção de indesejáveis constituintes microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos, potencialmente perigosos para a saúde humana, através da análise da conformidade dos resultados obtidos na monitorização da qualidade da água fornecida aos consumidores com os valores paramétricos determinados pela lei (Vieira & Morais, 2005).

No entanto, tem-se vindo a verificar que esta metodologia de controlo de qualidade apresenta um conjunto de limitações, algumas das quais relacionadas com os seguintes aspectos (Vieira & Morais, 2005):

- Regista-se uma limitada correlação entre microrganismos patogénicos casualmente presentes na água e os organismos indicadores geralmente adoptados na lei. Na realidade, tem-se verificado fraca correlação de indicadores bacteriológicos com vírus e protozoários patogénicos, talvez devido à sua capacidade diferente de resistência à desinfeção;
- Na monitorização de parâmetros microbiológicos os métodos analíticos usados são demorados para servir de factor para prevenir situações acidentais. Este tipo de controlo apenas permite verificar se a água é própria ou imprópria para consumo;
- A significância estatística dos resultados da monitorização do produto final é limitada. Os volumes de água submetidos a monitorização em conformidade com a lei são insignificantes quando comparados com os volumes de água distribuída;
- As frequências de amostragem geralmente adoptadas em sistemas de distribuição de água dificilmente garantem uma adequada representatividade, tanto temporal como espacial.

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 (Vieira & Morais, 2005; Damikouka *et al.* 2007). 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 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 citado por Vieira & Morais, 2005). Assim, o fornecimento de água é seguro uma vez que se prevê uma acção de controlo planeada e estruturada.

2.2.2 Parâmetros de Qualidade da Água

Muito embora a percepção sensorial seja uma característica necessária da avaliação da qualidade da água para consumo humano, haverá que recorrer, em simultâneo, a técnicas analíticas, físico-químicas e microbiológicas, cujo número e complexidade tem crescido ao longo dos anos (Mendes & Oliveira, 2004).

A água potável é, por definição, aquela que pode ser bebida, sem que daí resulte perigo para a saúde de quem consome (Mendes & Oliveira, 2004). Esta potabilidade não pode ser apreciada directamente, para isso é necessário recorrer a um conjunto de parâmetros seleccionados para o efeito e analisa-los. Todos estes parâmetros, depois de analisados, devem ser respeitados para que a água esteja apta para o fim pretendido.

Existem vários parâmetros de qualidade tais como: os organolépticos, os físico-químicos, relativos a substâncias indesejáveis, a substâncias tóxicas e os microbiológicos.

➤ Parâmetros Organolépticos

São características das águas que se conhecem através dos sentidos, não representam por si só um risco para a saúde pública mas, por serem detectadas pelo consumidor, tornando-se condicionantes na aceitação ou não de uma água (Alves, 2007). Neste grupo de parâmetros incluem-se (Mendes & Oliveira, 2004; Alves, 2007):

- Cor;
- Sabor ou Gosto;
- Cheiro ou Aroma;
- Turvação ou turbidez.

➤ **Parâmetros Físico-Químicos**

São características que reflectem o bom funcionamento do sistema de tratamento de água, em situações normais, estas características não representam riscos para a saúde pública (Alves, 2007). Neste grupo incluem-se (Mendes & Oliveira, 2004; Alves, 2007):

- | | | |
|-----------------|------------|------------------------------|
| ▪ Temperatura | ▪ Silica | ▪ Alumínio |
| ▪ pH | ▪ Calcio | ▪ Dureza total |
| ▪ Condutividade | ▪ Magnésio | ▪ Sólidos dissolvidos totais |
| ▪ Cloretos | ▪ Sódio | ▪ Oxigenio dissolvido |
| ▪ Sulfatos | ▪ Potassio | |

➤ **Parâmetros Relativos a Substâncias Indesejáveis**

São parâmetros que reflectem a presença de substâncias que constituem uma ameaça para a saúde pública (Alves, 2007). Neste grupo incluem-se (Mendes & Oliveira, 2004; Alves, 2007):

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ▪ Anidro carbónico livre | ▪ Subst. Extractáveis | ▪ Cobre |
| ▪ Nitratos | ▪ Hidrocarbonetos | ▪ Zinco |
| ▪ Nitritos | ▪ Fenóis | ▪ Fósforo |
| ▪ Azoto amoniacal | ▪ Boro | ▪ Flúor |
| ▪ Azoto Kjeldahl | ▪ Subst. Tensioactivas | ▪ Cobalto |
| ▪ Oxidabilidade | ▪ Sólidos suspensos totais | ▪ Cloro residual disponível |
| ▪ Carbono orgânico total | ▪ Ferro | ▪ Bário |
| ▪ Sulfureto de hidrogénio | ▪ Manganésio | ▪ Prata |

➤ **Parâmetros relativos a Substâncias tóxicas**

São parâmetros que reflectem a presença de substâncias de elevada toxicidade e que representam uma seria ameaça para a saúde pública (Alves, 2007; Damikauka *et al.*2007). Neste grupo incluem-se (Mendes, et al., 2004; Alves, 2007):

- | | |
|-----------|-------------|
| ▪ Arsénio | ▪ Chumbo |
| ▪ Berílio | ▪ Antimónio |

- Cádmiu
- Selénio
- Cianetos
- Vanádio
- Crómio
- Pesticidas
- Mercúrio
- Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos
- Níquel

➤ **Parâmetros Microbiológicos e outros**

São indicadores de contaminação microbiológica, a sua presença indica que poderão existir microrganismos causadores ou transmissores de doenças, podendo ser indicadores de potenciais perigos para a saúde pública (Alves, 2007).

Neste grupo incluem-se (Mendes, et al., 2004; Damikouka *et al.* 2007; Brettar & Hofle 2008):

- Coliformes Fecais e Totais
- Estreptococos Fecais
- Organismos Anaeróbios
- Salmonelas
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Escherichia coli*
- Enterococos
- Estafilococos patogénicos
- Bacteriófagos fecais
- Enterovírus
- Algas
- Parasitas
- Protozoários
- Disruptores endócrinos
- Radioactividade

2.3 Análise e Gestão de Riscos em Sistemas de Abastecimento de Água

Segundo a OMS (2004), recomenda-se 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” (Pollard *et al.* 2004; Vieira & Morais, 2005; Vieira, 2007), através de uma efectiva gestão e operação de origens de água, estações de tratamento e sistemas de distribuição (Vieira & Morais, 2005; Vieira, 2007).

Segundo Doria *et al.* (2009) existe um esforço para fornecer água com qualidade aos consumidores, mas os processos subjacentes à percepção desta qualidade e os riscos associados ainda não estão totalmente compreendidos. Porém a avaliação de risco não é em si um objectivo, mas antes uma maneira de estruturar o processo de decisão de gestão que, uma vez aplicados, se traduzem na melhoria da qualidade da água (WHO 2004).

Os requisitos básicos e essenciais para garantir a segurança da água para consumo compreendem-se metas de protecção para a saúde estabelecidas por uma entidade competente, sistemas adequados e com uma gestão correcta (infra-estruturas adequadas, monitorização correcta e uma planificação e gestão eficazes) e um sistema de vigilância independente (WHO, 2004).

A aplicação de um enfoque completo à avaliação e à gestão de riscos nos sistemas de abastecimento de água para consumo aumenta a confiança na pureza da água. Este enfoque leva a uma avaliação sistemática da totalidade dos riscos de um sistema de abastecimento de água – desde a água de origem até ao consumidor - e a determinação de medidas que se podem aplicar para gerir esses riscos, assim como métodos para garantir o funcionamento eficaz das medidas de controlo (WHO, 2004).

WHO (2004) destaca que o fornecimento de água para consumo humano, em segurança, é alcançado de uma forma mais correcta se se adoptar um processo de gestão de riscos, através de um “Quadro de referência para o abastecimento público de água, em segurança, para consumo humano”, como se pode verificar na figura 1.

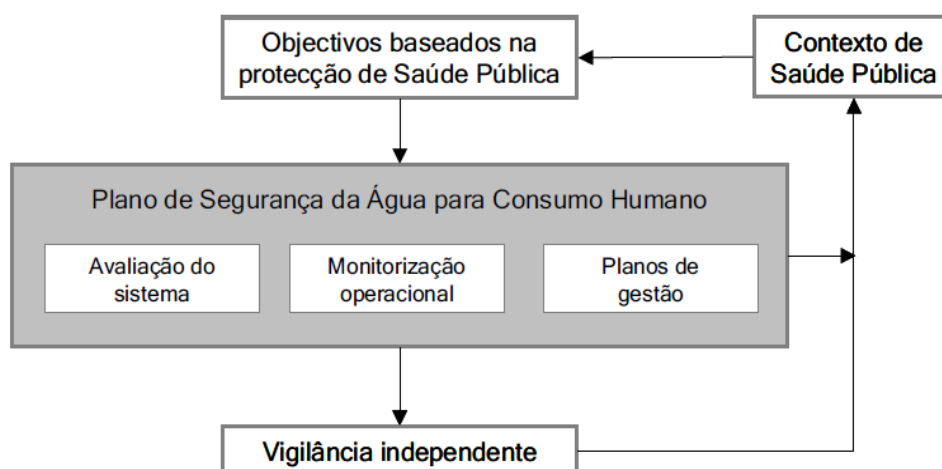


Figura 1- Quadro de referência para o abastecimento público de água, em segurança, para consumo humano (Vieira & Morais, 2005).

Este quadro oferece uma visão geral das relações das diferentes etapas seguintes (WHO, 2004; Vieira & Morais, 2005):

- Estabelecer metas para a qualidade da água destinada ao consumo humano, com base em considerações de saúde;
- Avaliação do sistema de abastecimento de água, como um todo, se fornece água com qualidade que cumpra com as metas estabelecidas anteriormente;
- Identificação de medidas de controlo que garantam, no global, o controlo dos riscos detectados e que assegurem que sejam alcançadas as meta estabelecidas;
- Preparação de planos de gestão que descrevam medidas que se devem adoptar em casos de operação de rotina ou em condições excepcionais (quando acontecem incidentes) e que documentem a avaliação e a monitorização do sistema e;
- Funcionamento de um sistema de vigilância independente, que verifica o correcto funcionamento das etapas anteriores.

Segundo a GDWQ existe uma vasta gama de componentes microbianos e químicos na água para consumo que podem ocasionar efeitos adversos na saúde humana. A detecção destes componentes, tanto na água bruta como na tratada, pode ser lento, complexo e dispendioso o que limita a sua utilidade para um alerta (WHO, 2004). Por isso não chega apenas confiar na qualidade da água para a protecção da saúde pública, uma vez que, não é possível fisicamente nem economicamente viável analisar todos os parâmetros da qualidade da água, deve-se então planificar as actividades de monitorização e os recursos utilizados por ela, os quais se devem centrar em características significativas ou com uma importância crítica (WHO, 2004).

Existem outros componentes, que embora não estejam relacionadas com a saúde, afectam claramente a aceitabilidade da água. Ou seja, quando as características estéticas (como o seu aspecto, sabor e odor) não são aceitáveis, poderá ser necessário efectuar outras análises para determinar se a água apresenta problemas relevantes para a saúde (WHO, 2004).

O controlo da qualidade microbiológica e química da água para consumo requer um plano de gestão cuja aplicação constitui a base para a protecção do sistema e o controlo dos processos, com o intuito de garantir que as concentrações de agentes patogénicos e

de substâncias químicas provoquem riscos para a saúde pública insignificantes e que a água seja aceitável para os consumidores (WHO, 2004).

As etapas de um PSA baseiam-se no princípio de barreiras múltiplas, de análise de perigos e de pontos críticos de controlo (HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Point) e em métodos de gestão de segurança (WHO, 2004; Vieira & Morais, 2005; Davison, *et al.* 2006). Este método de gestão de segurança utiliza uma abordagem de controlo, ou seja, no contexto da qualidade da água isto especifica que a água deve estar livre de quaisquer substâncias que constituem um potencial perigo para a saúde (Damikouka *et al.* 2007).

Segundo Hamilton *et al.* (2006), nas duas últimas décadas tem-se testemunhado a um grande número de incidentes de contaminação microbiológica e química, onde muitos têm levado a doenças e até mesmo à morte. Por isso devem ser definidas metas de protecção para a saúde pública.

Segundo as GDWQ definir estas metas de protecção é uma componente essencial para a segurança da água de consumo (WHO, 2004). Estas devem ser estabelecidas pela autoridade sanitária, tendo em conta as especificidades de saúde locais (Vieira & Morais, 2005), devem ter em conta a situação de saúde pública e a contribuição da qualidade da água de consumo para a transmissão de doenças que se devem a microrganismos e substâncias químicas presentes na água, como parte da política sanitária e hidrológica (WHO, 2004).

Os componentes da água de consumo podem produzir efeitos adversos para a saúde apenas com uma única exposição (p. ex. microrganismos patogénicos) ou com exposições prolongadas (p. ex. várias substâncias químicas) (WHO, 2004). Devido à variedade de componentes presentes na água, o modo de acção e a natureza das oscilações na sua concentração, as metas de protecção baseadas na determinação dos requisitos de inocuidade classificam-se em quatro tipos (WHO, 2004):

- **Metas sanitárias:** Este tipo de meta baseia-se em resultados sanitários. É aplicável quando os efeitos adversos se apresentam pouco depois da exposição e quando podem ser determinados de forma rápida e fiável.
- **Metas relativas à qualidade da água:** Geralmente, indicam valores de referência para substâncias ou produtos químicos. Estas metas fixam-se para

determinados componentes quando existe uma exposição prolongada aos mesmos e cuja concentração varia;

- **Metas relativas à eficácia:** Geralmente indicam a redução dos limites da concentração de uma substância ou a eficácia das medidas de prevenção da contaminação. Utilizam-se quando existe uma exposição curta a uma substância ou a concentração desta pode sofrer grandes variações em pouco tempo com consequências significativas para a saúde;
- **Metas relativas a técnicas específicas:** Os meios nacionais de regulamentação podem estabelecer metas relativas à aplicação de medidas concretas em sistemas de abastecimento de água.

Segundo as GWDQ é importante que as metas de protecção para a saúde sejam realistas, dadas as condições locais e que a sua finalidade seja a de melhorar a saúde pública. Estas metas servem como base para o desenvolvimento dos PSA, pois proporcionam informação para avaliar a capacidade das instalações existentes e ajudam a determinar o nível e tipo de inspecção e as verificações analíticas pertinentes (WHO, 2004).

2.4 Plano de Segurança da Água

2.4.1 Esquema de um PSA

A maneira mais eficaz de garantir sistematicamente a segurança de um sistema de abastecimento de água para consumo é aplicar um plano integrado de avaliação e gestão de riscos, abrangendo assim, todas as fases do sistema de abastecimento desde a captação da água até à sua distribuição ao consumidor (WHO, 2004). Este plano estabelece medidas de controlo para reduzir ou eliminar os riscos e estabelece processos para verificar a eficiência da gestão dos sistemas de controlo e a qualidade da água produzida (Vieira & Morais, 2005).

Segundo Summerill *et al.* (2010) uma boa execução de um PSA, oferece uma importante oportunidade de participar e promover uma boa gestão de riscos dentro do sector da água.

O principal objectivo de um PSA é garantir a qualidade da água para consumo humano através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água, tais como: minimizar a contaminação nas origens de água, reduzir ou eliminar a contaminação

durante o processo de tratamento e prevenir a recontaminação durante o armazenamento e a distribuição da água (WHO, 2004; Vieira & Morais, 2005). 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.

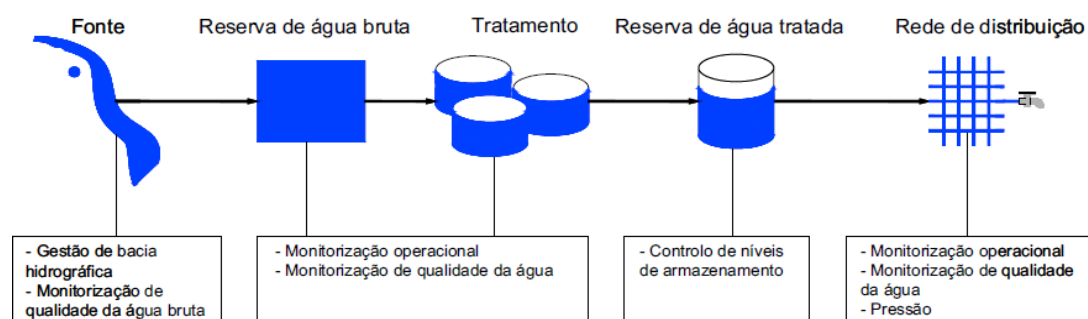


Figura 2- Aspectos essenciais a ter em consideração na gestão de riscos em sistemas de abastecimento público [Fonte: Vieira & Morais, 2005].

O quadro 1 mostra as três etapas fundamentais de um PSA para garantir a segurança da água de consumo.

Quadro 1- Esquema a ser adoptado no desenvolvimento do PSA [(Adaptado de WHO,2004;Vieira & Morais, 2005)].

Etapas Fundamentais		Objectivos	Informação
Avaliação do sistema	Processo de análise e avaliação de riscos, compreendendo todo o sistema de abastecimento verificando se a água está a cumprir as metas de protecção da saúde.	Assegurar que o sistema de abastecimento de água, como um todo, fornece água com uma qualidade que garante os objectivos de saúde estabelecidos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificação de perigos ▪ Caracterização de riscos ▪ Identificação e avaliação de medidas de controlo
Monitorização Operacional	Identificação e monitorização dos pontos críticos de controlo, de modo a reduzir os riscos identificados.	Garantir o controlo dos riscos detectados e assegurar que sejam alcançados os objectivos de qualidade da água	Estabelecer: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limites críticos ▪ Procedimentos de monitorização ▪ Acções correctivas

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.	Assegurar que descrevem as acções a tomar e documentam a avaliação e monitorização do sistema	Estabelecimento de: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Procedimentos para gestão de rotina ▪ Procedimentos para gestão em condições excepcionais ▪ Documentação e de protocolos de segurança
-------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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 (Vieira & Morais, 2005).

Os PSA podem ser de uma complexidade variada, em função da situação. Em muitos casos, são bastante sensíveis e centram-se nos perigos determinados para o sistema de abastecimento em questão. Os PSA constituem um instrumento que permite á entidade gestora do sistema gerir o seu abastecimento em condições seguras (WHO, 2004). A metodologia a aplicar deve ser apropriada à dimensão e complexidade do sistema de abastecimento de água, se for um sistema simples, o PSA é aplicado de uma forma genérica. (Vieira & Morais, 2005).

O PSA deve abranger todos os aspectos relacionados com o controlo das origens, tratamento e distribuição de água, competindo a responsabilidade da sua aplicação à entidade gestora do sistema (Vieira & Morais, 2005).

Para garantir o sucesso da aplicação de um PSA, a entidade gestora do sistema de abastecimento deve assegurar que dispõe de condições operacionais e de recursos humanos adequados a uma efectiva gestão de controlo, o que prevê (Vieira & Morais, 2005):

- A constituição de uma equipa multidisciplinar competente e com conhecimento de todo o sistema;
- A identificação dos locais onde pode ocorrer contaminação e as 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 a lei 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 (Vieira & Morais, 2005).

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 (WHO, 2004; Vieira & Morais, 2005). Deve ser realizada, periodicamente, uma verificação para determinar se o PSA está a ser correctamente aplicado e se é capaz de atingir os objectivos de qualidade previamente estabelecidos. Esta verificação proporciona informação sobre o funcionamento geral do sistema de abastecimento e a qualidade da água distribuída ao consumidor (WHO, 2004; Vieira & Morais, 2005).

Neste sentido deve proceder-se a uma avaliação de factores fundamentais como, a qualidade da água, instalações, processos e organização, apresentando-se propostas de melhoria na figura 3 (Vieira & Morais, 2005).

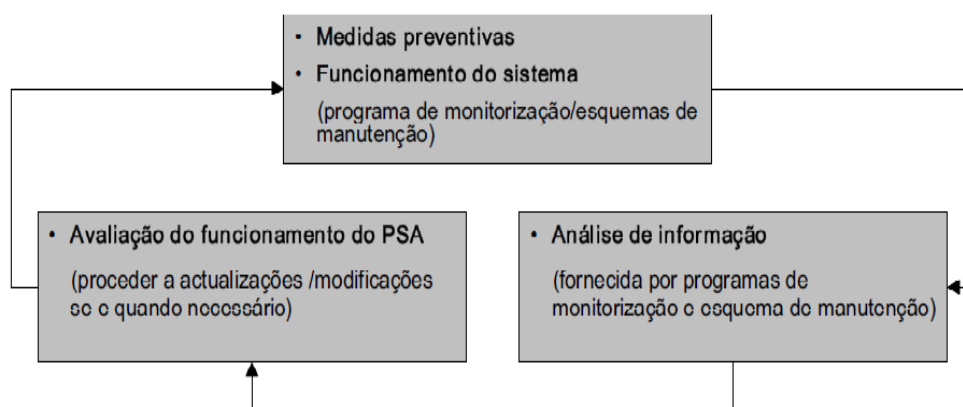


Figura 3 -Processo de avaliação do funcionamento de um PSA [Fonte: Vieira & Morais, 2005].

2.4.2 Etapas preliminares

A gestão eficaz do sistema de abastecimento de água exige um conhecimento completo do sistema, da diversidade e magnitude dos perigos que podem existir, e a capacidade dos processos e infra-estruturas existentes para abordar os riscos efectivos ou potenciais (WHO, 2004).

2.4.2.1 Descrição de Um Sistema de Abastecimento de Água

Vieira & Morais, 2005 refere que todos os sistemas de abastecimento devem ser descritos de uma forma exacta, tal como se encontram no momento. A etapa de descrição de um sistema pode considerar-se como uma compilação e avaliação de toda a informação disponível sobre o sistema e um estudo dos riscos que podem surgir durante a distribuição da água aos consumidores (WHO, 2004), e deve incluir (Vieira & Morais, 2005):

- ✓ 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, entre outras).

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

É importante que a avaliação geral do sistema de abastecimento de água tenha em conta os dados históricos sobre a qualidade de água existente, que ajuda a compreender as características da origem da água e o funcionamento do sistema ao longo do tempo como em determinados acontecimentos, como por exemplo depois de chuvas abundantes (WHO, 2004).

No Quadro 2, apresenta-se alguns exemplos de informação a compilar para a caracterização de um sistema de abastecimento de água.

Quadro 2- Exemplos de Informação a compilar para caracterizar o sistema de abastecimento de água [Adaptado: WHO, 2004].

Componentes do Sistema de Abastecimento	Informação a considerar
Bacia Hidrográfica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geologia e Hidrologia ▪ Condições Meteorológicas e Climáticas ▪ Saúde da bacia hidrográfica e do rio ▪ Fauna e Flora ▪ Usos da Água ▪ Usos do Solo ▪ Outras actividades realizadas na bacia hidrográfica que possam potencialmente contaminar a água ▪ Actividades futuras previstas
Águas Superficiais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descrição do tipo de massa (rio, lago, albufeira, etc.) ▪ Características físicas (tamanho, profundidade, estratificação térmica, altitude, etc.) ▪ Caudal e fiabilidade da origem da água ▪ Tempos de retenção ▪ Constituintes da água (físicos, químicos, microbiológicos) ▪ Protecções (cercas, vedações, acessos, etc.) ▪ Actividades recreativas e outras actividades humanas ▪ Transporte de água
Esquemas de Tratamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operação de tratamento (incluindo as opcionais) ▪ Características dos equipamentos ▪ Equipamentos de monitorização e automação ▪ Produtos químicos utilizados no processo de tratamento ▪ Eficiência do tratamento ▪ Eliminação de agentes patogénicos através da desinfecção ▪ Residual de desinfectante/ tempo de contacto
Reservatórios de Serviço e Sistema de Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Características dos reservatórios ▪ Tempos de retenção ▪ Variações sazonais ▪ Protecção (coberturas, acessos, vedações, etc.) ▪ Características do sistema de distribuição ▪ Condições hidráulicas (caudais, pressão, etc.) ▪ Protecções contra retorno ▪ Residual de desinfectante e subprodutos da desinfecção

2.4.2.2 Construção e validação do diagrama de fluxo

A elaboração de um diagrama de fluxo facilita a examinação e avaliação de um sistema de abastecimento de água para consumo humano. Este diagrama dá-nos em cada etapa do processo, o potencial risco para a qualidade da água e a medida para evitar que o perigo identificado não entre na água (Damikouka *et al.* 2007), ou seja, faculta uma descrição resumida do sistema, que inclui a caracterização da fonte de abastecimento, a

determinação das fontes de contaminação potenciais na fonte de captação, as medidas de protecção dos recursos hídricos e a fonte de abastecimento, as operações de tratamento bem como os reservatórios de água tratada e a sua distribuição (WHO, 2004), de forma a ser possível identificar perigos e pontos de controlo relativos a todo o processo de produção de água potável e deverá ser verificado e validado (Vieira & Morais, 2005). A validação do diagrama deverá ser realizada através de (Vieira & Morais, 2005):

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

Este diagrama deverá ser cautelosamente planeado, caso contrário, podem não ser detectados potenciais perigos que podem vir a tornar-se determinantes.

2.4.3 Avaliação do Sistema

Segundo as GDWQ a avaliação de um sistema de abastecimento de água é igualmente aplicável aos mais variados sistemas de abastecimento. Pode-se avaliar as infra-estruturas existentes ou a melhoria das mesmas ou ainda avaliar projectos para a instalação de novos sistemas de abastecimento. Uma vez que a qualidade da água varia ao longo do sistema, o objectivo da avaliação deve ser determinar se a qualidade da água distribuída ao consumidor cumpre as metas de protecção de saúde estabelecidas. A avaliação do sistema deve ser feita periodicamente, uma vez que é preciso ter em conta o comportamento de substâncias que podem afectar a qualidade da água. Uma vez determinados e esclarecidos os potenciais e reais perigos pode-se determinar o nível de risco de cada perigo e classifica-lo consoante a probabilidade de ocorrência e a severidade da consequência (WHO, 2004).

A avaliação do sistema de abastecimento baseia-se no sistema de HACCP. Este sistema de HACCP inclui as etapas do processo de tratamento, os riscos identificados, as medidas de controlo dos pontos de controlo críticos, um sistema de monitorização os limites críticos dos parâmetros de monitorização, bem como as acções correctivas necessárias (Damikouka *et al.* 2007).

2.4.3.1 Identificação de Perigos

A informação presente nos diagramas de fluxo e o conhecimento do funcionamento do sistema de abastecimento são as bases para a identificação dos perigos relacionados com a deteriorização da água (Vieira & Morais, 2005).

Primeiramente deve fazer-se uma distinção entre perigo e risco. Perigo é definido como um agente físico, químico ou biológico que pode causar danos na saúde pública (Davison, et al., 2005; Davison, et al., 2006), assim um evento perigoso é um incidente ou situação que pode levar á presença de um perigo (como pode ocorrer e o que pode acontecer) (WHO, 2004). Risco é um conceito que se refere à probabilidade de ocorrência de um evento. A ideia de risco indica a existência de uma associação entre uma exposição e um determinado efeito que, na saúde, poderia ser entendido como morte, incapacidade ou doença (Carmo, et al., 2008) pode ser também a probabilidade dos perigos identificados ocasionarem danos a populações expostas durante um tempo específico, envolvendo a magnitude do dano e a sua consequencia (WHO, 2004). Por exemplo, a água para consumo humano que contenha agentes patogénicos caracteriza um perigo, enquanto o seu fornecimento à população traz um risco, que pode ser quantificado e expresso em termos de probabilidade de ocorrência de um agravamento (Carmo, et al., 2008).

Na identificação de perigos com origem biológica, química, físicas ou radiológica, pode adoptar-se a seguinte metodologia: análise de perigos na fonte, tratamento e distribuição, ou seja, em cada etapa identifica-se o que pode causar a contaminação e associa-se as medidas de controlo a cada perigo, e ainda se considera outros factores que possam influenciar a ocorrência de perigos (WHO, 2004), tais como, variações circunstancias devidas ao tempo, contaminação acidental ou deliberada, medidas de controlo de poluição nas fontes, tratamento de águas residuais a montante da captação, entre outras (Vieira & Morais, 2005).

➤ **Perigos Biológicos**

Estes perigos estão associados, geralmente, a microrganismos patogénicos presentes na água, tais como bactérias, vírus, protozoários e algas tóxicas que podem constituir ameaças para a saúde pública (Davison, et al., 2005; Vieira & Morais, 2005). Muitos deles têm origem na fonte e podem ser reduzidos ou eliminados com uma 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 (Vieira & Morais, 2005).

Não é necessário eliminar completamente os microrganismos do sistema de abastecimento, mas deve-se exigir que a concentração de microrganismos não exceda os limites estabelecidos por lei, de modo a garantir os objectivos de qualidade (Vieira & Morais, 2005; Davison, et al., 2005).

Segundo Vieira & Morais, (2005); Davison, et al. (2005) e Brettar & Hofle (2008) os agentes patogénicos encontrados nos sistemas de abastecimento são normalmente provenientes de contaminação fecal, podendo ser humana, através de contacto com águas residuais que entram indevidamente no sistema de abastecimento, se for animal estão relacionadas com a criação de animais domésticos, pássaros, vermes no interior ou a volta dos reservatórios. A qualidade e protecção da fonte de água são um factor chave para fornecer água potável, sem microrganismos patogénicos (Britar & Orle, 2008).

➤ **Perigos Químicos**

Estes perigos estão geralmente associados á presença de substâncias químicas que podem ser nocivas para a saúde se forem em concentrações tóxicas (Vieira & Morais, 2005). Estas substâncias podem surgir naturalmente ou durante as operações e processos de tratamento, transporte e reserva de água (Vieira & Morais, 2005).

No quadro 3, apresentam-se alguns exemplos de perigos químicos que podem ocorrer no sistema de abastecimento.

Quadro 3 - Exemplo de perigos químicos que podem ocorrer no sistema de abastecimento [Adaptado: (Davison, et al., 2005)]

Produtos químicos na Fonte de captação	Produtos químicos no reservatório de armazenamento	Produtos químicos no processo de tratamento	Distribuição de produtos químicos
Nitratos;	Toxinas de algas;	Floculantes;	Cobre;
Arsénico;	Produtos químicos utilizados na limpeza dos reservatórios;	Regulador de pH;	Petróleo.
Flúor;	Lubrificantes.	Subprodutos da desinfecção;	
Pesticidas;		Impurezas resultantes do tratamento químico.	
Outros metais pesados;			
Tóxicos orgânicos;			
Herbicidas.			

Segundo Hebert *et al.* (2010) os subprodutos da desinfecção provêm da desinfecção química e podem gerar riscos para a saúde humana, estes subprodutos têm sido recentemente investigados mas ainda existem muitas outras substâncias com propriedades particulares que podem estar presentes na água tratada em simultâneo com eles.

➤ **Perigos Físicos**

Estes perigos 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 não significar um perigo directo para a saúde humana (Vieira & Morais, 2005).

São perigos físicos a redução da eficácia do tratamento em particular ao residual de desinfectante, a presença de sedimentos na água, os materiais ou revestimento das condutas e os biofilmes (Davison, et al., 2005). Estes últimos podem criar condições para o aparecimento de microrganismos patogénicos, fomentar zonas de biocorrosão e consumir cloro residual (Vieira & Morais, 2005).

➤ **Perigos Radiológicos**

Estes perigos estão associados à probabilidade de contaminação da água a partir de fontes de radiação (Vieira & Morais, 2005). A contaminação radiológica pode ocorrer de forma natural a partir de materiais radioactivos que surgem naturalmente nas fontes de água ou como resultado de actividade humana por efluentes provenientes da industria mineira, radionuclideos provenientes de actividade medica ou de industrias que utilizam materiais radioactivos (Vieira & Morais, 2005; Davison, et al., 2006).

2.4.3.2 Caracterização de Riscos

A clareza das medidas de controlo deve basear-se na priorização de riscos associados a um perigo ou a um evento perigoso. Um risco pode traduzir-se pelo produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejado pelo respectivo efeito causado numa 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 (Vieira & Morais, 2005).

2.4.3.2.1 Priorização de Riscos

A avaliação dos perigos identificados será assim realizada com base numa metodologia de priorização de riscos que assenta no conhecimento do sistema podendo definir-se uma matriz de classificação de riscos (WHO, 2004).

O processo de avaliação de risco pode envolver uma abordagem quantitativa ou semi-quantitativa ou uma decisão da equipa que regule eventos perigosos dentro ou fora do sistema (Davison, et al., 2006). Um sistema de abastecimento de água relativamente pequeno só pode exigir uma abordagem de decisão da equipa, um sistema mais complexo pode beneficiar de uma abordagem semi-quantitativa de priorização de riscos (Davison, et al., 2006).

Através de uma avaliação de risco semi-quantitativa a equipa responsável pelo PSA pode calcular uma pontuação de prioridade para cada perigo identificado (Davison, et al., 2005). O objectivo desta matriz é a classificação de uma série de eventos perigosos para fornecer uma visão sobre os riscos mais significativos (Davison, et al., 2005).

➤ **Método de priorização de risco 1: Decisão da equipa**

Este método envolve um uso de julgamento de uma equipa para (Davison, et al., 2006):

- Avaliar os eventos perigosos em cada etapa do processo;
- Determinar se os eventos perigosos estão sob controle;
- E documentar se esses eventos necessitam de atenção urgente.

No quadro 4 apresenta-se um exemplo de uma abordagem simples de priorização de riscos.

Quadro 4 - Abordagem simples de priorização de riscos [Adaptado: Davison, et al., 2006].

Descritor	Significado	Notas
Significativo	Claramente uma prioridade	O risco considerado pela equipa deve definir se as medidas de controle adicionais são as necessárias e se uma etapa de um processo deve ser considerada um ponto crítico do sistema.
Incerto	Não tem a certeza se o caso é ou não um risco significativo	O risco pode exigir mais estudos para decidir se é ou não um risco significativo.
Insignificante	Não tem prioridade	O risco vai ser descrito e documentado como parte de um processo transparente e diligente e será revisado nos próximos anos como parte da revisão do PSA.

➤ **Método de priorização de risco 2: Abordagem semi-quantitativa**

Esta abordagem tem sido adaptada por várias entidades no sector da água (Davison, et al., 2005). Assim para avaliação dos riscos associados a cada perigo estabelece-se a probabilidade dele ocorrer, através de uma Escala de Probabilidade de Ocorrência como se mostra no quadro 5, e as consequências para a saúde da população abastecida através de uma escala de Severidade das Consequências como se mostra no quadro 6 (Vieira & Morais, 2005).

Quadro 5 - Escala de Probabilidade de Ocorrência [Fonte: Vieira & Morais, 2005].

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

Quadro 6 - Escala de Severidade de Consequência [Fonte: Vieira & Morais, 2005].

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 classificação de riscos é feita com base no produto entre a probabilidade de ocorrência e a severidade da consequência, como se pode observar no quadro 7.

Quadro 7 - Matriz de Classificação de riscos por ordem de importância [Fonte: Vieira & Morais, 2005].

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 desta matriz pode determinar vários intervalos tais como de [1-5] o risco é classificado como baixo, [6-10] é moderado, [12-15] é elevado e de [16-25] é extremo.

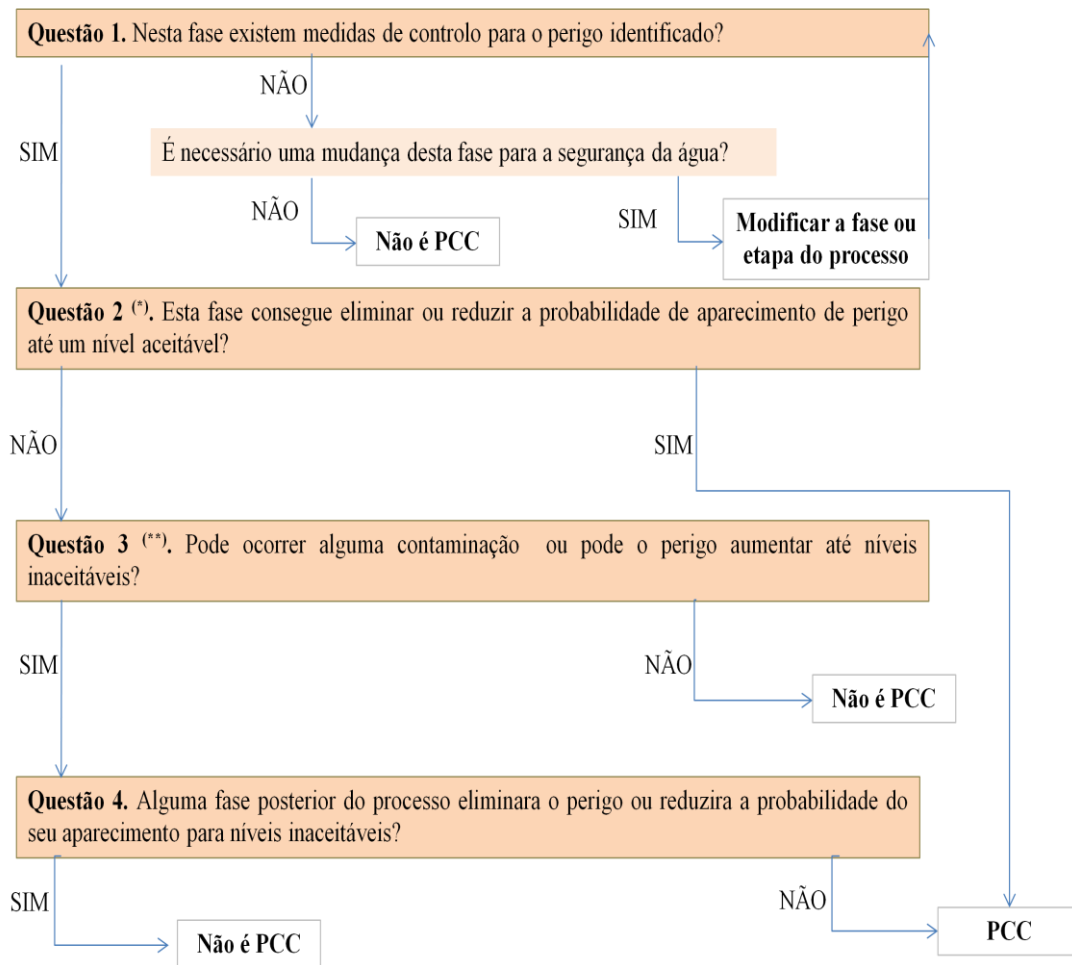
O uso desta metodologia deve utilizar bom senso de maneira a poderem distinguir-se casos que representam situações de perigo distintas, embora apresentem pontuações semelhantes (Vieira & Morais, 2005). A equipa necessita determinar um valor de controle, acima deste valor os riscos exigem uma atenção maior e abaixo será considerado nas iterações futuras (WHO, 2004; Davison, et al., 2006). Assim os eventos perigosos raros como as consequências catastróficas devem ter maior prioridade para controlo do que outros, que embora ocorram com maior frequência apresentam impactos limitados na saúde pública (Vieira & Morais, 2005).

Quando a pontuação de risco é classificada com um valor igual ou superior a 6 (Moderado) considera-se um Ponto de Controlo (PC) (Vieira & Morais, 2005; Davison, et al., 2006).

2.4.3.2.2 Definição de Pontos de Controlo Críticos (PCC)

Para cada PC encontrado identifica-se os locais onde é essencial prevenir, eliminar ou reduzir um perigo dentro de limites aceitáveis, esta identificação pode ser feita de uma forma estruturada e sistemática com auxílio a uma árvore de decisão, pressupondo-se o conhecimento prévio das medidas de controlo implementadas no sistema (Vieira & Morais, 2005).

Esta metodologia baseia-se num processo iterativo de respostas a um conjunto de 4 questões que devem ser colocadas a cada evento perigoso, de modo a concluir-se se uma determinada fase do processo é, ou não, Ponto de Controlo Crítico (PCC) (Vieira & Morais, 2005). A figura 4 mostra um conjunto de perguntas e respostas a que se dá o nome de árvore de decisão para a definição de PCC.



(*) responder com o auxílio do diagrama de fluxo do sistema, uma vez que é a fase do processo que está a ser questionada e não as medidas de controlo.

(**) Requer uma avaliação de perigos, bem como um correcto funcionamento do processo.

Figura 4 – Exemplo de árvore de decisão para a definição de PCC [Adaptado: Vieira & Morais, 2005].

É de salientar que ao aplicar-se a árvore de decisão pode concluir-se que (Vieira & Morais, 2005):

- i. Uma fase seguinte do processo pode ser mais eficiente no controlo de um perigo e, como tal, identificar-se aí um PCC;
- ii. Uma medida de controlo pode controlar mais do que um perigo;
- iii. Mais do que uma fase do processo pode estar envolvida no controlo de um determinado perigo.

2.4.3.3 Identificação e avaliação das medidas de controlo

Segundo WHO (2004) a avaliação e a delineação de medidas de controlo, baseado na identificação de perigos, devem garantir que os objectivos de saúde pública são atingidos. O nível de controlo aplicado deve ser proporcional aos resultados obtidos na priorização de riscos (Vieira & Morais, 2005). Todos os perigos significativos identificados no processo de abastecimento de água, durante a análise de riscos devem ser controlados, ou potencialmente controlados, por algum processo de mitigação (Davison, et al., 2005).

Esta etapa pode envolver a determinação das medidas de controlo existentes para cada perigo e a avaliação da sua eficácia, quando consideradas em conjunto, garantindo o controlo dos riscos em níveis aceitáveis e em caso de se necessitar fazer melhorias, avaliar essas medidas de controlo e adiciona-las (WHO, 2004; Vieira & Morais, 2005).

As medidas de controlo são operações que se realizam em sistemas de abastecimento de água e que se aplicam para evitar que os perigos aconteçam, estas afectam directamente a qualidade da água e que, no seu conjunto, garantem que se cumpram as metas estabelecidas para a protecção da saúde (WHO, 2004).

A identificação e aplicação das medidas de controlo devem ser baseadas no princípio das barreiras múltiplas (WHO, 2004), ou seja, considerando os eventos perigosos que podem provocar a contaminação da água e as actividades que podem ajudar a mitigar os riscos decorrentes desses eventos (Davison, et al., 2005). As medidas de controlo devem ser identificadas no local da contaminação (onde o evento perigoso ocorre), bem como a jusante, de modo que o efeito de barreiras múltiplas possam ser avaliados em conjunto (Davison, et al., 2005). 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 posteriores, minimizando a probabilidade de substâncias contaminantes poderem atravessar todo o sistema e permanecerem em concentrações capazes de causar doença aos consumidores (WHO, 2004; Vieira & Morais, 2005).

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 permanente controlo (WHO, 2004).

2.5 Monitorização Operacional

Após a definição das medidas de controlo estabelecidas para cada uma das etapas do sistema de abastecimento, é essencial que a entidade gestora assegure procedimentos de

avaliação do sistema, de modo a garantir que o mesmo funcione em devidas condições (Vieira & Morais, 2005).

A monitorização operacional é o passo em que se realiza uma sequência de observações ou medições planeadas, para avaliar se as medidas de controlo aplicadas num dado ponto do sistema estão a atingir os seus objectivos (Davison, et al., 2006) e assegura, de forma estruturada e organizada, o suporte à gestão da operação do sistema contribuindo para que as medidas de controlo sejam eficazes (WHO, 2004).

O eficaz acompanhamento depende do que vai ser monitorizado, como será monitorizado, onde será monitorizado, quando será monitorizado e quem vai monitorizar (Vieira & Morais, 2005; Davison, et al., 2005; Davison, et al., 2006).

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 uma resposta adequada (WHO, 2004; Davison, et al., 2005; Vieira & Morais, 2005). Alguns exemplos de parâmetros de acompanhamento mensuráveis são o cloro residual, pH e turbidez e de parâmetros observáveis são a integridade das cercas ou vedações contra a entrada de animais (WHO, 2004; Davison, et al., 2005).

2.5.1 Estabelecimento de Limites crítico

As medidas de controlo devem ter limites definidos para a sua tolerância operacional, podendo ser monitorizadas directa ou indirectamente através de indicadores (WHO, 2004). Para cada potencial perigo 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 (Vieira & Morais, 2005). Com a monitorização, se se concluir que o limite de qualquer processo operacional foi ultrapassado, conclui-se que se atingiu uma situação de incumprimento (WHO, 2004).

Os limites a impor podem ser limites superiores, limites inferiores, um intervalo ou um conjunto de medidas de desempenho (decorrentes de observação directa) (WHO, 2004; Davison, et al., 2005).

Os LC estabelecem valores que separam a aceitabilidade da inaceitabilidade do funcionamento do sistema e devem ser mensuráveis directa ou indirectamente (Vieira &

Morais, 2005). Os LC devem ser estabelecidos tendo em conta a legislação em vigor aplicável aos sistemas de abastecimento de água em Portugal, nomeadamente:

- Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto de 2007, referente às águas destinadas ao consumo humano.

2.5.2 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 resposta a questões, consoante o perigo que lhe está associado e o tempo de resposta do sistema necessário para fazer face à violação de um LC (Vieira & Morais, 2005).

De uma maneira geral, os procedimentos de monitorização deverão ser exaustivos na avaliação do desempenho ao longo de todo o sistema de abastecimento (Vieira & Morais, 2005) e devem conter a seguinte informação (WHO, 2004; Davison, et al., 2005; Vieira & Morais, 2005):

- 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.

Sempre que se detecte que um LC está a ser ultrapassado, através da monitorização, torna-se necessário aplicar acções correctivas de modo a assegurar que o valor não exceda os valores permitidos (Vieira & Morais, 2005; Davison, et al., 2006).

As acções correctivas são acções a serem tomadas quando os resultados de monitorização de um PC indicam uma perda de controlo, estas em conjunto com a

monitorização, formam a rede de controlo para garantir que a água imprópria para consumo não é consumida (Davison, et al., 2006).

Os perigos considerados nos PCC 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 (Vieira & Morais, 2005).

A maioria das acções correctivas são de rotina e são capazes de serem manipuladas por sistemas automatizados e/ou operadores instruídos para o efeito. No entanto, se a acção correctiva não traz o controlo ao sistema ou se algum imprevisto ocorre, é possível que a segurança da qualidade da água possa ser comprometida. Sob tais circunstâncias, uma maior resposta é necessária para prevenir impactos potencialmente significativos (Davison, et al., 2006).

2.6 Plano de Gestão

Uma boa gestão leva a definir medidas que devem adoptar-se em resposta às variações que ocorrem em condições normais de operação, em incidentes específicos que poderão ocasionar uma perda de controlo no sistema e em situações imprevistas ou de emergência (WHO, 2004). Os procedimentos de gestão devem documentar os planos de monitorização, os programas complementares e a estratégia de comunicação necessários para garantir o seguro funcionamento do sistema (WHO, 2004).

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 (Vieira & Morais, 2005):

- 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 entidade gestora do sistema, designadamente, autoridades da saúde e da protecção civil (Vieira & Morais, 2005). Estes planos encerram esquemas efectivos para a gestão de controlo dos sistemas, assim como planos operacionais para atenderem a condições de rotina e condições excepcionais (Bartram *et al.*, 2009).

➤ **Procedimentos de gestão para condições de rotina**

Segundo Vieira & Morais, 2005 depois de 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. Deverão ser registados num relatório todos os dados do sistema, as medições efectuadas e todos os resultados obtidos nos PCC devem ser claros e regularmente avaliados. Deste modo, garante-se que os LC estão a ser cumpridos e no caso de se registarem desvios, deve ser assegurado que as acções correctivas aconselhadas estão a ser bem executadas.

Depois de definidos os perigos, os PCC, os LC, os procedimentos de monitorização e as acções correctivas é necessário criar um mecanismo de verificação (Vieira & Morais, 2005) que garanta que o sistema, no seu todo, funciona em condições seguras (WHO, 2004). 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 (Vieira & Morais, 2005).

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 (Vieira & Morais, 2005). Por isso, torna-se necessário elaborar um caderno de instruções com o objectivo de controlar os PCC, para o controlo destes pontos os aparelhos de medição utilizados têm que ser fiáveis e adequados, para tal, deverão ser regularmente inspeccionados e calibrados (Vieira & Morais, 2005).

➤ **Procedimentos de gestão para condições excepcionais**

É possível que possam surgir acontecimentos imprevistos. Sob essas circunstâncias, existe necessidade de desenvolver acções correctivas sem aviso prévio e como não é

possível ter as acções detalhadas e especificadas para responder a tais situações, é conveniente dispor de um plano de emergência para responder a estes acontecimentos (Davison, et al., 2005). Um plano de emergência inclui um protocolo para avaliação da situação e declarações de situações que exigem a activação do plano em resposta à emergência (Davison, et al., 2005). Este 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 (Vieira & Morais, 2005).

Estes planos podem ser muito amplos e deve incluir eventuais catástrofes naturais (por ex. sismos, cheias, secas e danos no equipamento eléctrico por uma tempestade), acidentes (por ex. derrames de hidrocarbonetos ou de substâncias tóxicas na bacia hidrográfica); danos na estação de tratamento ou na rede de distribuição e acções humanas (por ex. greves, sabotagem) (Davison, et al., 2005; Vieira & Morais, 2005).

Em situações de emergência as autoridades de saúde pública devem ser consultadas sobre medidas adequadas que deverão ser adoptadas (Davison, et al., 2005). Na sequência de uma emergência, deve ser promovida uma investigação aprofundada considerando os seguintes factores (WHO, 2004; Davison, et al., 2005; Vieira & Morais, 2005):

- ✓ Qual foi a causa inicial do acontecimento?
- ✓ Como foi inicialmente identificado ou reconhecido o acontecimento?
- ✓ Quais as principais acções tomadas?
- ✓ Que problemas de comunicação surgiram e como foram tratados?
- ✓ Quais foram as consequências de curto e a longo prazo?
- ✓ Como se comportou o plano de emergência?

Uma adequada documentação e comunicação deve também ser estabelecida. A entidade gestora deve aprender o quanto possível com a emergência de modo a melhorar a preparação e o planeamento para emergências futuras (WHO, 2004; Davison, et al., 2005; Vieira & Morais, 2005).

2.7 Situação no Mundo

Segundo Bartram *et al.* (2009), três casos de estudo distintos foram apresentados, realizados em experiências reais, com o propósito de especificar os conceitos de um PSA. As descrições foram obtidas a partir de desenvolvimentos de um PSA realizado na Austrália, na América Latina e Caribe (ALC) e no Reino Unido. Apresenta-se de seguida uma descrição geral das entidades gestoras de água e os contextos em que foram desenvolvidos e aplicados os PSA nos três casos de estudo.

▪ Austrália

Segundo Bartram, et al. (2009) a maioria dos PSA desenvolvidos na Austrália foram realizados pelos próprios serviços de abastecimento onde a fonte de água que abastecia o sistema procedia de uma combinação entre água superficial e subterrânea. Na maioria dos casos, havia na fonte de captação uma considerável actividade agrícola de intensidade baixa e não regulada e ainda populações rurais, noutras fontes dispunham de sistemas de captação de esgotos e outros ainda tinham sistemas de saneamento *in situ* onde tinham vários graus de controlo. Geralmente, o processo de tratamento dependia da fonte de água, caso a captação fosse superficial e protegida apenas se fazia cloragem, se não fosse protegida era feito um processo convencional, caso a fonte fosse subterrânea era tratado com um arejamento seguido de uma cloragem. Nos pontos de consumo a água tratada era entregue directamente através de canalização, com uma pressurização contínua fiável. As normas australianas sobre o consumo de água estabeleciam parâmetros sobre a qualidade da água muito similares aos das guias da OMS para a qualidade da água potável. Havia ainda sistemas bem estabelecidos de análise e notificação sobre o cumprimento das normas. A qualidade do abastecimento era contínuo e as normas de qualidade cumpriam-se de forma quase contínua. Durante o desenvolvimento e aplicação do PSA não houve incidentes de doenças transmitidas pela água. Relativamente ao estado das infra-estruturas estas mantinham-se em bom estado e o índice de perdas era baixo.

▪ América Latina e Caribe (ALC)

Bartram, et al. (2009) refere que o PSA no ALC começou como uma iniciativa com a colaboração de várias organizações. A selecção dos locais para execução dos projectos foi escolhida pelos serviços de abastecimento de água e serviços de administração pública. A fonte de água que abastecia os sistemas resultava de uma combinação de

fontes superficiais e subterrâneas. Para todos os casos havia na área de captação muita actividade industrial, existia fossas sépticas com tratamento deficiente sendo o material fecal descarregado directamente nas fontes de água. Quanto ao tratamento, existia várias estações para cada comunidade, no caso das fontes serem superficiais o tratamento era convencional e no caso de serem subterrâneas eram tratadas através de arejamento, filtração e cloragem, em alguns casos, apenas por cloragem. Na maioria dos casos a água era entregue directamente nas casas, outras por canalização e ainda fornecidos com tanques de armazenamento. Os sistemas descritos foram caracterizados pela idade das infra-estruturas de tratamento, as condutas de distribuição tinham taxas de perda até 70% e os tanques de armazenamento condições muito pobres, afectando a pressão e a capacidade de atender à procura.

Neste caso de estudo Bartram, et al. (2009) refere que muitas vezes, as normas de qualidade da água foram mal definidas ou não foram consistentes, para o mesmo sistema alguns aplicavam objectivos e metas ambientais e outros aplicavam objectivos à protecção da saúde. A qualidade do abastecimento de água nos pontos de consumo era descontínua, isto porque as normas de qualidade da água eram constantemente violadas. Verificou-se que eram necessárias fazer melhorias para alcançar a qualidade desejada.

- **Inglaterra e Gales**

Neste caso, após a publicação da terceira edição das normas da OMS para a qualidade da água potável em 2004, Bartram, et al. (2009) refere que a autoridade incentivou as companhias de água para a implementação de um PSA.

Segundo Bartram, et al. (2009), durante os primeiros três anos de implementação do PSA a entidade reguladora ofereceu orientação e aconselhamento e não especificou uma metodologia detalhada para o PSA de acordo com cada empresa. No inicio a principal etapa era a verificação do PSA e depois a identificação de perigos e avaliação de riscos da metodologia de PSA, foram ainda associados aos requisitos do regulamento e assim os PSA incluíram-se no programa de auditoria da autoridade reguladora.

Neste caso as fontes de água provem 70% da água de superfície e 30% de águas subterrâneas. Bartram, et al. (2009) refere que o estudo incluía 1220 sistemas de tratamento de água em que utilizavam vários processos tratamentos, desde o convencional até ao uso de técnicas como o carvão activado granular (GAC), membranas, ozonização e Luz UV, para controlar os novos tipos de riscos. Em muitas

fontes subterrâneas apenas se faz tratamento de desinfecção. A água tratada é distribuída directamente para as casas através do sistema de canalização ligada a empresas de abastecimento de água com uma pressurização contínua fiável. A qualidade da água tratada foi muito boa com uma taxa de cumprimento das normas europeias e nacionais em matéria de qualidade da água potável de 99,9%. As infra-estruturas apresentavam um bom estado de conservação. Neste caso a vantagem foi a privatização do sector da água que fez com que houvesse melhorias no sistema.

2.8 Situação em Portugal

Segundo BCSD Portugal (2008), o PSA de Águas do Cávado, foi pioneiro em Portugal em 2003, suscitando o interesse da OMS e assim se tornou um dos “casos de estudo” a nível mundial em 2008. Este plano foi elaborado com base na 3ª edição das GDWQ da OMS e com a Bonn Charter for Drinking Water, publicado pela IWA.

▪ **Águas do Cávado**

As Águas do Cávado segundo BCSD Portugal (2008), tem como objectivo exclusivo a exploração e gestão do sistema multimunicipal de captação, tratamento e Distribuição de água a vários municípios, com uma população no total de 600 mil habitantes e ainda é responsável, por todo o processo de produção de água potável.

O sistema compreende a fonte de captação no rio Cávado seguido de um tratamento na Estação de Tratamento de Água (ETA) de Areias (Vieira & Morais, 2005), que assegura o cumprimento dos parâmetros de qualidade exigidos pela lei nacional, as Águas do Cávado tem uma eficaz distribuição de água aos municípios da sua área de intervenção, de acordo com as necessidades e dentro dos condicionalismos presentes. A estrutura adoptada para o PSA foi a divisão em três partes: Fundamentos, onde se descreve os aspectos que serviram de base para a elaboração do documento; Aspectos operacionais que devem ser considerados na gestão dos pontos críticos do sistema e; Funcionamento, em que apresenta uma metodologia de acompanhamento de rotina para a verificação da aplicação do PSA (Vieira & Morais, 2005).

BCSD Portugal (2008) refere que uma vez que este plano já está implementado, há sempre o objectivo da melhoria contínua, com isto, em 2008 pretendeu-se continuar a implementar, de uma forma pró-activa o PSA. Nesse sentido tiveram como objectivo manter o aperfeiçoamento de procedimentos técnicos de operação e exploração, em termos de tratamento e fornecimento de água; continuar a consolidar estratégias de

operação apoiada ao Sistema de Monitorização, Automatização e Telegestão; Implementar, noutros locais do Sistema Adutor, sistemas de Televigilância; Analisar a possibilidade da aquisição de um programa de gestão dos dados da operação que permita a emissão dos alertas definidos, em tempo real, possibilitando uma resposta eficaz às ocorrências; Redefinir limites de alerta; Envolver as Entidades Gestoras da Bacia Hidrográfica do Cávado na definição dos riscos associados aos eventos perigosos definidos na etapa Fonte; Envolver as Partes Interessadas, especialmente os municípios integrantes do Sistema, na gestão do PSA no que respeita à qualidade da água na torneira do consumidor; Promover campanhas de sensibilização dos princípios constantes no PSA junto das Partes Interessadas. A experiência adquirida e os ensinamentos já consolidados permitem formular adaptações ao PSA, no sentido de, sem prejuízo da necessária garantia de segurança, simplificar procedimentos de monitorização operacional que tornem este processo ainda mais estimulante e atractivo para as diversas unidades responsáveis pela sua implementação.

3

ELABORAÇÃO DO PSA PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CASTRO VERDE: ETAPA PRELIMINAR

3.1. Localização do Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde

O sistema de abastecimento público de Castro Verde localiza-se em dois concelhos, o de Castro Verde e o de Ourique. O concelho de Castro Verde está situado no coração do “Campo Branco” e o de Ourique está situado na junção da região alentejana com o Algarve. Ambos os concelhos estão situados no distrito de Beja.

O sistema de abastecimento de água de Castro Verde a cargo da Câmara Municipal compreende o sistema de captação da água bruta na albufeira do Monte da Rocha, o tratamento convencional de pré-oxidação arejamento, coagulação/floculação, decantação, filtração e desinfecção e a distribuição da água tratada, realizado na ETA que está presente nas proximidades da albufeira. O sistema alimenta num total de 4487 habitantes distribuídos pelas localidades de Estação de Ourique, Aivados, Casével, Almeirim e Castro Verde, sendo esta última a mais distante da ETA e o último ponto de abastecimento. As duas primeiras etapas localizam-se na freguesia de Panoias, concelho de Ourique e a última etapa no concelho de Castro Verde.

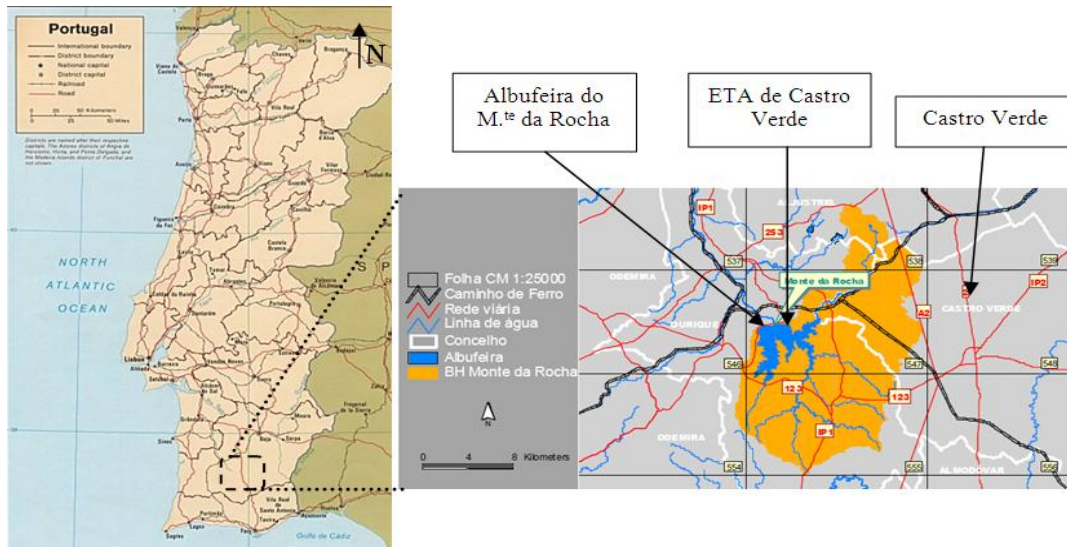


Figura 5 - Localização do Sistema de Abastecimento Público de Castro verde.

[Fonte: Web site: www.vmapas.com/Europa/Portugal/Mapa_Politico_portugal_1982.jpg/mapas-pt.html e MONTE DA ROCHA, (2004)]

3.2. Descrição do Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde

3.2.1. Sistema de Captação

O sistema de abastecimento de Castro Verde é alimentado pela albufeira do Monte da Rocha. Esta albufeira é uma das grandes barragens da bacia hidrográfica do rio Sado, construída em 1972. Esta albufeira tem como usos principais o abastecimento público e a rega. No quadro 7 apresenta-se toda a informação compilada para caracterizar o sistema de captação.

A Albufeira do Monte da Rocha encontra-se classificada pelo decreto regulamentar n.º 37/91 de 23 de Julho como albufeira de águas públicas protegida. Segundo o Decreto-Lei n.º 107/2009 de 15 de Maio, albufeiras de utilização protegida são aquelas que se destinam a abastecimento público ou se prevê que venham a ser utilizadas para esse fim e aquelas onde a conservação dos valores naturais determina a sua sujeição a um regime de protecção mais elevado.

Quadro 8 - Informação sobre o sistema captação.

Componente	BACIA HIDROGRAFICA	Referência Bibliográfica
	ALBUFEIRA DO MONTE DA ROCHA	
Geologia e hidrologia	Na área da bacia hidrográfica do rio Sado existem cinco sistemas aquíferos e oito áreas com potencial hidrológico. Características hidrológicas: a bacia hidrográfica tem uma área de 246 Km ² , com uma precipitação média anual de 599 mm, um caudal de cheia de 1500 m ³ /s e um período de retorno de 1000 anos.	Ferreira, et al. (2000) MONTE DA ROCHA (2004)
	<i>Estratigrafia</i>	<i>Litologia</i>
	Paleogénico	Rochas detríticas e carbonatadas
	Miocénico	Rochas detríticas e Carbonatadas
	Plio-Plistocénico	Areias, arenitos e cascalheira, ocasionalmente com argilas
	Plistocénico	Areias e cascalheiras
Meteorologia e Clima	O clima é considerado temperado a frio, ou seja, existe alternância de estações, isto faz com que exista situações de seca, de cheia ou de chuvas intensas.	Ferreira (1990)
Saúde da Bacia hidrográfica	Não obtive dados	-
Fauna e Flora	Não obtive dados	-
Tipo de Massa Hídrica	Água de origem superficial onde o tipo de massa é a Albufeira do Monte da Rocha.	Observação
Usos da Água	Rega e Abastecimento público de água	MONTE DA ROCHA (2004)
Usos do Solo	Na área da albufeira existem várias zonas de: <ul style="list-style-type: none"> • Agro-silvo-pastoris/florestais, Arbóreo-arbustivos e Arvenses de sequeiro. As mais representativas são as espécies arbóreas florestais, que são características das formações climáticas locais, nomeadamente a azinheira (<i>Quercus rotundifolia</i>), o sobreiro (<i>Quercus suber</i>), o carvalho (<i>Quercus faginea</i>), o zambujeiro (<i>Olea europaea var sylvestris</i>) e o medronheiro (<i>Arbustus unedo</i>). • Espaço silvopastoril que corresponde aos espaços dominantes no ordenamento do biofísico da zona de protecção do POAMR e estão vocacionados para a ocupação de «montado». • Reserva destinada à preservação e regeneração natural do coberto florestal, ao controlo de emissão de substâncias passíveis de diminuir a qualidade da água e à minimização dos processos erosivos nas faixas adjacentes ao plano de água. Nesta área não é permitido o acesso de gado á albufeira nem a sua permanência na zona. • Espaço agrícola que corresponde a áreas com características pedológicas e topográficas adequadas à actividade agrícola, incluindo as zonas com solos classificados como Reserva Agrícola Nacional. Este espaços agrícolas 	POAMR (2003)

	classificam-se em espaço agrícola de produção e espaço de uso ou aptidão agrícola.	
Actividades realizadas na bacia	Produção agrícola e Criação intensiva e extensiva de Gado	Observação directa
Actividades Futuras	<p>Na zona rural da aldeia da Chada está previsto a construção de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Um parque de campismo; ▪ Criação de um parque de merendas; ▪ Um espaço de recreio e lazer; <p>Programado a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Construção de um aldeamento de turismo rural, ▪ Um campo de golfe no qual se comprova que a sua utilização em causa não determina a contaminação da água por nutrientes e produtos fitossanitários. 	POAMR (2003)
Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Características da Albufeira: tem um nível de pleno armazenamento (NPA) de 137 m, um nível de máxima cheia de 138,45 m e um nível mínimo de exploração de 113,5 m. Estas têm uma área inundada ao NPA de 1.100 ha, com uma capacidade total de 104.500.000 m³, uma capacidade útil de 99.500.000 m³ e um volume morto de 5.000.000 m³. ▪ Características da Barragem: tem uma altura de 55 m acima da fundação e de 51 m acima do terreno natural, a cota do coroamento é de 141,4 m, o comprimento de coroamento de 2000 m e a largura do mesmo de 10 m. A fundação é composta por xistos e grauvaques e o aterro tem um volume de 1.810.000 m³ e é composta por terra zonada, constituída por material argiloso e contornado por maciços constituídos por xistos alterados. <p>A barragem possui dois descarregadores, o de cheias e o de fundo. O descarregador de cheia é do tipo poço vertical, localiza-se na margem direita, não tem qualquer tipo de controlo, descarrega um caudal máximo de 260 m³/s e tem uma cota da crista da soleira de 137 m. O descarregador de fundo é do tipo túnel escavado na rocha com uma secção de conduta de 2 x d 1200 mm, localiza-se também na margem direita, o controlo é feito a montante e a jusante por comportas vagão e descarrega um caudal máximo de 80 m³/s.</p>	MONTE DA ROCHA (2004)
Caudal e Fiabilidade da origem da água	Não obtive dados	-
Tempos de Retenção	Não obtive dados	-
Constituintes da Água	Esta água é rica em Ferro e Manganês, na primavera e verão existem “blooms” de cianobactérias e possui também microrganismos provenientes das ETAR’s e Queijaria.	Observação de análises de água bruta no site ARH-Alentejo

Protecções	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zona de protecção da barragem e dos órgãos de segurança e utilização da albufeira, corresponde a uma faixa de 150 m para montante do coroamento da barragem e visa salvaguardar os órgãos da mesma e garantir a segurança de pessoas e bens na sua proximidade. ▪ Existe uma zona de protecção às estruturas submersas e corresponde a áreas do plano de água onde foram identificadas estruturas que não foram removidas aquando do enchimento da albufeira e que, por razões de segurança, estão convenientemente identificadas. 	POAMR (2003)
Actividades recreativas e outras actividades humanas	<p>Nesta zona só é permitido embarcações de segurança ou de manutenção.</p> <p>Existe uma zona de navegação recreativa destina-se à navegação a remo (canoas e outras embarcações), a pedais (gaiotas), à vela e com motor eléctrico.</p>	POAMR (2003)
Captação e Transporte de água	<p>A captação da água é feita por uma jangada, a uma profundidade de 3,5 metros na albufeira, e utiliza-se devido à possibilidade de movimentação para captar.</p> <p>Depois de ser captada, a água é conduzida para a ETA por uma conduta em aço com DN 250 vinda da captação</p>	Documentos cedidos pela Câmara Municipal

➤ Qualidade da água bruta

Através das análises à água bruta da albufeira do Monte da Rocha publicadas pela ARH-Alentejo, realizou-se um estudo aos últimos quatro anos (Janeiro de 2005 a Dezembro de 2009) para avaliar as características da água bruta. Foram considerados os parâmetros de maior importância, apresentados na tabela 1, e calculando a média e o desvio padrão num universo de sessenta amostras de modo a ter uma percepção da gama dos seus valores.

Tabela 1 – Parâmetros de água bruta

	Oxidabilidade	Temperatura	Cor	pH	Dureza total	Condutividade	Nitratos	Fluoretos	Ferro	Manganês	Sulfatos	Cloretos	Oxigénio dissolvido
	mg/l O ₂	°C	mg/l PtCo	Escala de Sorensen	mg/l CaCO ₃	µS/cm a 20°C	mg/l NO ₃	mg/l F	µg/l Fe	µg/l Mn	mg/l SO ₄	mg/l Cl	% de Saturação
Média	5,71	20,72	6,54	8,05	99,19	338,06	2,21	0,2	174	38,16	25,68	61,53	77,4
Desvio padrão	1,6	5,27	3,65	0,44	12,76	11,22	1,29	0,1	154,94	28,45	2,72	20,02	15,83

Esta água bruta apresenta valores médios de oxidabilidade 5,71 mg/l O₂, uma temperatura de 20,72 °C, uma cor de 6,54, um pH de 8,05, uma dureza total de 99,19 mg/l CaCO₃, uma condutividade de 338,06 µS/cm a 20°C, os nitratos apresentam um valor de 2,21 mg/l NO₃, os fluoretos 0,2 mg/l F, o ferro 174 µg/Fe, o manganês 38,16 µg/l Mn, os sulfatos 25,68 mg/l de SO₄, os cloretos 61,53 mg/l de Cl e o oxigénio

dissolvido 77,4 % de saturação. Segundo o decreto-lei 306/2007, em média, todos os parâmetros estão dentro dos valores paramétricos à exceção da oxidabilidade, ferro e manganês.

Para o parâmetro coliformes totais o valor na água foi inferior a 1 N°/100 ml para os quatro anos de análise. Para as coliformes fecais o máximo de concentrações para 2005 foi de 2800 N°/100 ml, para 2006 foi de 900 N°/100 ml, para 2007 foi de 390 N°/100 ml, para 2008 foi de 520 N°/100 ml e em 2009 foi de 164 N°/100 ml. Para os estreptococos fecais existe concentrações máximas para 2005 de 200 N°/100 ml, para 2006 de 420 N°/100 ml, para 2007 de 260 N°/100 ml, para 2008 foi de 160 N°/100 ml e para 2009 uma concentração de 4000 N°/100 ml.

Além do ferro e manganês estarem presentes na água bruta existe o problema dos “blooms” de cianobactérias, presentes em alguns meses do ano nesta albufeira. As cianobactérias aparecem quando as águas contem elevadas concentrações de nutrientes provenientes das ETAR’s presentes na área da albufeira, a elevada temperatura e grande luminosidade. Estes “blooms” ocorrem entre os meses de Maio e Outubro, e detectam-se através da observação da água superficial, uma vez que este “bloom” dá uma cor esverdeada à água. Na albufeira do Monte da Rocha são recolhidas amostras de água à superfície da captação e depois do tratamento na ETA de Castro Verde para monitorização de cianobactérias.

Ao analisar as análises de fitoplâncton, facultadas pela entidade gestora do sistema, no ano de 2005, foram monitorizadas cianobactérias entre o mês de Maio e Outubro, onde em Maio e Junho não se verificou presença de cianobactérias, nos meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro verificou-se a presença de densidades elevadas de cianobactérias potenciais produtoras de toxinas tais como a espécie *Oscillatoria*, *Microcystis* e *Aphanizomenon*. A quantificação de fitotoxicidade foi para este ano inferior a 0,55 µg/l de microcistinas. Não se obtiveram dados para a eficácia de retenção de fitoplâncton na ETA.

No ano de 2006, a monitorização das cianobactérias foi realizada entre o mês de Junho e Novembro, verificou-se a presença de várias espécies dos grupos Bacilariófitas, Cianófitas, Clorófitas, Criptófitas, Euglenófitas, Pirrófitas e Prasinófitas. O quadro 8 mostra os valores de fitoplâncton e de microcistinas totais na água bruta e tratada, assim como a eficiência de retenção de fitoplâncton na ETA para cada mês do ano de 2006.

Quadro 9- Quantificação de fitoplancton para o ano 2006

2006	Água Bruta de superfície (nºcélulas/ml)	Água de abastecimento (nºcélulas/ml)	Eficácia de Retenção de fitoplancton (%)	Microcistinas totais água bruta (µg/L)	Microcistinas totais água tratada (µg/L)
Junho	20589	1	100	> 2,5	0,11
Julho	8590	1	100	0,1	0,08
Agosto	Não obtive dados			0,12	0,08
Setembro	11555	6	99,9	Não Obtive dados	
Outubro	Não obtive dados			0,2	0,13
Novembro	15181	6	100	Não obtive dados	

No ano de 2007, a monitorização das cianobactérias foi realizada entre o mês de Junho e Agosto, verificou-se a presença de várias espécies dos grupos Bacilariófitas, Cianófitas, Clorófitas, Criptófitas e Euglenófitas. O quadro 9 mostra os valores de fitoplancton e de microcistinas totais na água bruta e tratada, assim como a eficiência de retenção de fitoplancton na ETA para cada mês do ano de 2007.

Quadro 10 - Quantificação de fitoplancton para o ano 2007.

2007	Água Bruta de superfície (nºcélulas/ml)	Água de abastecimento (nº células/ml)	Eficácia de Retenção de fitoplancton (%)	Microcistinas totais água bruta (µg/L)	Microcistinas totais água tratada (µg/L)
Junho	110540	1	100	> 2,5	0,08
Julho	166372	4	100	> 2,5	0,12
Agosto	65276	107	99,8	0,13	0,11

Para o ano 2008 não obtive resultados. No ano de 2009, a monitorização das cianobactérias foi realizada entre o mês de Junho e Outubro, verificou-se a presença de várias espécies dos grupos Bacilariófitas, Cianobactérias, Clorófitas e Criptófitas. O quadro 10 mostra os valores de fitoplâncton e de microcistinas totais na água bruta e tratada, assim como a eficiência de retenção de fitoplancton na ETA para cada mês do ano de 2009.

Quadro 11 - Quantificação de fitoplancton para o ano 2009.

2009	Água Bruta de superfície (nº células/ml)	Água de abastecimento (nº de células/ml)	Eficácia de Retenção de fitoplancton (%)	Microcistinas totais água bruta (µg/L)	Microcistinas totais água tratada (µg/L)
Junho	2370	6	99,7	0,04	0,03
Julho	6057	1	100	0,09	0,09
Agosto	35508	115	99,7	0,13	0,07
Setembro	39327	251	99,4	0,14	0,07
Outubro	19063	3	100	0,1	0,06

Segundo o decreto-lei nº 306/2007 os valores de microcistinas totais na água tratada estão sempre abaixo do valor paramétrico, ao longo dos quatro anos de análise.

➤ **Fontes de contaminação na Albufeira do Monte da Rocha**

No geral, a qualidade da água é influenciada por factores naturais e antropogénicos.

Os factores naturais que mais influenciam a área da albufeira do Monte da Rocha é o clima, devido à temperatura, a humidade, a chuva, nebulosidade, pressão atmosférica, ventos, uma vez que o clima é considerado temperado a frio existe situações de seca, de cheia ou de chuvas intensas. A contaminação proveniente destas situações poderá ser a turvação e matéria orgânica na água da albufeira.

No caso dos factores antropogénicos de forma pontual existe na área da bacia uma potencial contaminação da albufeira, como as ETAR's que desaguam para as linhas de água que vão para a albufeira e uma actividade industrial, a queijaria da Chada. As ETAR's existentes na área da albufeira são eles, a ETAR de Casével, a ETAR de Aivados, a ETAR de Estação de Ourique e a ETAR de Ourique. As ETAR's têm como ponto de descarga a ribeira de Aivados, que desagua na albufeira sendo a descarga da ETAR de Ourique feita na ribeira da Ourique. A ETAR de Ourique é a maior fonte de contaminação, uma vez que as outras são de pequena dimensão a sua contaminação é insignificante. A potencial contaminação proveniente destas ETAR's e da actividade industrial poderá provocar o aparecimento de microrganismos, substâncias perigosas e matéria orgânica. Para além das ETAR's existe outra fonte de poluição, de forma difusa, a criação intensiva e extensiva de gado bovino, suíno, caprino, entre outros na área da albufeira. A potencial contaminação proveniente deste tipo de actividade é a matéria orgânica e os microrganismos patogénicos na água da albufeira. A figura 6 mostra um esquema onde se localizam as ETAR's.

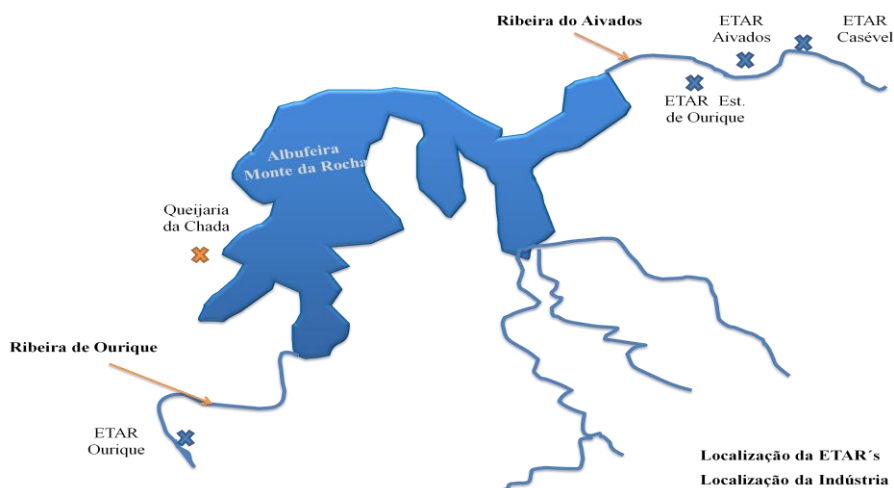


Figura 6 - Esquema da localização das ETAR's e indústria na albufeira do Monte da Rocha

➤ Captação e Transporte

A captação da água é feita por uma jangada (figura 7) a uma profundidade de 3,5 metros, esta jangada é móvel para permitir a captação da água bruta, tanto espacialmente como em profundidade. O arranque e paragem do grupo de bombas que está seleccionado para o



Figura 7 – Jangada de Captação de água.

funcionamento na captação é automático em função dos níveis de água no reservatório (R1) de água tratada. Este arranque e paragem pode também ser feito manualmente no local ou a partir de um quadro eléctrico na estação elevatória (EE1) junto à ETA.

A conduta vinda da captação, que conduz a água bruta até à ETA de Castro Verde é constituída por um tubo de aço com Diâmetro Nominal (DN) 250. Este material tem a vantagem de ser mais leve, pelo que são fornecidos em troços mais compridos, o que diminui o número de juntas e facilita as operações de montagem (Amaro & Pereira, 1991). O aço é um material facilmente atacado pela corrosão, quer de ordem química, quer de ordem electroquímica, pelo que tem que ser convenientemente revestido interior e exteriormente (Amaro & Pereira, 1991). Para condutas não enterradas a protecção do material deve ser feita com pintura ou galvanização (Amaro & Pereira, 1991). No caso da conduta em questão o revestimento é feito com pintura. Este troço tem as curvas necessárias, uma válvula de borboleta para isolamento e um contador de caudal tipo woltman com cabeça transmissora.

3.2.2. Sistema de Tratamento

A água depois de ser captada é aduzida para a ETA de Castro Verde que se situa nas proximidades da albufeira. A ETA trabalha entre 10h e 16h por dia e tem capacidade de tratamento de 200m³/h, mas actualmente capta e trata entre 110 e 160 m³/h.

No quadro 12 encontra-se a informação necessária para caracterizar o sistema de tratamento.

Quadro 12 - Informação para caracterizar o sistema de tratamento.

Componente	ESQUEMA DE TRATAMENTO
Operações de Tratamento	Remineralização, cloragem, arejamento/coagulação/floculação, decantação, filtração e desinfecção final realizada já nos reservatórios de entrega. Não existem presentemente operações e processos opcionais.
Características dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arejador: do tipo cascata, com duas plataformas circulares sobrepostas. A bacia de recepção da cascata provoca a coagulação e a repartição de caudais para os dois decantadores. ▪ Decantador: do tipo estático de fluxo vertical, com 12 m de diâmetro e com regime de funcionamento em paralelo, possui uma saia tranquilizadora central com diâmetro de 1,5 m e um descarregador periférico. ▪ Filtro: do tipo rápido metálico, cilindro fechado, sob pressão e vertical. Com 3 m de diâmetro e equipados com fundo falso e “buselures” para lavagem hidropneumático. O material do meio filtrante usado é areia siliciosa de várias granulometrias.
Equipamentos de monitorização e automação	Não existem equipamentos de monitorização e automação nas operações de tratamento.
Produtos químicos utilizados	CO ₂ , Hipoclorito de sódio, Cal hidratada, Polihidroxiclreto de Alumínio e Polieletrólito
Características dos equipamentos de armazenagem, preparação e doseamento de produtos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cloragem: três doseadores de hipoclorito de sódio com funcionamento sob vácuo. ▪ Cal hidratada: tanque de apagamento, em tanque de crivagem e dois tanques de solução de leite de cal providos de descargas de fundo. Tanque de armazenagem com descarga de superfície. ▪ Coagulante e Floculante: dois tanques providos de descargas de fundo e superfície.
Equipamentos de monitorização e automação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doseamento do CO₂ e Hipoclorito de sódio é feito automaticamente. ▪ Nos tanques de preparação da cal hidratada, coagulante e floculante existe uma sonda de detecção de falta de solução.
Eficiência do tratamento	Acima de 98%
Eliminação de Agentes patogénicos através da desinfecção	Não obtive dados

**Residual de
desinfectante/temp
o de contacto**

Não obtive dados

3.2.2.1. Operações e processos de tratamento na ETA de Castro Verde

A ETA de Castro Verde adopta um tratamento convencional como mostra a figura 8.

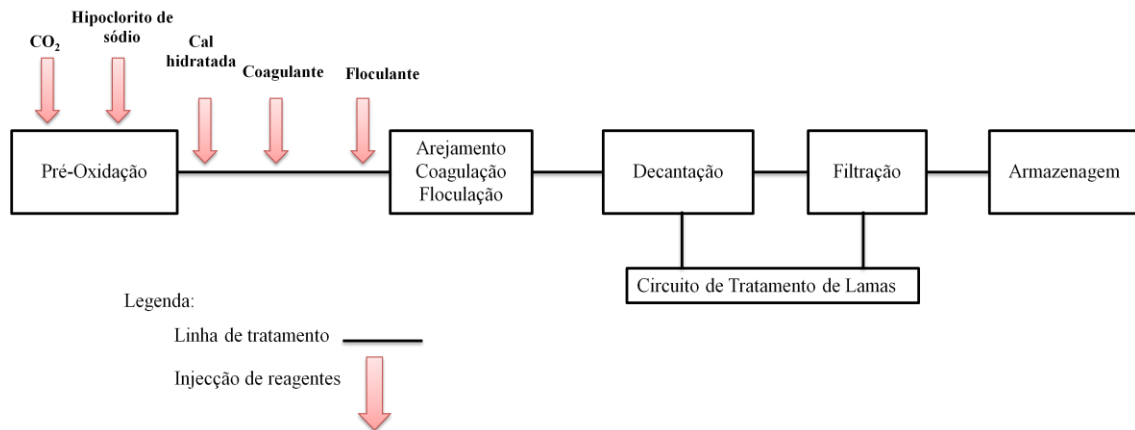


Figura 8 - Operações existentes no sistema de tratamento da ETA de Castro Verde.

Os processos de tratamento variam consoante a origem e a qualidade da água, sendo que a água superficial normalmente requer mais processos de tratamento que uma água subterrânea (Simas, et al., 2005). Assim as águas superficiais caracterizam-se por apresentarem variações qualitativas, consoante a época do ano.

➤ Pré-Oxidação

No processo de pré-oxidação é adicionado CO_2 para estabilizar o pH da água para 7 e uma vez que a alcalinidade da água bruta é baixa serve também para aumentá-la, de modo a ter iões negativos para a coagulação ser mais eficiente. Este é injectado na conduta, vinda da captação, o mais distante possível a montante do arejamento.

Na etapa de pré-oxidação a cloração é realizada quando é adicionado o hipoclorito directamente na água pouco tempo depois da sua captação, já na entrada da ETA. Este tem poder desinfectante e oxidante, aumenta a eficiência dos processos de coagulação e floculação, reduz cheiros nos tanques de sedimentação e evita o crescimento de algas e outros microrganismos nos filtros, assim como oxida ferro e manganês. Contudo, quando estão na presença de elevadas concentrações de matéria orgânica, este desinfectante reage com elas podendo formar compostos cancerígenos, ou seja, os trihalometanos (subprodutos da desinfecção).

O CO₂ e o hipoclorito de sódio já vem preparados.

- Segundo PRAXAIR o CO₂ é um líquido incolor e sem cheiro, é um produto que é mais pesado que o ar podendo acumular-se em espaços confinados, é estável nas condições normais de utilização. A sua temperatura e pressão crítica é aos 31°C e aos 5,18 bar, respectivamente. Para dosear o CO₂ na conduta da captação existe uma válvula de isolamento em PVC.
- O hipoclorito de sódio é produzido a partir da dissolução do cloro gasoso numa solução de hidróxido de sódio e segundo a QUIMITÉCNICA.COM (2008b) este é um líquido com uma coloração amarela e corrosivo para os equipamentos. Tem na sua composição cerca de 12 a 15% de cloro activo, perdendo diariamente cerca de 0,3% da sua concentração (Alves, 2007) e com o tempo perde a sua eficácia. Como regra é conservado a baixa temperatura e usado dentro de 4 meses (Brito, et al., 2010).

Na estação elevatória (EE1) associada à cisterna de água tratada existe um compartimento para o doseamento de hipoclorito de sódio na cloragem. O equipamento de cloragem é constituído por três doseadores, onde um é destinado à pré-cloragem, o outro á desinfecção final (quando realizada) e o outro como reserva mecânica dos outros dois. Estes doseadores funcionam através do abastecimento de água motriz a partir do sistema hidropneumático da central havendo uma electroválvula por cada doseador. A dosagem de hipoclorito de sódio na pré-cloragem é reajustada consoante as análises realizadas diariamente, de forma a manter um teor de cloro residual no decantador entre 1,0 e 1,5 mg/l Cl₂. As tubagens de condução da água superclorada ao ponto de injeção são em PVC com diâmetro ¾". À saída dos doseadores existe um conjunto de válvulas em PVC que permite a utilização de qualquer doseador para qualquer injeção.

➤ **Arejamento/Coagulação/Floculação**

Depois de entrar na ETA a água segue para a primeira operação, o arejamento. O arejamento tem como objectivo remover gases dissolvidos em excesso (nomeadamente o dióxido de carbono (CO₂)) e substâncias voláteis, ou oxigenar a água para que ocorra a oxidação de compostos de ferro e manganês e para aumentar o teor de oxigénio dissolvido (Santana *et al.*, 1998). O arejamento pode ser realizado através da introdução

de ar comprimido, ou aproveitando o contacto com o ar atmosférico em pequenas cascatas por oxigenação natural.

Na ETA de Castro Verde o arejamento é realizado em cascata (figura 9) colocada a uma cota conveniente entre os decantadores. A bacia de recepção da cascata serve de repartida de caudais para os dois decantadores existentes.



Figura 9 -Arejamento efectuado na ETA de Castro Verde

Neste local ocorre também a coagulação e floculação. Este processo é assegurado através de uma operação unitária denominada mistura e a qual ocorre em duas etapas. A primeira designa-se por coagulação e consiste na adição de um coagulante à água na presença de uma mistura rápida e durante um curto intervalo de tempo de forma a promover a dispersão dos produtos químicos (Hammer, 2003; Alves, 2007). As duas principais funções do coagulante é a destabilização das partículas coloidais em suspensão, neutralizando a sua carga e promovendo a sua aglomeração para que se tornem maiores e possam sedimentar rapidamente num decantador ou serem capturadas num processo de filtração e assim serem removidas (Filho, 1987; Netto & Richer, 1991; Alves, 2007; Brito, et al., 2010). A segunda designa-se por floculação e consiste em promover o contacto, através de uma agitação lenta, das partículas destabilizadas, promovendo a sua colisão e favorecendo a sua agregação em flocos de maiores dimensões, sendo sedimentáveis graviticamente (Metcalf & Eddy, 2003; Simas, et al., 2005; Alves, 2007).

No caso da ETA em estudo, a mistura rápida é provocada na própria conduta até ao arejamento e a coagulação é promovida na bacia de recepção da cascata. Entre a bacia de recepção da cascata e o centro de cada decantador existe um tubo de aço DN 200 dotado de uma válvula de borboleta de isolamento. Este tipo de válvulas são utilizadas com a finalidade de interromper ou estabelecer o escoamento numa conduta e devem portanto, funcionar totalmente abertas ou fechadas, tendo um vasto campo de aplicação e podendo, ser colocadas a montante e a jusante de grupos elevatórios, em condutas adutoras, em redes de abastecimentos, em ramais, à entrada ou saída de reservatórios e nas descargas de fundo (Ribeiro, et al., 1991).

Na conduta, a montante do arejamento, existe o ponto de injeção da cal hidratada, carvão activado, polihidroxiclreto de alumínio e o polielectrólito, como mostra a figura 10.



Figura 10 – Ponto de injeção dos reagentes na ETA de Castro Verde

- A cal encontra-se disponível na forma de cal viva (CaO) e cal apagada [Ca(OH)_2], sendo esta última a utilizada na ETA. A cal apagada resulta da mistura de cal viva com água, ocorrendo libertação de calor em quantidade apreciável, a suspensão obtida tem tendência a produzir depósitos de sólidos nas mudanças de direcção especialmente através do sistema de transporte (Alves, 2007). Segundo QUIMITÉCNICA.Com (2009a) é irritante para a pele e as vias respiratórias, em contacto com os olhos pode causar queimaduras e se for ingerido é nocivo. Na ETA tem como principal função de estabilizar novamente o pH, ou seja, para correcção da alcalinidade.

A cal hidratada é preparada num tanque de armazenagem que está equipado com um electroagitador de baixa rotação (103 rpm) para a homogeneização do leite de cal. Ao tanque está ligada uma bomba doseadora injectora de pistão de regulação manual em marcha. A tubagem de aspiração e compressão das bombas é em PVC com diâmetros de $\frac{3}{4}$ '' e com válvula de isolamento. A preparação da cal hidratada é de 5 kg por 1000 l de solução com uma regulação de Bomba doseadora de 100% (débito da bomba a 45%: 54L/h) o que faz com que seja aplicada uma dose de $2,8 \text{ g/m}^3$.

- O Carvão Activado (CA) existe em duas formas, na forma granular ou em pó, sendo o último utilizado na ETA. O Carvão Activado em Pó (CAP) é utilizado sobretudo em bacias de contacto, onde é mantido em suspensão e depois é retirado por processos convencionais de remoção de sólidos (Alves, 2007), como a decantação.

Segundo QUIMITÉCNICA.COM (2008a) este CAP é um produto que quando inalado por períodos prolongados pode causar ligeiras irritações e dificuldades respiratórias, pode causar ligeiras irritações nos olhos e na pele e no tracto intestinal.

Na ETA o carvão é empregado de modo a eliminar matéria orgânica principalmente, cheiros e sabores e para favorecer a coagulação, uma vez que os seus grãos servem na formação de flocos. Contudo, o CAP é adicionado pouco antes do coagulante à base de alumínio de modo a favorecer a formação de flocos. Na preparação do carvão activado é necessário 5 kg por 1000 l de solução, assim a bomba está regulada para 100% (débito da bomba a 45%: 54L/h), com uma dosagem de 2,8 g/m³.

- Na ETA o coagulante utilizado é um Polihidroxicloreto de Alumínio (PAX 18) (Al_n(OH)_mCl_(3n-m-2x)). Este é de natureza inorgânica. Segundo QUIMITÉCNICA.COM (2009b) este coagulante apresenta um excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica e actua num amplo intervalo de pH (5-10). É uma solução amarela límpida, completamente solúvel em água (a 20°C) e insolúvel em solventes orgânicos. Pode provocar queimaduras em contacto com a pele e olhos e se ingerido pode provocar indisposição e vômitos. A inalação de nevoeiros pode causar irritação do tracto respiratório.

Na ETA este coagulante é usado para formar um precipitado em todo o volume líquido, cujas partículas se reúnem e formam flocos, estes flocos englobam matéria orgânica, bactérias, entre outros.

- È adicionado um polielectrólito aniónico em pó (Superfloc - Poliacrilamidas iónicas e não iónicas em pó N-100, A-100, A-110, A-120, A-130, A-150, produtos PWG incluídos), segundo a QUIMITÉCNICA.COM (2008c) as séries N/A-100 PWG da gama Superfloc são polielectrólitos com diferentes pesos moleculares e cargas que funcionam eficientemente como coadjuvantes de coagulação e floculantes em processos de separação líquido-sólido numa grande variedade de indústrias. O produto é recomendado para os seguintes processos de separação líquido-sólido: Sedimentação por gravidade; Coadjuvante de coagulação; Clarificação da água; e Filtração.

Na ETA, este polielectrólito é utilizado como coadjuvante da coagulação, ou seja, ajuda na sedimentação aumentando a formação de flocos para obter uma percentagem de sedimentação mais elevada, podendo assim a qualidade da água ser melhor reduzindo os sólidos em suspensão e a turvação e assim aumentar a qualidade e caudal da água filtrada.

Para preparar o polihidroxiclóreto de alumínio e o polieletrólito existe dois tanques onde cada tanque está equipado com um electroagitador de baixa rotação (103 rpm) para homogeneizar as soluções. Cada tanque tem ligada uma bomba doseadora injectora de pistão de regulação manual em marcha. A tubagem de aspiração e compressão das bombas é em PVC com diâmetros de 3/4" e com válvula de isolamento.

A preparação do coagulante é de 48 kg por 1000 l de solução com uma regulação de bomba doseadora de 100% (débito da bomba a 100%: 100L/h) o que faz com que seja aplicada uma dosagem de 43,6 g/m³. A preparação do polieletrólito é de 0,7 kg por 1000 l de solução, a regulação da bomba doseadora é de 100% (débito da bomba a 100%: 100L/h) o que implica uma dosagem de 0,68 g/m³.

➤ Decantação

A decantação é uma operação de remoção de partículas em suspensão cuja densidade é superior à da água (Alves, 2007), promovendo assim a sedimentação dos flocos formados nas etapas anteriores (Montgomery, 1985). Baseia-se na diminuição da velocidade da água de forma a permitir que a matéria sedimentável se deposite por acção gravítica nos decantadores (Santana *et al.*, 1998). Podem ser removidas areias, matéria particulada e flocos resultantes do processo anterior.

Na ETA a decantação (figura 11) é efectuada em dois decantadores que tem funcionamento em paralelo. Cada decantador está equipado com uma saia tranquilizadora em aço e um descarregador periférico em chapa de PVC de 5 mm de espessura fixada no betão por pernos expansíveis tratados contra a corrosão, sendo regulável a altura do descarregador. O acesso ao centro dos decantadores é feito através de uma passagem aérea e uma escada em aço. As lamas que resultam da



Figura 11- Decantação realizada na ETA de Castro Verde

decantação são separadas manualmente, pelo que existe em cada decantador uma tubagem em aço DN 150 e uma válvula borboleta. A velocidade ascensional em cada decantador, para o caudal total 200 m³/h é de 0,898 m/h, podendo variar dependo do caudal a ser utilizado. O tempo de retenção nos decantadores para o caudal de 200 m³/h

é de 9,34 horas. A água depois de decantada é recolhida por uma caleira periférica e passa à etapa de Filtração.

➤ Filtração

A filtração é uma operação que tem como objectivo a remoção de partículas em suspensão na água por passagem desta através de um meio poroso (Alves, 2007), onde as partículas em suspensão com diâmetros superiores ao do meio filtrante ficam retidas e a força motriz é a pressão (AWWA, 1999). Esta etapa permite ainda remover matéria coloidal, lodos, larvas de insectos, algas, microrganismos e precipitados de ferro e manganês (Brito, et al., 2010).

Na ETA a água depois de decantada passa a uma filtração rápida, ou seja, a água é distribuída por quatro filtros rápidos (figura 12). Estes filtros têm entradas e saídas flangeadas DN 200, a entrada de ar de lavagem flangeada DN125, a descarga de fundo e a purga DN50 equipadas com válvulas de seccionamento. A ligação dos dois decantadores aos quatro filtros é efectuada em tubo de aço DN 200, onde cada filtro possui uma válvula motorizada.



Figura 12- Filtro rápidos na ETA de Castro Verde

Segundo Simas, et al., (2005), ao longo de cada ciclo de filtração, a resistência que o leito filtrante oferece com a passagem da água aumenta com a colmatagem, diminuindo assim a velocidade de filtração. Para se garantir as boas condições de operação e de qualidade de água tratada, deve haver controlo das velocidades do nível de água sobre o leito filtrante e da água filtrada à saída do filtro.

Na ETA a lavagem dos filtros, é realizada com ar comprimido e água em fluxo inverso, num filtro de cada vez. A água de lavagem é bombada desde a cisterna de água tratada por meio de um grupo electrobomba e o ar de lavagem é fornecido através de um electrocompressor soprador. Esta lavagem é realizada manualmente, e é determinada pela leitura das pressões acima e abaixo do leito filtrante através de manómetros.

3.2.3 Sistema de Distribuição e Reservatórios de Serviço

O sistema de distribuição é constituído por várias condutas, gravíticas e por bombagem, por sete reservatórios de água tratada e por três estações elevatórias e tem uma extensão de cerca de 24,68 km. Para se tornar mais fácil a compreensão de todo o sistema de

distribuição e dos reservatórios de serviço foram subdivididos em quatro troços de distribuição, como mostra a figura 13.

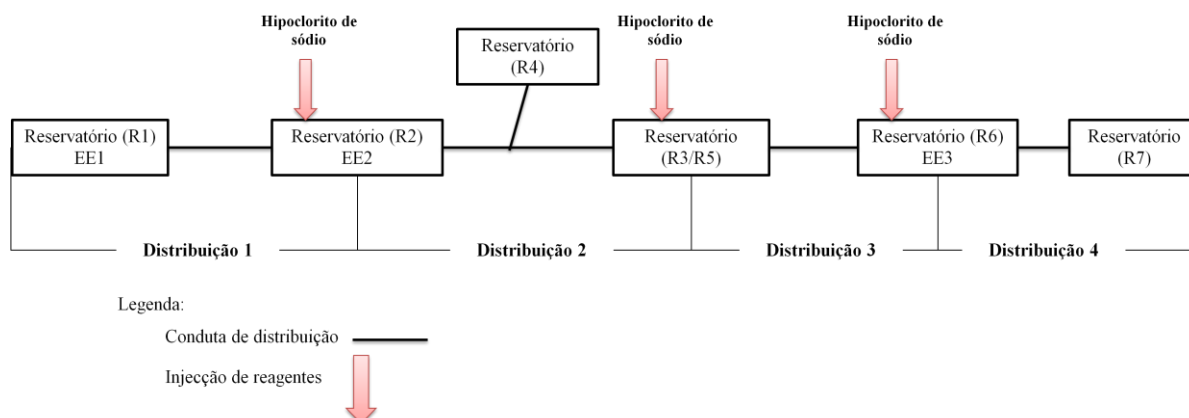


Figura 13 - Quatro troços de distribuição.

Distribuição 1: Cisterna de água tratada (R1) – Reservatório de Cerro Ruivo (R2);

Distribuição 2: Reservatório de Cerro Ruivo (R2) - Reservatório de Almeirim (R3/R5);

Distribuição 3: Reservatório de Almeirim (R3/R5) – Reservatórios apoiados de Castro Verde (R6) e;

Distribuição 4: Reservatórios apoiados de Castro Verde (R6) – Reservatório elevado de Castro Verde (R7).

➤ **Distribuição 1 (R1 – R2)**

A cisterna de água tratada (R1) tem associada uma estação elevatória (EE1), que tem instalado um sistema de ferragem automática dos grupos elevatórios para o reservatório de Cerro Ruivo (R2) equipado com electrobomba autoferrante. Na estação elevatória (EE1) existe um quadro eléctrico que reúne o comando e protecção de todos os equipamentos existentes no edifício de EE1 tais como a iluminação, o sistema hidropneumático, a electrobomba e electrocompressor da lavagem dos filtros, válvulas motorizadas dos filtros, clorímetros, o sistema de ferragem automática e a elevação do reservatório R1 para R2. O comando do equipamento da EE1, em relação à ferragem automática, o sinal de arranque faz o sistema automático de ferragem arrancar e por consequência faz arrancar a bomba de elevação. No quadro eléctrico desta estação está ainda sinalizado os níveis da cisterna, da bacia de recepção da cascata de arejamento e da situação da captação.

O volume de água no reservatório R1 é de 115 m³. Relativamente á conduta que liga o reservatório R1 ao R2 é do tipo elevatória, esta tubagem é feita em fibrocimento com um diâmetro de 250 mm de classes 12 e 18, em algumas zonas é feita em aço com uma protecção anti-corrosiva interior e exterior com diâmetro extensível de 237 x 6,6 mm e ainda noutras em PVC rígido, com um total de 5,11 km. Tem ainda em toda a sua extensão nove descargas e oito ventosas. Na figura 14 apresenta-se o esquema de distribuição 1.

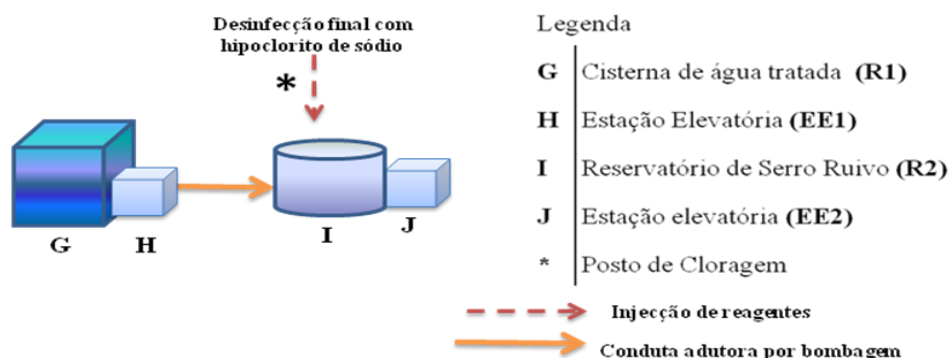


Figura 14- Esquema de distribuição 1.

➤ **Distribuição 2 (R2 – R3/R5)**

Da EE1, anexa a ETA, é aduzido ao reservatório R2 os caudais ao sector de Estação de Ourique, Aivados e Castro Verde. No reservatório de Cerro Ruivo (R2) está também uma estação elevatória (EE2) a ele associado e desta parte a conduta elevatória do sector de Castro Verde, aduzindo o caudal deste sector ao reservatório de Almeirim (R3/R5), e a conduta gravítica para o abastecimento da Estação de Ourique e dos Aivados.

O reservatório (R2) possui um volume de 200 m³ onde os caudais aduzidos para R2 – R3/R5 de 24, 90 l/s e para a Estação de Ourique e Aivados é de 1,81 l/s.

Relativamente às tubagens e acessórios que liga o reservatório R2 ao reservatório R3/R5, a tubagem é em fibrocimento de várias classes com diâmetro de 200 mm, em algumas zonas é feita em aço com uma protecção anti-corrosiva interior e exterior com diâmetro extensível de 219 x 5,9 mm e noutras em PVC rígido, arredondando a um total de 13,91 km de comprimento. Esta conduta tem em toda a sua extensão oito descargas e onze ventosas.

O troço que vem de R2 toma para o reservatório de Casével (R4), reservatório enterrado, um caudal de 24,85 l/s. O troço tem um diâmetro de 250 mm e um comprimento de 5,3 km. O reservatório R2 tem um volume de 100 m³ e é semi-enterrado.

Na figura 15 apresenta-se o esquema de distribuição 2.

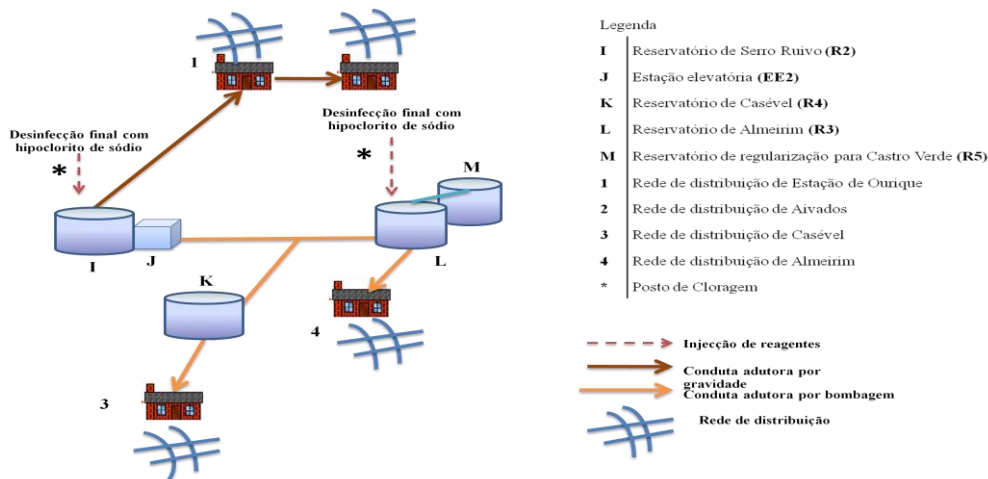


Figura 15 - Esquema de distribuição 2.

➤ Distribuição 3 (R5 – R6)

O reservatório R5 de Almeirim além de regularizar a rede de distribuição de Almeirim, este também regulariza a distribuição gravítica ao reservatório apoiado de Castro Verde (R6). O R3/R5 apresenta duas células com um volume de 150m³ cada uma, com características de 265,3 m de cota de soleira das cubas e de 268,8 m de cota de nível máximo da água. Quanto à tubagem de admissão de água esta é equipada com uma válvula munida de flutuador. O contador instalado na conduta do reservatório R3/R5 para o R6 é de 53 m³/h e o instalado na conduta de distribuição para Almeirim é de 5m³/h.

Em relação aos reservatórios apoiados de Castro Verde (R6), servem para regularizar os consumos da rede de Castro Verde, são duas células de 300m³ cada uma com característica de cota das soleiras das cubas de 248,50 m e de cota ao nível máximo da água de 251,5m. Junto a estas células existe uma estação elevatória (EE3), na qual está alojado o grupo de elevação para o reservatório R7.

A conduta do reservatório R5 para o R6 é uma conduta gravítica com um caudal de distribuição de 976,09 m³/d. O comprimento da conduta é de aproximadamente 7 km e é feita de fibrocimento com diâmetro de 200 mm.

Na figura 16 apresenta-se o esquema de distribuição 3.

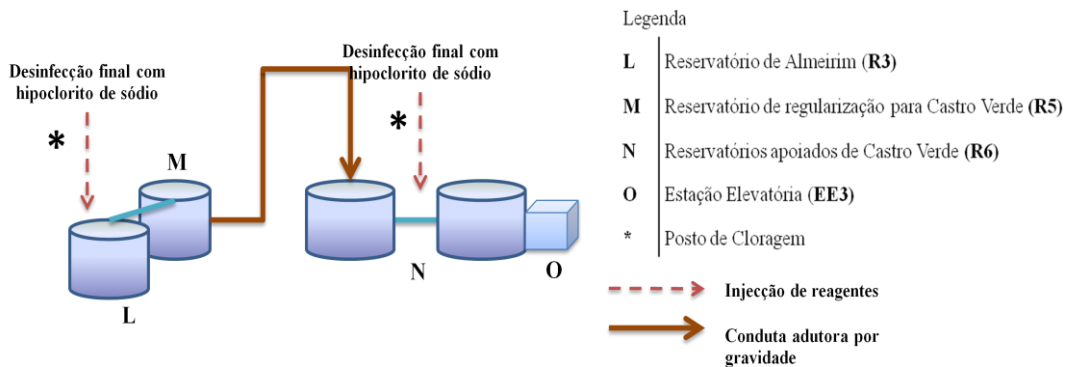


Figura 16 - Esquema de distribuição 3.

➤ Distribuição 4 (R6 – R7)

O reservatório R7 existente junto ao reservatório R6 tem como função específica de torre de carga para a rede de Castro Verde com uma capacidade de 225m³. Em relação as características deste reservatório têm uma cota de soleira de cuba de 265,5 m e a cota ao nível máximo da água de 269,55 m.

A conduta entre estes dois reservatórios é uma conduta elevatória que transporta o caudal máximo de 13,35 l/s ao consumo da rede de Castro Verde.

Na figura 17 apresenta-se o esquema de distribuição 4.

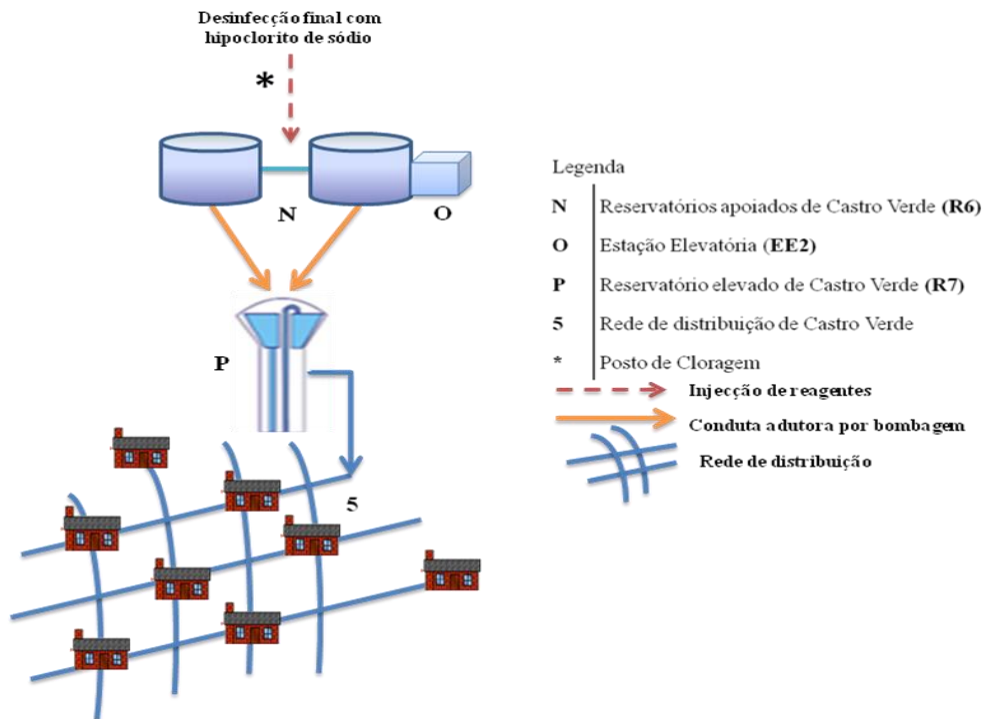


Figura 17 - Esquema de distribuição 4.

É feita uma desinfecção final com hipoclorito de sódio nos reservatórios R2, R3 e R6, este doseamento é reajustado diariamente de forma a manter um teor de cloro residual na rede de distribuição entre 0,2 e 0,4 mg/l Cl₂.

3.3 Diagrama de Fluxo do Sistema de Abastecimento de Castro Verde

O diagrama de fluxo faculta a examinação e apreciação do sistema de abastecimento de água, uma vez que fornece uma visão clara de todas as etapas. Este diagrama foi validado, pela engenheira responsável do sistema, através de visitas para confirmação do diagrama tendo-se verificado a sua conformidade nas etapas consideradas não se propondo alterações. O diagrama de fluxo apresenta-se na figura 18.

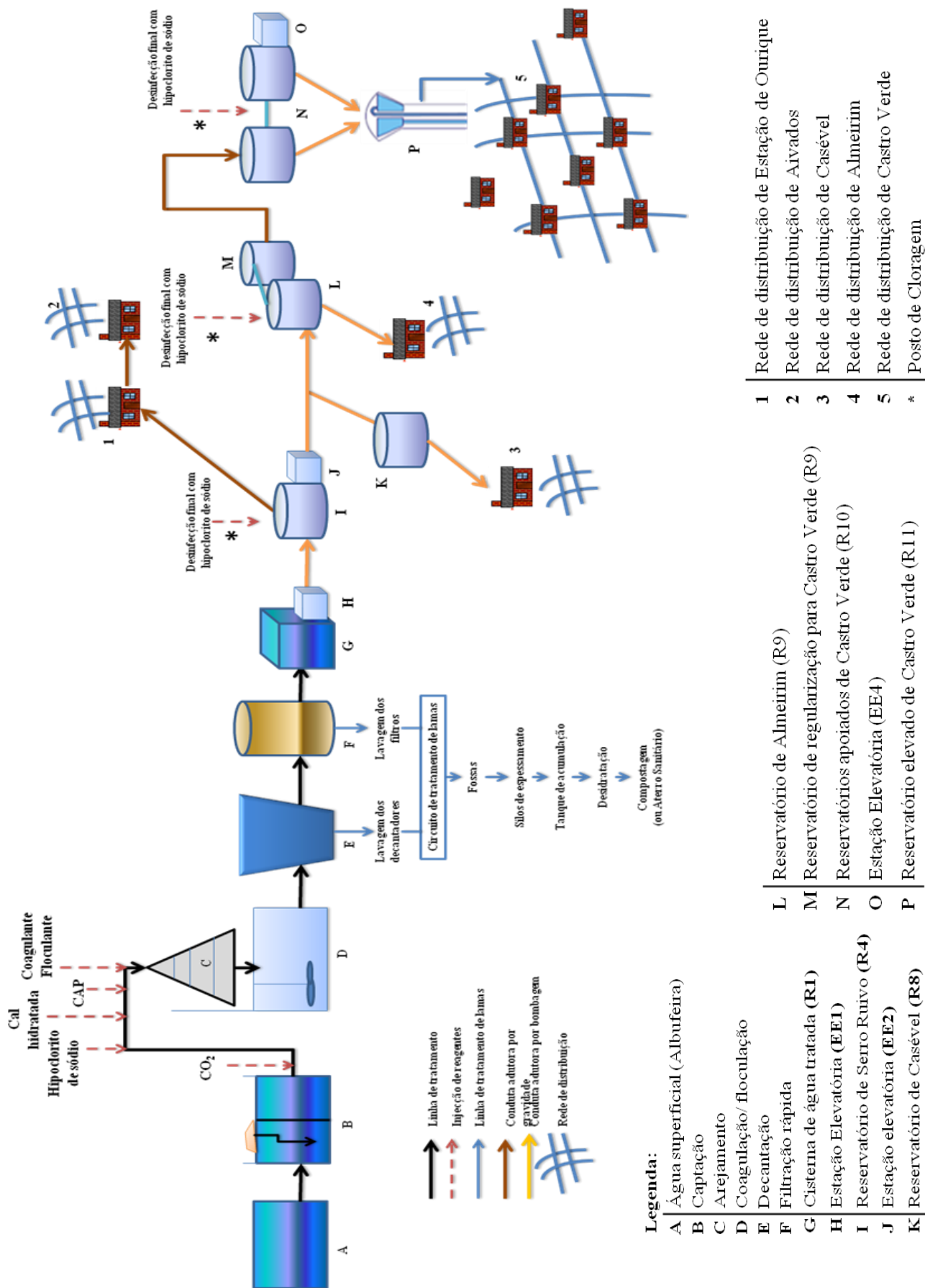


Figura 18- Diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água de Castro Verde.

4

ELABORAÇÃO DO PSA PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CASTRO VERDE

4.1 Avaliação do sistema de Abastecimento de Castro Verde

De modo a facilitar a identificação de perigos, caracterização de riscos e identificação e avaliação de medidas de controlo, desenvolveu-se, partindo do diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de Castro Verde, um esquema de barreiras múltiplas como se pode ver na figura 19, em que se considerou todas as etapas do sistema (fonte, tratamento e distribuição) dividindo-o nas várias fases do processo.

Com base no esquema de barreiras múltiplas do sistema de abastecimento foram definidos os eventos perigosos (ou pontos de controlo) e os perigos a eles associados e de acordo com a metodologia de priorização de riscos, proposta pela WHO (2004), caracterizaram-se os mesmos.

Seguidamente, através da árvore de decisão (descrita no ponto 2.4.3.2.2) definiram-se os PCC, ou seja, foram identificados os locais onde é necessário reduzir, eliminar ou prevenir um evento perigoso. Nesta fase também foram apresentadas medidas de controlo já existentes e propuseram-se novas medidas a adoptar. Para a avaliação do sistema resumiu-se em quadros toda a informação anteriormente descrita.

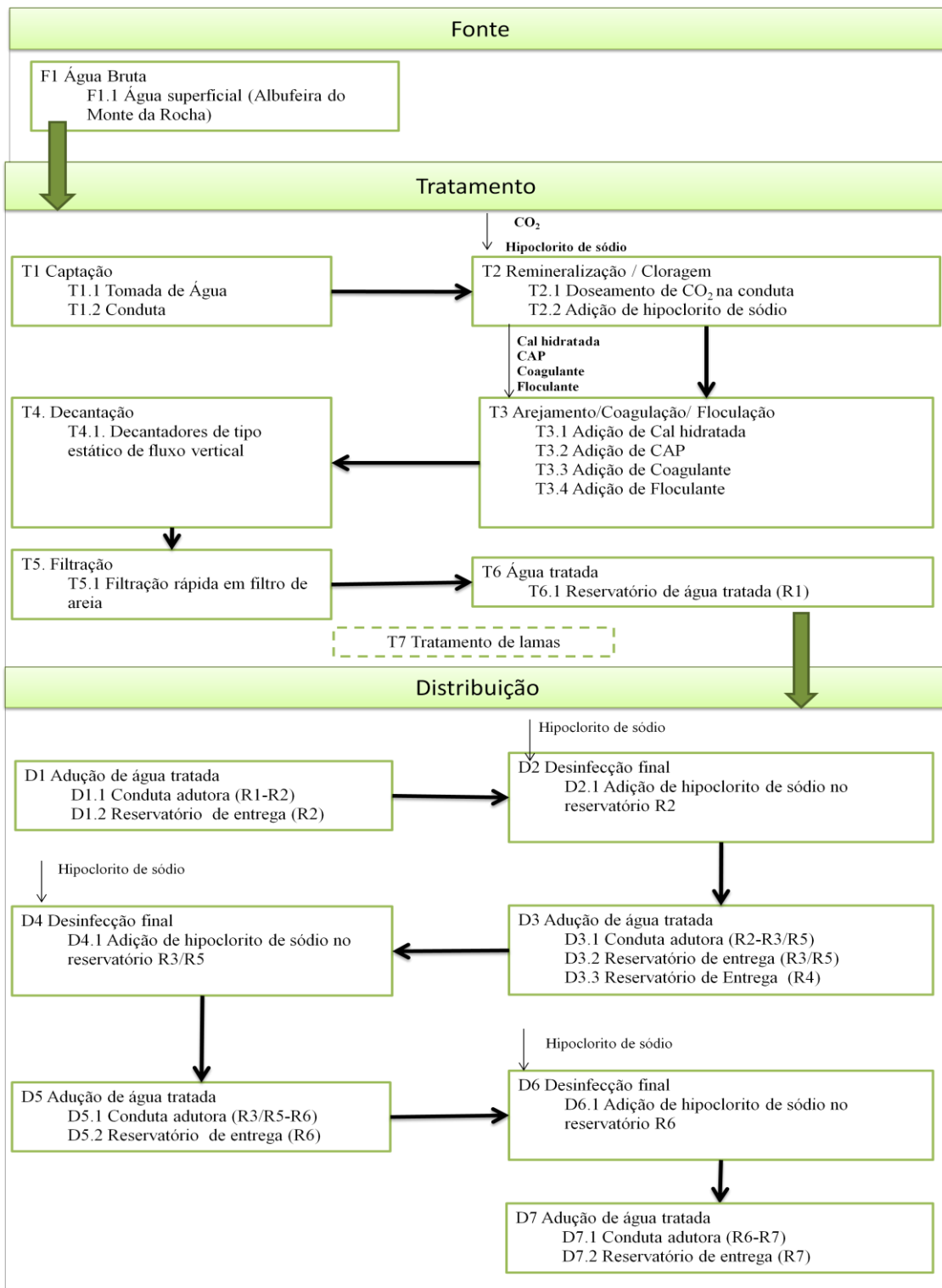


Figura 19 - Esquema de barreiras múltiplas do sistema de abastecimento de Castro Verde.

Seguidamente são apresentados todos os eventos perigosos, os riscos e as medidas de controlo de maior relevância para o sistema nas várias etapas fonte, tratamento e distribuição.

➤ **Fonte**

F1 Água Bruta

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a água bruta, são de origem biológica e química.

F1.1 Água superficial

Quadro 13 – Avaliação do sistema Fonte: Água superficial.

F1 Água Bruta						
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão	
		P	S	Classificação	Resposta	PCC
F1.1.1 Descargas de águas residuais	F1.1.1.1 Microrganismos patogênicos	3	2	6	S, N,S, S	-
	F1.1.1.2 Substâncias químicas perigosas					
	F1.1.1.3 Matéria orgânica					
F1.1.2 Descarga industrial	F1.1.2.1 Microrganismos patogênicos	3	2	6	S, N,S, S	-
	F1.1.2.2 Matéria orgânica					
F1.1.3 Lixiviados provenientes da utilização de produtos químicos na bacia hidrográfica (ex. Fertilizantes e pesticidas)	F1.1.3.1 Substâncias químicas perigosas	2	1	2	-	-
F1.1.4 Material fecal proveniente da criação de gado e vida selvagem	F1.1.4.1 Matéria orgânica	4	4	16	S, N,S, S	-
	F1.1.4.2 Microrganismos patogênicos					
F1.1.5 Derrames de hidrocarbonetos	F1.1.5.1 Substâncias químicas perigosas	1	5	5	-	-
F1.1.6 Atividades de recreio	F1.1.6.1 Substâncias químicas perigosas	1	1	1	-	-
F1.1.7 Variações climáticas sazonais (cheias ou secas)	F1.1.7.1 Falta de água	1	4	4	-	-
	F1.1.7.2 Matéria orgânica					

Não existe PCC

P – Probabilidade de Ocorrência
S – Severidade da Consequência

Ao analisar o quadro 13 verificou-se que os eventos perigosos encontrados com uma classificação moderada são as descargas de águas residuais das várias ETAR's presentes na área da bacia, e a descarga industrial proveniente da queijaria da Chada e ainda com

classificação extrema encontra-se o material fecal proveniente essencialmente da criação extensiva e intensiva de gado e da vida selvagem. A estes eventos perigosos estão associados alguns perigos tais como microrganismos patogénicos, substâncias químicas perigosas e matéria orgânica. Para estes PC encontrados e aplicando a árvore de decisão não foram encontrados qualquer PCC para esta fase, uma vez que existe uma fase posterior a esta que pode reduzir ou eliminar os perigos considerados.

As medidas de controlo já existentes associadas a esta etapa do sistema são:

- ✓ A realização, mensalmente, de análises à água bruta pela ARH-Alentejo, a Câmara Municipal de Castro Verde e a Unidade Local de Saúde do Baixo Alentejo, esta medida é muito eficaz, quando a análise é feita e os valores estão muito altos eventualmente pode ocorrer um perigo para a população, a entidade que realizou a análise dá um alerta à entidade gestora e;
- ✓ As zonas protegidas da bacia estão protegidas.

As medidas de controlo que se deverão adoptar para estes eventos serão:

- ✓ Controlo das descargas de águas residuais.
- ✓ Prevenção de actividades poluidoras clandestinas
- ✓ Registar os produtos químicos utilizados na bacia.
- ✓ Regular fiscalização na bacia.
- ✓ Promover a consciencialização da população para os potenciais impactes negativos, relativos a actividades antropogénicas, na qualidade da água.
- ✓ Obter informação sobre os terrenos que estão contaminados na bacia.
- ✓ Depois destes identificados, estabelecer com a entidade gestora (ARH-Alentejo) uma estratégia para:
 - Elaborar uma listagem sobre os possíveis contaminantes;
 - Monitorizar a água para identificar os possíveis contaminantes;
 - Identificar as medidas de controlo da propagação dos contaminantes.

No quadro 13 encontram-se outros eventos perigosos de classificação baixa. Apenas tem que se dar atenção especial ao evento perigoso das variações climáticas sazonais, ou seja, em caso de cheias ou secas extremas. Considerou-se de classificação baixa mas tem uma severidade catastrófica, só ocorre em condições excepcionais, ou seja, de dez em dez anos, o que faz com que os perigos a ele associado, como a falta de água ou matéria orgânica elevada, possam ser considerados e se torne num PC.

➤ **Tratamento**

T1 Captação de Água Bruta

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para captação de água podem ser de origem microbiológica, química ou físicos.

T1.1 Tomada de Água

Quadro 14 - Avaliação do sistema Tratamento: Tomada de água.

T1 Captação de água bruta						
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão	
		P	S	Classificação	Resposta	PCC
T1.1.1 Seca. Redução prolongada do caudal da albufeira devido a represamento de água a montante da captação ou caudal baixo devido a um período de estiagem.	T1.1.1.1 Estratificação térmica	2	4	8	S, N, S, N	PCC
	T1.1.1.2 Quantidade insuficiente de água disponível para captação					
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.	1	1	1	-	-
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.	4	3	12	S, N, S	PCC
	T1.1.3.2 Matéria orgânica em níveis elevados.					
T1.1.4 Crescimento anormal de algas	T1.1.4.1 Algas em concentrações elevadas	2	4	8	S, N, S, S	-
T1.1.5 Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	T1.1.5.1 Falta de água	4	5	20	S, N, N	-
T1.1.6 Acções de vandalismo e sabotagem	T1.1.6.1 Microrganismos patogénicos	1	3	3	-	-
	T1.1.6.2 Substâncias químicas perigosas					

Ao analisar o quadro 14 verificou-se que os eventos perigosos ponderados com uma classificação moderada encontram-se a seca, ou seja, a redução prolongada do caudal da albufeira que tem como perigo associado a estratificação térmica e a quantidade insuficiente de água disponível para captação, e o crescimento anormal de algas, que

ocorre muito nesta albufeira entre os meses de Abril e Novembro, sendo o perigo associado as concentrações elevadas de algas. O evento perigoso considerado com classificação elevada encontra-se as chuvas intensas que tem associado o perigo de turvação e matéria orgânica elevados, faz com que na ETA o tratamento tenha que ser mais forte, ou seja, leva ao uso de mais produtos químicos. Por fim o evento perigoso considerado com classificação extrema está associado a falhas eléctricas, mecânicas ou estruturais que pode levar ao perigo de falta de água devido principalmente a falhas eléctricas nas bombas de captação.

T1.2 Conduta

Quadro 15 - Avaliação do sistema Tratamento: Conduta.

T1 Captação de água bruta							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
T1.2 Conduta	T1.2.1 Fuga de água nas condutas	T1.2.1.1 Falta de água	1	4	4	-	-
	T1.2.2 Acumulação de sedimentos no interior da conduta	T1.2.2.1 Microrganismos patogénicos	2	3	6	N, N	-
	T1.2.3 Ruptura de condutas	T1.2.3.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		T1.2.3.2 Substâncias químicas perigosas					
		T1.2.3.3 Turvação					
	T1.2.4 Contaminação cruzada nas condutas	T1.2.4.1 Microrganismos patogénicos	1	3	3	-	-
		T1.2.4.2 Substâncias químicas perigosas					
T1.2.4.3 Turvação							
PCC 1							

Ao analisar o quadro 15, o evento perigoso com maior relevância é a acumulação de sedimentos no interior da conduta sendo o perigo de microrganismos patogénicos associado a ele. Este PC apresenta uma classificação de moderado.

Através da árvore de decisão para os PC encontrados na tomada de água e na conduta, os eventos perigosos de seca e de chuvas intensas são considerados PCC 1, sendo que os outros não são considerados PCC, pois existe uma etapa posterior que pode reduzir ou eliminar o perigo.

As medidas de controlo já existentes para a etapa de captação de água bruta:

- ✓ É efectuado, mensalmente, análises à água bruta pela ARH-Alentejo, Câmara Municipal de Castro Verde e Unidade Local de Saúde do Baixo Alentejo.
- ✓ Existência de duas bombas para captar, ou seja, uma trabalha em alternativa à outra.
- ✓ Profundidade da captação apropriada e regulável, devido à existência da jangada.
- ✓ Aplicação de medidas de poupança, antes que a água se torne efectiva no consumidor. Através do nível de água nos reservatórios de água tratada, para maximizar os períodos em que a captação tem que ser interrompida.
- ✓ Existe um plano de manutenção para prevenção das bombas de captação.
- ✓ Faz-se inspecção regular na captação.

As medidas de controlo que se deverão adoptar para estes eventos serão:

- ✓ No caso de seca, cheia ou chuvas intensas provocar a mistura da água através de meios mecânicos; Determinar uma localização para provocar essa mistura; Estudar e estabelecer regras de utilização da água na fonte, em condições difíceis e; Estabilizar a qualidade da água bruta, através de um reservatório de água bruta, para evitar períodos de qualidade de água muito fraca;
- ✓ Estabelecer mecanismos de fecho da captação sempre que se verifique condições de impossibilidade de tratamento adequadas água como definir níveis de qualidade da água que a ETA não consiga tratar; fazer inspecções regulares da captação.
- ✓ Garantir a instalação de meios alternativos de abastecimento de electricidade.

T2 Cloragem/Remineralização

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para cloragem/remineralização, são de origem biológica, química e física.

Quadro 16 - Avaliação do sistema Tratamento: Doseamento de CO₂ na conduta e de hipoclorito de sódio.

T2 Cloragem/Remineralização							
	Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão	
			P	S	Classificação	Resposta	PCC
T2.1 Doseamento de CO₂ na conduta	T2.1.1 Mau funcionamento do sistema doseador	T2.1.1.1 Má dosagem do CO ₂	2	2	4	-	-
	T2.1.2 Ruptura de stock	T2.1.2.1 pH não desce	2	3	6	S, S	PCC
	T2.1.3 Falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais (sondas de Leitura)	T2.1.3.1 Má dosagem do CO ₂	2	2	4	-	-
T2.2 Doseamento de Hipoclorito de sódio	T2.2.1 Doseamento incorrecto do hipoclorito de sódio	T2.2.1.1 Microrganismos patogénicos	3	3	9	S, N, S, S	-
		T2.2.1.2 Ferro e Manganês					
		T2.2.1.3 Problemas de odor e sabor					
	T2.2.2 Formação de subprodutos	T2.2.2.1 Trihalometanos	3	4	12	S, S	PCC
	T2.2.3 Ruptura de stock	T2.2.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
		T2.2.3.2 Cianotoxinas					
	T2.2.4 Paragem no doseamento de hipoclorito devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	T2.2.4.1 Matéria orgânica	3	3	9	S, N, S, S	-
T2.2.4.2 Microrganismos patogénicos							
T2.2.4.3 Ferro e Manganês							
T2.2.5 Tempo de contacto insuficiente da água com o desinfectante	T2.2.5.1 Microrganismos patogénicos	1	3	3	-	-	

PCC 2

T2.1 Doseamento de CO₂ na conduta

Ao analisar o quadro 16 verificou-se que o evento perigoso de maior relevância é a ruptura de stock sendo o perigo associado a este evento o pH não descer, uma vez que o CO₂ serve para uma remineralização da água bruta antes do tratamento.

T2.2 Doseamento de Hipoclorito de sódio

Ao analisar o quadro 16, verificou-se que os eventos considerados com uma classificação moderada são o doseamento incorrecto e a paragem do doseamento do hipoclorito de sódio devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais. Os perigos associados a estes PC são os microrganismos patogénicos, o ferro e manganês, problemas de odor e sabor e matéria orgânica. O evento considerado com uma classificação elevada é a formação de subprodutos da desinfecção com o perigo de formação de trihalometanos, devido à reacção da matéria orgânica que pode estar na água bruta com o produto de desinfecção o hipoclorito de sódio.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados no doseamento de CO₂ e hipoclorito de sódio, os eventos considerados como PCC 2 são a ruptura de stock do CO₂ e a formação de subprodutos da desinfecção. Sendo que os outros não são considerados PCC, pois existe medidas de controlo e uma etapa posterior que pode reduzir ou eliminar o perigo.

As medidas já existentes para a etapa de cloragem/remineralização são:

- ✓ Quando existe uma ruptura do stock de CO₂ é doseado um ácido (ácido sulfúrico com uma diluição 10%) para ter o mesmo efeito;
- ✓ Existe leitura em linha para dosagem contínua de CO₂;
- ✓ São realizadas análises, varias vezes por dia, ao cloro residual livre;
- ✓ Boa gestão de stock de CO₂ e de Hipoclorito de sódio;
- ✓ Existe bombas doseadoras para substituição;
- ✓ Registo diário dos cálculos das dosagens;
- ✓ Existe manutenção do sistema doseador assim como calibração dos equipamentos.

As medidas de controlo que se deverão adoptar para estes eventos serão:

- ✓ Devido a formação de Trihalometanos, tem que se garantir a dosagem correcta de oxidante e tempo de contacto suficiente;
- ✓ Garantir o abastecimento de electricidade através de meios alternativos;

- ✓ Caso, o tempo de contacto seja insuficiente, ajustar os caudais de forma a promover um tempo de contacto, no mínimo, de 30 minutos

T3 Arejamento-Coagulação-Floculação

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, no arejamento – coagulação – floculação, são de origem física e química.

Quadro 17 - Avaliação do sistema Tratamento: Adição de cal hidratada e de CAP.

T3 Arejamento-Coagulação-Floculação							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
T3.1 Adição de cal hidratada	T3.1.1 Preparação e doseamento incorrecto de Cal hidratada	T3.1.1.1 pH inadequado (Alto ou Baixo)	1	1	1	-	-
	T3.1.2 Contaminação do reagente devido a recepção inadequada	T3.1.2.1 Substância química perigosa	1	1	1	-	-
	T3.1.3 Ruptura de stock	T3.1.3.1 pH inadequado	2	1	2	-	-
	T3.1.4 Paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	T3.1.4.1 pH inadequado	1	1	1	-	-
T3.2 Adição de CAP	T3.2.1 Contaminação do reagente devido à recepção inadequada	T3.2.1.1 Substâncias químicas perigosas	1	3	3	-	-
	T3.2.2 Mau funcionamento do sistema doseador de CA	T3.2.2.1 Matéria orgânica	2	3	6	S, S	PCC
		T 3.2.2.2 Cheiro e sabor					
	T3.2.3 Ruptura de stock	T3.2.3.1 Matéria orgânica	1	3	3	-	-
T 3.2.3.2 Cheiro e sabor							
T3.2.4 Paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	T3.2.4.1 Matéria orgânica	2	3	6	S, S, N	-	
	T 3.243.2 Cheiro e sabor						

T3.1 Doseamento de cal hidratada

Ao analisar o quadro 17 verificou-se que os eventos perigosos encontrados nesta etapa e os perigos a eles associados foram todos considerados com classificação baixa, ou

seja, o que não se considerou nenhum PC, uma vez que a cal hidratada, quando usada, serve apenas para controlar o pH da água.

T3.2 Doseamento de CAP

Ao analisar o quadro 17 verificou-se que os eventos perigosos considerados com uma classificação de moderado são o mau funcionamento do sistema doseador do CAP e a paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais. Os perigos associados a estes PC são o cheiro e sabor e a matéria orgânica.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados no doseamento de CAP, os eventos que foram considerados como PCC 3 é o mau funcionamento do sistema doseador de CAP. O outro evento não foi considerado PCC, pois existe medidas de controlo e a etapa posterior que é a adição de coagulante e floculante assim como a sedimentação pode reduzir ou eliminar o perigo.

Quadro 18 - Avaliação do sistema de tratamento: Adição de Coagulante e de Flocculante.

T3 Arejamento-Coagulação-Floculação								
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão			
		P	S	Classificação	Resposta	PCC		
T3.3 Adição de coagulante	T3.3.1 Contaminação do coagulante devido a recepção inadequada	T3.3.1.1 Substâncias químicas perigosas.	1	3	3	-	-	PCC 3
	T3.3.2 Doseamento incorrecto de coagulante.	T3.3.2.1 Turvação	3	4	12	S, N, N	-	
		T3.3.2.2 Matéria Orgânica						
		T3.3.2.3 Ferro e Manganês						
	T3.3.3 Ruptura de stock	T3.3.3.1 Turvação	1	5	5	-	-	
		T3.3.3.2 Matéria orgânica						
		T3.3.3.3 Ferro e Manganês						
	T3.3.4 Paragem no doseamento de coagulante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais.	T3.3.4.1 Turvação	2	3	6	S, N, S, S	-	
		T 3.3.4.2 Ferro e Manganês						
		T3.3.4.3 Matéria orgânica						
T3.4 Adição de Flocculante	T3.4.1 Tempo de contacto insuficiente para a formação de flocos	T3.4.1.1 Matéria orgânica	1	2	2	-	-	
		T3.4.1.2 Turvação						
	T3.4.2 Doseamento incorrecto de Flocculante	T3.4.2.1 Matéria orgânica	3	3	9	S, S	PC C	
		T3.4.2.2 Turvação						
	T3.4.3 Ruptura de stock	T3.4.3.1 Turvação	1	5	5	-	-	
		T3.4.3.2 Matéria orgânica						
T3.4.4 Paragem no doseamento de flocculante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	T3.4.4.1 Turvação	2	3	6	S, N,N	-		
	T3.4.4.2 Matéria orgânica							

T3.3 Adição de Coagulante

Ao analisar o quadro 18 verificou-se que o evento perigoso classificado como moderado é a paragem no doseamento de coagulante devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais, a este PC o perigo associado é a turvação, o ferro e manganês e matéria orgânica. Nesta etapa o evento com uma relevância maior, ou seja, classificado como

elevado é o doseamento incorrecto de coagulante, estando associados os mesmos perigos que no outro evento. O mau doseamento de coagulante pode levar a uma incorrecta destabilização de partículas.

T3.4 Adição de Floculante

Ao analisar o quadro 18 verificou-se que os eventos perigosos considerados com uma classificação moderada são o doseamento incorrecto de floculante e a paragem no doseamento de floculante devido a falhas. Os perigos associados a estes dois PC são a turvação e a matéria orgânica, respectivamente. O incorrecto doseamento de floculante pode levar a uma fraca aglutinação de partículas em suspensão.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados no doseamento de coagulante, verificou-se que não foi considerado nenhum PCC, uma vez, que existem medidas de controlo e a operação seguinte reduz o perigo para este PC. Para os PC encontrados no doseamento do floculante o que se considerou um PCC 3 foi o doseamento incorrecto de floculante embora exista medidas de controlo para este, a própria operação consegue controlar o perigo. O outro evento não foi considerado PCC, pois existe medidas de controlo e a operação seguinte, a sedimentação, pode reduzir ou eliminar o perigo

As medidas já existentes para a etapa de Arejamento-Coagulação-Floculação são:

- ✓ Manutenção e calibração do sistema doseador e equipamentos;
- ✓ Registo diário das dosagens;
- ✓ Boa gestão de stock de produtos;
- ✓ Existência de bombas doseadoras para substituição.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas para estes eventos são:

- ✓ Garantir que o doseamento químico, quando a qualidade da água bruta se altere, é capaz de responder imediatamente a estas situações;
- ✓ Garantir a instalação de meios alternativos para abastecimento de electricidade.

T4 Sedimentação

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a sedimentação, são de origem física e química.

T4.1 Decantadores de Tipo Estático de Fluxo Vertical

Quadro 19 - Avaliação do sistema de tratamento: Decantadores do tipo estático de fluxo vertical.

T4 Sedimentação								
	Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
			P	S	Classificação	Resposta	PCC	
T4.1 Decantadores	T4.1.1 Mau funcionamento ou má regulação do sistema de purgas de lamas	T4.1.1.1 Turvação elevada	3	3	9	N, N	-	Não existe PCC
		T4.1.1.2 Alumínio						

Ao analisar o quadro 19, verifica-se que o evento perigoso considerado com uma classificação moderada é o mau funcionamento ou uma má regulação do sistema de purgas de lamas. A este evento está associado o perigo de turvação elevada, isto pode ocorrer devido ao decantador poder estar a remover flocos ineficientemente, e o alumínio devido ao coagulante que tem alumínio como base e estes flocos podem contê-lo o que pode passar na água para consumo.

Ao aplicar a árvore de decisão ao PC encontrado no decantador, não foi considerado nenhum PCC, uma vez, que existem medidas de controlo e a operação de filtração pode reduzir o perigo para este PC.

As medidas já existentes para a etapa de sedimentação são:

- ✓ Manutenção dos tanques de sedimentação.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas para esta etapa são:

- ✓ Verificar, com inspeções de rotina, a posição do manto de lamas.
- ✓ Verificar, com inspeções de rotina, se existe fuga de flocos para a superfície.

T5 Filtração

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a filtração, são de origem física química.

T5.1 Filtração Rápida

Quadro 20 - Avaliação do sistema de tratamento: Filtração rápida.

T5 Filtração							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
T5.1 Filtração rápida	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
		T5.1.1.2 Turvação					
	T5.1.2. Deficiente controlo de tempos de filtração.	T5.1.2.1 Matéria orgânica	2	3	6	S, S	PCC
		T5.1.2.2 Turvação					
	T5.1.3 Incorrecta lavagem dos filtros	T5.1.3.1 Matéria orgânica.	3	4	12	S, S	PCC
		T5.1.3.2 Turvação.					
	T5.1.4 Recirculação não controlada de águas de lavagem em filtros	T5.1.4.1 Alumínio	2	4	8	S, S	PCC
		T5.1.4.2 Ferro e manganês					

Ao analisar o quadro 20, verifica-se que os eventos perigosos considerados com uma classificação moderada são o deficiente controlo de tempos de filtração e a recirculação não controlada da água de lavagem em filtros. Os perigos associados a estes PC são a passagem de matéria orgânica e turvação para o primeiro evento e o alumínio, ferro e manganês para o segundo. Os eventos considerados com uma classificação elevada são o deficiente controlo da coluna de água sobre o leito filtrante e a incorrecta lavagem dos filtros, estando os perigos de matéria orgânica e turvação associados a eles.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados na filtração rápida, todos eles foram considerados um PCC 4. Para todos os perigos existe medidas de controlo e a operação de filtração pode controlar o perigo.

As medidas já existentes para a etapa de filtração rápida são:

- ✓ A substituição do leito filtrante, normalmente de 4 em 4 anos, podendo ser menos tempo;
- ✓ Lavagem dos filtros uma a duas vezes por dia;
- ✓ Manutenção das válvulas de cada filtro;
- ✓ Manutenção e calibração do equipamento de filtragem;
- ✓ Análise à água a seguir ao tratamento de filtração para verificar possíveis contaminantes na água tratada.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas para estes eventos são:

- ✓ O Controlo do caudal da água recirculada.

T6 Água Tratada

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a água tratada, são de origem microbiológica, química e física.

T6.1 Reservatório de água tratada (R1)

Quadro 21 - Avaliação do sistema de tratamento: Reservatório de água tratada (R1).

T6 Água Tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
T6.1 Reservatório de água tratada (R1)	T6.1.1 Fuga de água no reservatório	T6.1.1.1 Quantidade insuficiente de água	1	1	2	-	-
	T6.1.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório	T6.1.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
		T6.1.2.2 Turvação					
	T6.1.3 Acesso de animais ao reservatório	T6.1.3.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
	T6.1.4 Acções de vandalismo ou sabotagem	T6.1.4.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
		T6.1.4.2 Substâncias químicas perigosas					
	T6.1.5 Entrada de água contaminada a partir do solo, quer por percolação quer por capilaridade	T6.1.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		T6.1.5.2 Substâncias químicas perigosas					
T6.1.6 Deterioração da qualidade da água no reservatório	T6.1.6.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-	
T6.1.7 Corrosão dos materiais de construção	T6.1.7.1 Substâncias químicas perigosas	2	2	4	-	-	

Não existe PCC

Ao analisar o quadro 21, verifica-se que os eventos perigosos foram todos considerados com classificação baixa, tendo que se dar uma especial atenção ao evento de vandalismo ou sabotagem, que embora nunca tenha ocorrido a sua severidade é considerada

catastrófica, podendo ocorrer o perigo de microrganismos patogénicos e de substâncias químicas perigosas na água tratada.

As medidas já existentes para a etapa de água tratada são:

- ✓ Limpeza e desinfecção do reservatório anualmente de modo a remover a matéria orgânica que se pode tornar biologicamente activa;
- ✓ Verifica-se o perímetro do reservatório (R1) está devidamente protegido e o acesso condicionado;
- ✓ Verifica-se o estado da vedação periodicamente;
- ✓ Realiza-se rondas periódicas, durante os turnos, e existe alarme na areada ETA e reservatório;
- ✓ Se existir deterioração da qualidade da água no reservatório, aumenta-se o cloro residual livre dentro dos valores limites;
- ✓ Remover a vegetação na área do reservatório.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas para estes eventos são:

- ✓ Fazer vigilância através da instalação de câmaras de vídeo.

➤ Distribuição

D1 Distribuição de água tratada (R1 – R2)

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a distribuição da água tratada, são de origem microbiológica, química e física.

D1.1 Conduta adutora (R1 - R2)

Quadro 22 - Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R1 - R2).

D1 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D1.1 Conduta adutora (R1-R2)	D1.1.1 Fuga de água nas condutas	D1.1.1.1 Falta de água	3	3	9	S, N, S, S	-
	D1.1.2 Acumulação de sedimentos no interior da conduta	D1.1.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
	D1.1.3 Ruptura de condutas	D1.1.3.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	S, S	PCC
		D1.1.3.2 Substâncias químicas perigosas					
D1.1.3.3 Turvação							
D1.1.3.4 Falta de água							

Quadro 23 - Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R1 - R2)

(continuação).

D1 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PC C	
D1.1 Conduta adutora (R1-R2)	D1.1.4 Contaminação cruzada nas condutas	D1.1.4.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		D1.1.4.2 Substâncias químicas perigosas					
		D1.1.4.3 Turvação					
	D1.1.5 Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio das ventosas localizadas em caixas enterradas mal concebidas	D1.1.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		D1.1.5.2 Substâncias químicas perigosas					
		D1.1.5.3 Turvação					
	D1.1.6 Entrada de ar por pressões negativas e/ou fluxo inverso da água nas condutas	D1.1.6.1 Turvação	1	4	4	-	-
		D1.1.6.2 Microrganismos patogénicos					
	D1.1.7 Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de condutas novas na rede	D1.1.7.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	S, S	PC C
		D1.1.7.2 Substâncias químicas perigosas					

Ao analisar o quadro 22a e 22b verifica-se que os eventos perigosos considerados com uma classificação moderada são a fuga de água na conduta, ruptura de conduta e a prática de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de nova conduta. Para estes PC os perigos associados são a falta de água, microrganismos patogénicos, substancias químicas perigosas e turvação. Estes eventos podem levar á recontaminação da água tratada.

1.2 Reservatório de Entrega (R2)

Quadro 24 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R2).

D1 Adução de água tratada								
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		PCC	
		P	S	Classificação	Resposta	PCC		
D1.2 Reservatório de entrega (R2)	D1.2.1 Fuga de água no reservatório	D1.2.1.1 Quantidade insuficiente de água	1	2	2	-	-	PCC 5
	D1.2.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório	D1.2.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-	
		D1.2.2.2 Turvação						
	D1.2.3 Acesso de animais ao reservatório	D1.2.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-	
	D1.2.4 Acções de vandalismo ou sabotagem	D1.2.4.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-	
		D1.2.4.2 Substâncias químicas perigosas						
	D1.2.6 Deterioração da qualidade da água no reservatório	D1.2.6.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-	
D1.2.7 Corrosão dos materiais de construção	D1.2.7.1 Substâncias químicas perigosas	2	2	4	-	-		

Ao analisar o quadro 23, verifica-se que todos os eventos perigosos foram considerados com classificação baixa. Apenas tem que se dar atenção aos eventos de acesso de animais ao reservatório R2 e a acções de vandalismo ou sabotagem. Para estes PC os perigos associados são os microrganismos patogénicos e as substâncias químicas perigosas, embora a probabilidade de ocorrer é rara tem uma severidade catastrófica podendo vir a ser considerado um PC.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados na Distribuição de água tratada, mais propriamente na conduta adutora R1-R2, consideraram-se PCC 5 a ruptura de conduta e as práticas de limpeza e desinfectação inadequadas durante as reparações ou durante o uso de novas condutas. Para estes PCC existe medidas de controlo e a etapa do processo em que ocorre este evento consegue controlar o perigo.

As medidas já existentes para a etapa de distribuição de água tratada (R1 – R2) são:

- ✓ Verificação dos manómetros á saída da ETA, uma vez que a pressão esta pré-definida assim se houver fugas a pressão baixa.

- ✓ Garantir um residual de cloro livre adequado.
- ✓ Limpeza e desinfecção do reservatório R2 anualmente, de modo a remover a matéria orgânica que se pode tornar biologicamente activa;
- ✓ Verifica-se o perímetro do reservatório R2 está devidamente protegido e o acesso condicionado;
- ✓ Verifica-se o estado da vedação periodicamente;
- ✓ Aumenta-se o cloro residual livre dentro dos valores limites se existir deterioração da qualidade da água;
- ✓ Remover a vegetação na área do reservatório.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas para estes eventos são:

- ✓ Substituição ou reparo da conduta em caso de ruptura.
- ✓ Inspeção regular à conduta para prevenção.
- ✓ Fazer vigilância através da instalação de câmaras de vídeo e alarme na área do reservatório.

D2. Desinfecção final

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, desinfecção, são de origem microbiológica, química e física.

D2.1 Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R2

Quadro 25 - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R2.

D2. Desinfecção final							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D2.2.1 Doseamento incorrecto do hipoclorito de sódio	D2.2.1.1 Microrganismos patogénicos	3	3	9	S, N, S, N	PCC	PCC 6
	D2.2.1.2 Ferro e Manganês						
	D2.2.1.3 Problemas de odor e sabor						
D2.2.2 Formação de subprodutos	D2.2.2.1 Trihalometanos	3	4	12	S, N, S, N	PCC	
D2.2.3 Ruptura de stock	D2.2.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-	
	D2.2.3.2 Cianotoxinas						

Quadro 26 - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R2 (Continuação).

D2. Desinfecção final						
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão	
		P	S	Classificação	Resposta	PCC
D2.2.4 Paragem no doseamento de hipoclorito devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	D2.2.4.1 Matéria orgânica	3	3	9	S, N, S, S	-
	D2.2.4.2 Microrganismos patogénicos					
	D2.2.4.3 Ferro e Manganês					
D2.2.5 Tempo de contacto insuficiente da água com o desinfectante	D2.2.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
PCC 6						

Ao analisar o quadro 24a e 24b verifica-se que os eventos perigosos considerados com classificação moderada são o doseamento incorrecto e a paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais do hipoclorito de sódio. Os perigos associados a estes PC são o aparecimento de microrganismos patogénicos, o ferro e manganês, problemas de odor e sabor e matéria orgânica. O evento considerado com uma classificação de risco elevado é a formação de subprodutos da desinfecção, sendo a formação de trihalometanos o perigo associado. A formação de trihalometanos pode ser devida à reacção da matéria orgânica presente na água com o desinfectante. O evento que tem uma classificação baixa, mas que se tem que dar especial atenção, é a ruptura de stock a sua probabilidade de ocorrer é rara mas a sua severidade pode ser catastrófica podendo levar ao aparecimento de microrganismos patogénicos e de cianotoxinas na água tratada.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados considera-se aqui um PCC 6 para a formação de subprodutos da desinfecção. Existem medidas de controlo para este PCC, embora esta etapa do processo e a seguinte não consigam controlar o perigo existente.

As medidas já existentes para a etapa de desinfecção final são:

- ✓ Análises feitas ao cloro residual livre, várias vezes ao dia;
- ✓ Registo diário das dosagens;
- ✓ Calibração do equipamento de cloragem;
- ✓ Existência de bombas doseadoras para substituição.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas são:

- ✓ Devido a possível formação de trihalometanos, tem que se garantir a dosagem correcta de hipoclorito de sódio e o tempo de contacto suficiente com a água tratada.

D3 Distribuição de água tratada (R2-R3/R5)

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a Distribuição de água tratada, são de origem microbiológica, química e física.

D3.1 Conduta adutora (R2- R3/R5)

Quadro 27- Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R2- R3/R5).

D3 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D3.1 Conduta adutora (R2-R3/R5)	D3.1.1 Fuga de água nas condutas	D3.1.1.1 Falta de água	3	3	9	S, N, S, S	-
	D3.1.2 Acumulação de sedimentos no interior da conduta	D3.1.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
	D3.1.3 Ruptura de condutas	D3.1.3.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	S, S	PCC
		D3.1.3.2 Substâncias químicas perigosas					
		D3.1.3.3 Turvação					
		D3.1.3.4 Falta de água					
	D3.1.4 Contaminação cruzada nas condutas	D3.1.4.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		D3.1.4.2 Substâncias químicas perigosas					
		D3.1.4.3 Turvação					
	D3.1.5 Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio das ventosas localizadas em caixas mal concebidas	D3.1.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
D3.1.5.2 Substâncias químicas perigosas							
D3.1.5.3 Turvação							
D3.1.6 Entrada de ar por fluxo inverso da água nas condutas	D3.1.6.1 Turvação	1	4	4	-	-	
D3.1.7 Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de condutas novas na rede	D3.1.7.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	S, S	PCC	
	D3.1.7.2 Substâncias químicas perigosas						

Ao analisar o quadro 25, verifica-se que os eventos perigosos considerados com uma classificação moderada são a fuga de água na conduta adutora, a ruptura da conduta e as práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou aplicação de conduta nova na rede. Para estes PC os perigos associados são a falta de água, microrganismos patogénicos, substâncias químicas e turvação. Resultante destes perigos pode haver uma recontaminação da água tratada.

D3.2 Reservatório de entrega (R3/R5).

Quadro 28 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R3/R5).

D3 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D3.2 Reservatório de entrega (R3/R5)	D3.2.1 Fuga de água no reservatório	D3.2.1.1 Quantidade insuficiente de água	1	2	2	-	-
	D3.2.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório	D3.2.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
		D3.2.2.2 Turvação					
	D3.2.3 Acesso de animais ao reservatório	D3.2.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
	D3.2.4 Acções de vandalismo ou sabotagem	D3.2.4.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
		D3.2.4.2 Substâncias químicas perigosas					
	D3.2.6 Deterioração da qualidade da água no reservatório	D3.2.6.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
D3.2.7 Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção	D3.2.6.1 Substâncias químicas perigosas	2	2	4	-	-	

PCC7

Ao analisar o quadro 26, verifica-se que todos os eventos perigosos considerados têm uma classificação baixa. Apenas tem que se dar atenção aos eventos de acesso de animais ao reservatório R3/R5 e a acções de vandalismo e sabotagem. Para estes eventos os perigos associados são o aparecimento de microrganismos patogénicos provenientes da urina e matéria fecal dos animais e as substâncias químicas perigosas, embora tenha uma probabilidade rara de acontecer podem ser considerados com uma severidade catastrófica podendo vir a ser considerados um PC.

D3.3 Reservatório de entrega (R4)

Quadro 29 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R4)

D3 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D3.3 Reservatório de Entrega (R4)	D3.3.1 Fuga de água no reservatório	D3.3.1.1 Quantidade insuficiente de água	1	2	2	-	-
	D3.3.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório	D3.3.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
		D3.3.2.2 Turvação					
	D3.3.3 Acesso de animais ao reservatório	D3.3.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
	D3.3.4 Acções de vandalismo ou sabotagem	D3.3.4.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
		D3.3.4.2 Substâncias químicas perigosas					
	D3.3.5 Entrada de água contaminada a partir do solo, quer por percolação quer por capilaridade	D3.3.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
D3.3.5.2 Substâncias químicas perigosas							
D3.3.6 Deterioração da qualidade da água no reservatório	D3.3.6.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-	
D3.3.7 Corrosão dos materiais de construção	D3.3.6.1 Substâncias químicas perigosas	2	3	6	S, N, S, N	PCC	

Ao analisar o quadro 27 verifica-se que o evento perigoso considerado com classificação moderada é a corrosão dos materiais de construção. O perigo associado a este PC é a presença de substâncias químicas perigosas na água tratada que vai para a rede de distribuição de Casével.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados na Distribuição de água tratada, precisamente na conduta adutora (R2-R3/R5) consideraram-se um PCC 7 a ruptura da conduta e as práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou uso de novas condutas e no reservatório de entrega (R4) considerou-se um PCC 7 para a corrosão dos materiais de construção. Para estes PCC existem medidas de controlo e no caso da conduta adutora esta fase do processo consegue controlar o perigo, para o

reservatório de entrega (R4) o perigo já não consegue ser eliminado ou reduzido noutra fase posterior do processo, podendo assim contaminar a água tratada.

As medidas de controlo já existentes para a etapa de Distribuição de água tratada (R2-R3/R5) são:

Conduta adutora (R2-R3/R5)

- ✓ Verificação dos manómetros á saída da ETA, uma vez que a pressão esta pré-definida assim se houver fugas a pressão baixa;
- ✓ Garantir um residual de cloro livre adequado.

Reservatório de entrega (R3/R5)

- ✓ Limpeza e desinfecção dos reservatórios anualmente de modo a remover a matéria orgânica que se pode tornar biologicamente activa;
- ✓ Verifica-se o perímetro do reservatório (R3/R5) está devidamente protegido e o acesso condicionado;
- ✓ Verifica-se o estado da vedação periodicamente;
- ✓ Aumenta-se o cloro residual livre dentro dos valores limites se existir deterioração da qualidade da água;
- ✓ Remove-se a vegetação na área do reservatório.

Reservatório de Entrega (R4)

- ✓ Limpeza e desinfecção dos reservatórios anualmente de modo a remover a matéria orgânica que se pode tornar biologicamente activa;
- ✓ Verifica-se o perímetro do reservatório (R4) está devidamente protegido e o acesso condicionado;
- ✓ Verifica-se o estado da vedação periodicamente.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas são:

Conduta adutora (R2-R3/R5)

- ✓ Substituição ou reparo da conduta em caso de ruptura;
- ✓ Inspeção regular à conduta para prevenção.

Reservatório de entrega (R3/R5)

- ✓ Fazer vigilância através da instalação de câmaras de vídeo e alarme na área do reservatório.

Reservatório de Entrega (R4)

- ✓ Remover a vegetação na área do reservatório.

D4 Desinfecção final

D4.1 Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R3/R5

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a desinfecção final, são de origem microbiológica, química e física.

D4.1 Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R3/R5

Quadro 30 - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R3/R5.

D4. Desinfecção final						
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão	
		P	S	Classificação	Resposta	PCC
D4.1.1 Doseamento incorrecto do hipoclorito de sódio	D4.1.1.1 Microrganismos patogénicos	3	3	9	S, N, S, S	-
	D4.1.1.2 Ferro e Manganês					
	D4.1.1.3 Problemas de odor e sabor					
D4.1.2 Formação de subprodutos	D4.1.2.1 Trihalometanos	3	4	12	S, N,S, N	PCC
D4.1.3 Ruptura de stock	D4.1.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
	D4.1.3.2 Cianotoxinas					
D4.1.4 Paragem no doseamento de hipoclorito devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	D4.1.4.1 Matéria orgânica	3	3	9	S, N,S, S	-
	D4.1.4.2 Microrganismos patogénicos					
	D4.1.4.3 Ferro e Manganês					
D4.1.5 Tempo de contacto insuficiente da água com o desinfectante	D4.1.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-

Ao analisar o quadro 28, verifica-se que os eventos perigosos considerados com classificação moderada são o doseamento incorrecto e a paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais do hipoclorito de sódio. Os perigos associados a estes PC são o aparecimento de microrganismos patogénicos, o ferro e manganês, problemas de odor e sabor e matéria orgânica. O evento considerado com uma classificação de risco elevado é a formação de subprodutos da desinfecção, sendo a formação de trihalometanos o perigo associado. Com uma classificação baixa está o evento de ruptura de stock, mas tem que se dar especial atenção, uma vez que é raro a

sua probabilidade de ocorrer mas a sua severidade pode ser catastrófica podendo levar ao aparecimento de microrganismos patogénicos e de cianotoxinas na água tratada.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados considera-se aqui um PCC 8 para a formação de subprodutos da desinfecção. Existem medidas de controlo para este PCC, embora esta etapa do processo e a seguinte não consigam controlar o perigo existente.

As medidas já existentes para a etapa de desinfecção final são:

- ✓ Análises feitas ao cloro residual livre, várias vezes ao dia;
- ✓ Registo diário das dosagens;
- ✓ Boa gestão de stock;
- ✓ Calibração do equipamento de cloragem.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas são:

- ✓ Devido a possível formação de trihalometanos, tem que se garantir a dosagem correcta de hipoclorito de sódio e o tempo de contacto suficiente com a água tratada.

D5 Distribuição de água tratada (R3/R5 – R6)

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, Distribuição de água tratada, são de origem microbiológica, química e física.

D5.1 Conduta adutora (R3/R5 – R6)

Quadro 31a - Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R3/R5–R6).

D5 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PC C	
D5.1 Conduta adutora (R3/R5 – R6)	D5.1.1 Fuga de água nas condutas	D5.1.1.1 Falta de água	3	3	9	S, N, S, S	-
	D5.1.2 Acumulação de sedimentos no interior da conduta	D5.1.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
	D5.1.3 Ruptura de condutas	D5.1.3.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	S, N, S, S	-
		D5.1.3.2 Substâncias químicas perigosas					
D5.1.3.3 Turvação							
	D5.1.3.4 Falta de água						

Quadro 32 - Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R3/R5–R6)
(continuação).

D5 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PC C	
D5.1 Conduta adutora (R3/R5 – R6)	D5.1.4 Contaminação cruzada nas condutas	D5.1.4.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		D5.1.4.2 Substâncias químicas perigosas					
		D5.1.4.3 Turvação					
	D5.1.5 Entrada de ar ou água para o interior das condutas por intermédio das ventosas localizadas em caixas mal concebidas	D5.1.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		D5.1.5.2 Substâncias químicas perigosas					
		D5.1.5.3 Turvação					
D5.1.6 Entrada de ar por fluxo inverso da água nas condutas	D5.1.6.1 Turvação	1	4	4	-	-	
D5.1.7 Práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de condutas novas na rede	D5.1.7.1 Microrganismos patogénicos	2	4	8	S, N, S, S	-	
	D5.1.7.2 Substâncias químicas perigosas						

Não existe PCC

Ao analisar o quadro 29a e 29b verifica-se que os eventos perigosos considerados com uma classificação moderada são a fuga de água na conduta adutora, a ruptura da conduta e as práticas de limpeza e desinfecção inadequadas durante as reparações ou aplicação de conduta nova na rede. Para estes PC os perigos associados são a falta de água, microrganismos patogénicos, substâncias químicas e turvação. Resultante destes perigos pode haver uma recontaminação da água tratada.

D5.2 Reservatório de entrega (R6)

Quadro 33 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R6).

D5 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D5.2 Reservatório de entrega (R6)	D5.2.1 Fuga de água no reservatório	D5.2.1.1 Quantidade insuficiente de água	1	2	2	-	-
	D5.2.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório	D5.2.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
		D5.2.2.2 Turvação					
	D5.2.3 Acesso de animais ao reservatório	D5.2.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
	D5.2.4 Acções de vandalismo ou sabotagem	D5.2.4.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
		D5.2.4.2 Substâncias químicas perigosas					
	D5.2.6 Deterioração da qualidade da água no reservatório	D5.2.6.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
D5.2.7 Lixiviação ou corrosão dos materiais de construção	D5.2.6.1 Substâncias químicas perigosas	2	2	4	-	-	

Não existe PCC

Ao analisar o quadro 30, verifica-se que todos os eventos perigosos considerados têm uma classificação baixa. Apenas tem que se dar atenção aos eventos de vandalismo e sabotagem e acesso de animais ao reservatório R6. Para estes eventos os perigos associados são o aparecimento de microrganismos patogénicos provenientes da urina e matéria fecal dos animais e as substâncias químicas perigosas, embora tenha uma probabilidade rara de acontecer podem ser considerados com uma severidade catastrófica podendo vir a ser considerados um PC.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados, verificou-se que não foi encontrado nenhum PCC, pois existem medidas de controlo para os perigos e as fases posteriores á esta etapa conseguem reduzi-los ou elimina-los.

As medidas de controlo já existentes para a etapa de Distribuição de água tratada (R3/R5–R6) são:

- ✓ Garantir um residual de cloro livre adequado na conduta adutora (R3/R5 – R6);
- ✓ Limpeza e desinfecção dos reservatórios R6 anualmente de modo a remover a matéria orgânica que se pode tornar biologicamente activa;
- ✓ Verifica-se o perímetro do reservatório R6 está devidamente protegido e o acesso condicionado;
- ✓ Verifica-se o estado da vedação periodicamente;
- ✓ Remover a vegetação na área do reservatório.
- ✓ Aumenta-se o cloro residual livre dentro dos valores limites se existir deterioração da qualidade da água.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas são:

- ✓ Inspeção regular à conduta (R3/R5 – R6) para prevenção;
- ✓ Substituição ou reparo da conduta em caso de ruptura.
- ✓ Fazer vigilância através da instalação de câmaras de vídeo e alarme na área do reservatório R6.

D6. Desinfecção final

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a desinfecção final, são de origem microbiológica, química e física.

D6.1 Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R6

Quadro 34 - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R6.

D6. Desinfecção final							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D6.1.1 Doseamento incorrecto do hipoclorito de sódio no reservatório R6	D6.1.1.1 Microrganismos patogénicos	3	4	12	S, N, S, N	PCC	PCC 9
	D6.1.1.2 Ferro e Manganês						
	D6.1.1.3 Problemas de odor e sabor						
D6.1.2 Formação de subprodutos	D6.1.2.1 Trihalometanos	3	4	12	S, N, S, N	PCC	
D6.1.3 Ruptura de stock	D6.1.3.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-	
	D6.1.3.2 Cianotoxinas						

Quadro 35 - Avaliação do sistema de distribuição: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R6 (continuação).

D6. Desinfecção final							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		PCC
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D6.1 Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R6	D6.1.4 Paragem no doseamento de hipoclorito devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais	D6.1.4.1 Matéria orgânica	3	3	9	S, N, S, N	PCC
	D6.1.4.2 Microrganismos patogénicos						
	D6.1.4.3 Ferro e Manganês						
	D6.1.5 Tempo de contacto insuficiente da água com o desinfetante	D6.1.5.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-

Ao analisar o quadro 31a e 31b verifica-se que o evento perigoso considerado com classificação moderada é a paragem no doseamento devido a falhas mecânicas, eléctricas ou estruturais do hipoclorito de sódio. Os perigos associados a estes PC são o aparecimento de microrganismos patogénicos, o ferro e manganês e matéria orgânica. Os evento considerado com uma classificação de risco elevado são o doseamento incorrecto do hipoclorito de sódio e a formação de subprodutos da desinfecção, sendo o aparecimento de microrganismos patogénicos, ferro e manganês, problemas de odor e sabor e a formação de trihalometanos os perigos associados. Com uma classificação baixa está o evento de ruptura de stock, mas tem que se dar especial atenção, uma vez que é raro a sua probabilidade de ocorrer mas a sua severidade pode ser catastrófica podendo levar ao aparecimento de microrganismos patogénicos e de cianotoxinas na água tratada.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC encontrados consideraram-se todos eles um PCC 9, embora exista medidas de controlo para estes PCC, esta etapa do processo e a seguinte não conseguem controlar o perigo existente, daí se considerar um PCC importante.

As medidas já existentes para a desinfecção final são:

- ✓ Análises feitas ao cloro residual livre, várias vezes ao dia;

- ✓ Registo diário das dosagens;
- ✓ Boa gestão do stock;
- ✓ Calibração do equipamento de cloração.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas são:

- ✓ Garantir a dosagem correcta de hipoclorito de sódio para evitar a formação de trihalometanos.

D7 Distribuição de água tratada (R6 – R7)

Os principais perigos que podem ocorrer com maior destaque, para a Distribuição de água tratada, são de origem microbiológica, química e física.

D7.1 Conduta adutora (R6-R7)

Quadro 36 - Avaliação do sistema de distribuição: Conduta adutora (R6-R7).

D7 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D7.1 Conduta adutora (R6-R7)	D7.1.1 Fuga de água nas condutas	D7.1.1.1 Falta de água	2	2	4	-	-
	D7.1.2 Acumulação de sedimentos no interior da conduta	D7.1.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
	D7.1.3 Ruptura de condutas	D7.1.3.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		D7.1.3.2 Substâncias químicas perigosas					
		D7.1.3.3 Turvação					
		D7.1.3.4 Falta de água					
	D7.1.4 Contaminação cruzada nas condutas	D7.1.4.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
		D7.1.4.2 Substâncias químicas perigosas					
		D7.1.4.3 Turvação					
	D7.1.7 Práticas de limpeza e desinfeção inadequadas durante as reparações ou durante a aplicação de condutas novas na rede	D7.1.7.1 Microrganismos patogénicos	1	4	4	-	-
D7.1.7.2 Substâncias químicas perigosas							

Ao analisar o quadro 32, verifica-se que todos os eventos perigosos estão classificados com uma classificação baixa.

D7.2 Reservatório de entrega (R7)

Quadro 37 - Avaliação do sistema de distribuição: Reservatório de entrega (R7).

D7 Adução de água tratada							
Evento perigoso	Perigos	Caracterização de Riscos			Árvore de decisão		
		P	S	Classificação	Resposta	PCC	
D7.2 Reservatório de entrega (R7)	D7.2.1 Fuga de água no reservatório	D7.2.1.1 Quantidade insuficiente de água	1	2	2	-	-
	D7.2.2 Acumulação de sedimentos no interior do reservatório	D7.2.2.1 Microrganismos patogénicos	2	2	4	-	-
		D7.2.2.2 Turvação					
	D7.2.3 Acesso de animais ao reservatório	D7.2.3.1 Microrganismos patogénicos	2	5	10	S, N, S, N	PCC
	D7.2.4 Acções de vandalismo ou sabotagem	D7.2.4.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
		D7.2.4.2 Substâncias químicas perigosas					
	D7.2.6 Deterioração da qualidade da água no reservatório	D7.2.6.1 Microrganismos patogénicos	1	5	5	-	-
D7.2.7 Corrosão dos materiais de construção	D7.2.7.1 Substâncias químicas perigosas	2	2	4	-	-	

PCC 10

Ao analisar o quadro 33, verifica-se que o evento perigoso considerado com uma classificação moderada é o acesso de animais, particularmente aves, ao reservatório R7. Para este PC o perigo associado é o aparecimento de microrganismos na água tratada provenientes de material fecal das aves. Tem que se dar especial atenção a acções de vandalismo e sabotagem no reservatório e à deterioração da qualidade da água no reservatório, sendo o perigo associado o aparecimento de microrganismos patogénicos e substâncias químicas perigosas, embora tenha uma probabilidade rara de acontecer podem ser considerados com uma severidade catastrófica podendo vir a ser considerados um PC.

Ao aplicar a árvore de decisão ao PC encontrado, verifica-se que foi considerado um PCC 10 para o acesso de animais ao reservatório R7. Considera-se um PCC importante

devido existir medidas de controlo para os potenciais perigos, mas a fase em que ocorre o processo não consegue controla-los e não existe nenhuma fase posterior á esta etapa que consiga reduzi-los ou elimina-los.

As medidas de controlo já existentes para a etapa de Distribuição de água tratada (R6 – R7) são:

- ✓ Garantir um residual de cloro livre adequado na conduta adutora (R6 – R7);
- ✓ Limpeza e desinfecção do reservatório R7 anualmente de modo a remover a matéria orgânica que se pode tornar biologicamente activa;
- ✓ Verifica-se se o perímetro do reservatório R7 está devidamente protegido e o acesso condicionado;
- ✓ Verifica-se o estado da vedação periodicamente;
- ✓ Aumenta-se o cloro residual livre dentro dos valores limites se existir deterioração da qualidade da água;
- ✓ Remover a vegetação na área do reservatório.

As medidas de controlo que deverão ser adoptadas são:

- ✓ Inspeção regular à conduta (R6 – R7) para prevenção;
- ✓ Substituição ou reparo da conduta em caso de ruptura.
- ✓ Fazer vigilância através da instalação de câmaras de vídeo e alarme na área do reservatório R7.

No total foram identificados dez PCC, como mostra a figura 20.

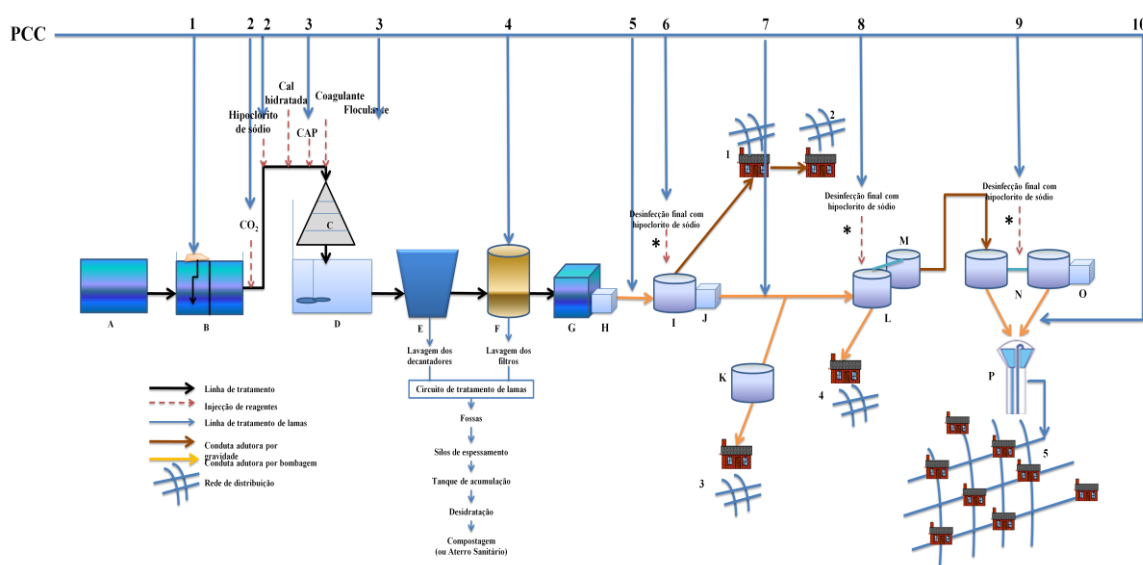


Figura 20 - Pontos de controlo críticos encontrados no sistema de abastecimento de Castro Verde.

4.2 Monitorização Operacional do Sistema de Abastecimento de Castro Verde

A monitorização serve de instrumento para se observar e avaliar as medidas de controlo aplicadas num dado ponto do sistema. Nesta etapa define-se para cada perigo, classificado com um risco igual ou superior a 6, parâmetros que devem ser monitorizados. A estes parâmetros são definidos os limites críticos (LC) a serem cumpridos pelo sistema, de modo a garantir a qualidade da água dentro dos limites determinados pela lei em vigor. Quando o valor destes limites é ultrapassado deve-se aplicar acções correctivas de modo a trazer o controlo ao sistema de abastecimento.

Com base no decreto-lei nº 306/2007 de 27 de Agosto e Rodrigo, et al., (2007), define-se, para os dez PCC encontrados, os parâmetros de controlo de qualidade da água e os seus limites de controlo.

Actualmente já se realiza no sistema de abastecimento de Castro Verde uma monitorização operacional. Na captação de água é realizada análises mensalmente á água bruta pela ARH-Alentejo, pela Unidade de Saúde do Baixo Alentejo e pela câmara municipal de Castro Verde e é realizada também a quantificação de cianobactérias. Na ETA realiza-se todos os dias análises ao cloro residual, pH, turvação, ao ferro manganês e ao alumínio. No sistema de distribuição realiza-se, já em Castro Verde, análises ááguatratada mensalmente realizando o controlo 1 e 2 e de inspecção segundo o decreto-lei nº 306/2007.

PCC 1: Captação da água bruta

Para o PCC 1 deve-se monitorizar vários parâmetros, tais como a temperatura da água bruta, o pH, a turvação, o ferro e manganês que devem ser realizados pelo menos uma vez por turno, e a condutividade, pelo menos uma vez por dia. Os pontos de amostragem destes parâmetros devem ser feitos junto á captação de água bruta, pelo operador de serviço na ETA, através de medidores portáteis fiáveis.

No sistema de abastecimento de Castro Verde realiza-se um controlo das bactérias coliformes, E. coli e Oxidabilidade, e avalia-se o estado trófico da água, controlando o Oxigénio dissolvido, a clorofila-a, fitoplancton, azoto total, fósforo total, todos eles são realizados pelo menos uma vez por mês. A amostragem deve ser realizada junto á captação de água bruta (em profundidade) e se necessário em um ou mais pontos a montante da captação ou a jusante das fontes poluidoras (ETAR's e Queijaria da

Chada). Estes parâmetros são monitorizados por um laboratório certificado, através de uma análise laboratorial.

As cianobactérias tem também um controlo neste sistema, através de monitorização de organismos fitoplantónicos (tipificação e contagem do numero de células), se existirem cianobactérias potências produtoras de toxinas (> 2000 células/ml), realiza-se a investigação de cianotóxicas. Este parâmetro é avaliado mensalmente (Outubro a Março) ou quinzenalmente (Abril a Setembro). A amostragem deve ser realizada sempre no mesmo local, junto á captação de água bruta e em profundidade. Este parâmetro é realizado por um laboratório certificado, através de uma análise laboratorial.

Para além destes parâmetros é também monitorizado os caudais captados, pelo menos uma vez por dia, e o nível da água na captação, uma vez por semana. Na tabela 2 encontram-se os limites críticos, os quais a qualidade da água não deve ultrapassar, para alguns dos parâmetros a monitorizar na captação da água bruta.

Tabela 2 – Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 1.

Parâmetro	Limites Críticos (base no Decreto-Lei n.º 306/2007)	
	Valor	Unidades
pH	[6,5 - 9]	Escala de Sorensen
Turvação	4	UNT
Condutividade	2500	µS/cm a 20° C
Ferro	200	µ/l Fe
Manganês	50	µ/l Mn
Bactérias coliformes	0	N/ 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	0	Número/100 ml
Oxidabilidade	5	mg/l O2

Em caso de haver um desvio dos valores destes LC deve-se implementar acções correctivas, são:

- ✓ No caso de haver um acidente grave a montante da captação, se necessário, interromper a captação da água.
- ✓ No período em que não se pode fazer a captação, utilizar fontes de água alternativas.

- ✓ Estabelecer tratamentos opcionais na ETA com capacidades de eliminar substâncias químicas perigosas ou algas.

PCC 2:Cloragem / remineralização

No PCC 2 devem ser monitorizados os seguintes parâmetros o pH e a temperatura da água, duas vezes por turno, à entrada do arejamento, pelo operador de serviço na ETA, através de medidores portáteis fiáveis.

No caso do doseamento de hipoclorito de sódio monitoriza-se o cloro livre residual, pH e temperatura, pelo menos uma vez por dia. O ponto de amostragem é no reservatório (R1) de água tratada, pelo operador de serviço na ETA, através de medidores portáteis.

Para além desta monitorização, deve-se realizar uma inspecção ao sistema doseador do hipoclorito de sódio, mais precisamente as bombas doseadoras.

Na tabela 3 indica-se os limites críticos para os parâmetros a monitorizar na cloragem/remineralização.

Tabela 3 - Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 2.

Parâmetro	Limites Críticos (base no Decreto-Lei n.º 306/2007)	
	Valor	Unidades
pH	[6,5 – 7,5]	Escala de Sorensen
Cloro livre residual	[1 a 1,5]	mg/l de Cl ₂

As acções correctivas para estes LC são:

- ✓ No caso de existir um incorrecto doseamento de hipoclorito de sódio deve-se identificar a causa e rectifica-la.
- ✓ Se for devido a uma anomalia mecânica deve-se fazer o manuseamento manualmente, até estar reparada.
- ✓ Ajustar o doseamento do hipoclorito de sódio sempre que as características da água bruta mudem.
- ✓ Em caso de défice de cloro residual livre, reajustar a dosagem de hipoclorito de sódio.
- ✓ Se for devido a um tempo de contacto insuficiente, deve-se identificar a causa e rectifica-la.

PCC 3: Arejamento/Coagulação/Floculação

No PCC 3, para o doseamento de CAP, verificar o doseamento da suspensão de carvão ativado, caso necessário fazer o seu ajuste, na ETA de Castro Verde inspecciona-se o sistema doseador, mais precisamente o nível de suspensão do CAP no tanque de preparação, o agitador e as bombas doseadoras. Devem ser realizadas pelo menos uma vez por turno, pelo operador de serviço na ETA.

No caso do doseamento de floculante é também inspeccionado o sistema doseador e o nível de solução do reagente na cuba, agitador e a bomba doseadora, deve-se verificar o ponto de injeção do polielectrólito. Esta inspeção deve ser realizada pelo menos uma vez por turno, pelo operador de serviço. Deve-se ainda verificar a preparação do polielectrólito, pelo menos uma vez por mês, para calcular a sua concentração.

Neste PCC 3, os parâmetros a monitorizar diariamente pelo operador de serviço são o pH e a turvação. A concentração de CAP, de coagulante e floculante, assim como o tempo óptimo de coagulação e de floculação, são realizados por um laboratório através de um Jar-test.

Na tabela 4 encontra-se os valores de limites críticos para os parâmetros a monitorizar no arejamento/coagulação/floculação.

Tabela 4 - Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 3.

Parâmetro	Limites Críticos (base no Decreto-Lei n.º 306/2007)		Local de monitorização
	Valor	Unidades	
pH	[6,5 – 7,5]	Escala de Sorensen	Antes do arejamento
Turvação	1,5	NTU	Saída do decantador
Concentração de CAP	2,8	g/m ³	Local de preparação dos Reagentes
Concentração de coagulante	43,64	g/m ³	
Concentração de floculante	0,68	g/m ³	
Tempo óptimo de coagulação	Definir	Horas	Jar-test
Tempo óptimo de floculação	Definir	Horas	

As acções correctivas para este PCC, em caso de desvio dos valores de LC são:

- ✓ Em caso da floculação não estar a ocorrer normalmente, realizar uma inspeção visual, para verificar a qualidade do floco. Se esta qualidade não for a pretendida deve-se reajustar a dose de floculante.

4: Filtração Rápida

No PCC 4, os parâmetros já monitorizados no sistema são a turvação, o pH, o Alumínio residual, o ferro e o manganês. Estes são monitorizados, pelo menos uma vez por turno, à saída dos filtros já no reservatório (R1). Esta monitorização pode ser realizada pelo operador de serviço, através de medidores portáteis.

No reservatório (R1), para além dos parâmetros anteriores, devem ainda ser monitorizados, as Bactérias coliformes, a E. coli e o nº de colónias a 22 °C e a 37°C. A amostragem é realizada, pelo menos uma vez por mês, por um laboratório certificado através de uma análise laboratorial.

Deve-se ainda controlar a velocidade de filtração, o caudal de entrada em cada filtro, o tempo de filtração, o ponto óptimo de colmatação e a cor da água filtrada. Devem ser controlados nos filtros, com excepção da cor da água filtrada que deve ser á saída dos filtros. Deve ser controlado por observação pelo operador de serviço, sempre que os valores sejam atingidos.

Na tabela 5 encontram-se os limites críticos para os parâmetros a serem monitorizados na filtração rápida.

Tabela 5 – Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 4.

Parâmetro	Limites Críticos (base no Decreto-Lei n.º 306/2007)	
	Valor	Unidades
pH	[6,5 – 7,5]	Escala de Sorensen
Turvação	0,5	NTU
Cor da água	20	mg/l PtCo
Tempo de filtração	Definir	horas
Ponto óptimo de colmatação	Definir	mm
Ferro	150	µ/l Fe
Manganês	40	µ/l Mn
Alumínio residual	150	µ/l Al
Cloro livre residual	[0,2 a 0,4]	mg/l de Cl2
Bactérias coliformes	0	N/ 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	0	Número/100 ml
Nº de colónias a 22 °C	120	N/ ml
Nº de colónias a 37 °C	120	N/ml

As acções correctivas a tomar em caso de desvio são:

- ✓ Para ter uma melhor eficiência na filtração rápida, deve-se ajustar as etapas anteriores.
- ✓ Controlo na qualidade dos reagentes, tais como o hipoclorito de sódio, o coagulante á base de alumínio e o polielectrólito.

No sistema de castro Verde, realiza-se uma inspecção regular durante a lavagem de cada filtro, para verificar se existe arrastamento do meio filtrante. Analisar, pelo menos uma vez por semana, a eficiência de cada filtro. Estas inspecções são realizadas pelo operador de serviço.

PCC 5, 7 e 10: Distribuição da água tratada (R1 – R2), (R2 – R3/R5) e (R6 – R7)

No PCC 5,6 e 7, para a conduta adutora, deve-se realizar uma inspecção local do estado de conservação dos troços ou secções descobertas das condutas, das caixas de válvulas de descarga e das ventosas. Esta inspecção deve ser realizada pelo departamento de Eng. Civil da câmara de Castro Verde.

Deve-se ainda minimizar o tempo de retenção da água no sistema de distribuição de modo a evitar a perda de qualidade.

Em relação aos reservatórios R2, R4, R3/R5, R6 e R7 de água tratada, são realizados acções regulares de higienização, pelo menos uma vez por ano, por uma empresa certificada. Quando ocorre esta higienização dos reservatórios deve ser efectuado um controlo microbiológico para comprovar a eficácia do trabalho, monitorizando assim as bactérias coliformes, a E. coli, o número de colónias a 22°C e a 37°C. Estas análises são realizadas por um laboratório certificado, através de uma análise laboratorial.

O pH, a temperatura e o cloro residual livre devem ser monitorizados em todos estes reservatórios, diariamente, pelo operador de serviço, através medidores portáteis.

Na tabela 6 apresentam-se os limites críticos para os parâmetros a serem monitorizados nos vários PCC.

Tabela 6- Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 5, 7 e 10.

Parâmetro	Limites Críticos (base no Decreto-Lei n.º 306/2007)	
	Valor	Unidades
pH	[6,5 – 7,5]	Escala de Sorensen
Turvação	1	UNT
Condutividade	2500	µS/cm a 20° C
Ferro	200	µ/l Fe
Manganês	50	µ/l Mn
Bactérias coliformes	0	N/ 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	0	Número/100 ml
Nº de colónias a 22 °C	120	N/ ml
Nº de colónias a 37 °C	120	N/ml
Cloro residual livre	[0,2 e 0,4]	mg/l de Cl2

As acções correctivas a tomar em caso de desvio destes LC são:

- ✓ Em caso de fugas, repara-las e realizar uma higienização adequada na rede, de modo a evitar crescimento bacteriano.
- ✓ Após as reparações e higienização das condutas, deve-se manter um residual de cloro livre para eliminar possíveis contaminações microbiológicas.
- ✓ Se a protecção dos reservatórios estão danificadas, deve substitui-las.
- ✓ Se houver contaminação microbiológica elevada rejeitar a água tratada e proceder á limpeza e higienização dos reservatórios.

PCC 6, 8 e 9: Adição de hipoclorito de sódio no reservatório R2, R3/R5 e R6

Para estes PCC 6,8 e 9 deve-se monitorizar o cloro livre residual, pH e temperatura, pelo menos uma vez por dia. O ponto de amostragem deve ser nos reservatórios (R2, R3/R5 e R6) de água tratada, pelo operador de serviço, através de medidores portáteis.

Devem ainda ser monitorizado as bactérias coliformes, E. coli, o número de colónias a 22°C e a 37°C, o alumínio residual, turvação, a oxidabilidade, os trihalometanos, o ferro e manganês e as cianobactérias. A amostragem deve ser realizada, pelo menos uma vez por mês. Actualmente realiza-se a monitorização destes parâmetros no reservatório R6 de água tratada, uma vez que é o mais distante da ETA. Estes parâmetros são monitorizados por um laboratório certificado, através de uma análise laboratorial.

Para além desta monitorização, realiza-se uma inspecção ao sistema doseador do hipoclorito de sódio, mais precisamente às bombas doseadoras.

Na tabela 7 indica-se os limites críticos para os parâmetros a monitorizar na cloragem/remineralização.

Tabela 7 - Limites críticos dos parâmetros a monitorizar no PCC 6,8 e 9.

Parâmetro	Limites Críticos (base no Decreto-Lei n.º 306/2007)	
	Valor	Unidades
pH	[6,5 – 7,5]	Escala de Sorensen
Turvação	0,5	UNT
Ferro	200	µ/l Fe
Manganês	50	µ/l Mn
Bactérias coliformes	0	N/ 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	0	Número/100 ml
Nº de colónias a 22 °C	100	N/ ml
Nº de colónias a 37 °C	20	N/ml
Alumínio	200	µ/l Al
Oxidabilidade	5	mg/l O2
Trihalometanos	150	µg/l
Cianobactérias	<50	Células/ml
Cloro residual livre	[0,2 e 0,4]	mg/l de Cl2

As acções correctivas para estes LC são:

- ✓ No caso de existir um incorrecto doseamento de hipoclorito de sódio deve-se identificar a causa e rectifica-la.
- ✓ Se for devido a uma anomalia mecânica deve-se fazer o manuseamento manualmente, ate estar reparada.
- ✓ Em caso de défice de cloro residual livre, reajustar ou reforçar a dosagem de hipoclorito de sódio.
- ✓ Se for devido a uma tempo de contacto insuficiente, deve-se identificar a causa e rectifica-la.

5

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Com este trabalho conclui-se que é de extrema importância a elaboração de um PSA uma vez que este assegura o fornecimento de água de boa qualidade ao consumidor.

Como explicado a elaboração de um PSA passa por identificar, avaliar e aplicar medidas de controlo a potenciais perigos a que um sistema de abastecimento de água fica sujeito. Como tal foi feita uma análise ao sistema de abastecimento de Castro Verde, identificando-se assim pontos com riscos associados. Foram detectados trinta e um PC com classificação moderada, nove com classificação elevada e dois com classificação extrema. Da totalidade dez foram considerados PCC.

Estes PCC foram considerados na tomada de água, no doseamento de CO₂ na conduta, de hipoclorito de sódio, de CAP e de floculante, na filtração rápida, nas condutas adutoras R1-R2 e R2-R3/R5, no reservatório R4 de água tratada e na adição de hipoclorito de sódio nos reservatórios R2, R3/R5 e R6. A estes PCC já estão implementadas algumas medidas de controlo que garantem o controlo dos riscos em níveis aceitáveis.

A monitorização operacional assegura que todas medidas de controlo são eficazes. No sistema de abastecimento estudado já se aplica uma monitorização mas esta revela-se em certas etapas do sistema insuficiente para uma boa supervisão. De forma a melhorar esta monitorização recomenda-se que sejam monitorizados parâmetros em vários locais do sistema sendo eles no local de preparação dos reagentes, antes e depois da filtração e em todos os reservatórios de água tratada.

Com tudo isto, a câmara municipal de Castro Verde, deve submeter a uma permanente observação todo o sistema de abastecimento, com vista a detectar e corrigir a tempo as alterações que possam ocorrer na qualidade da água.

Recomenda-se:

- A implementação do PSA para validação e verificação;

- Constituição de uma equipa multidisciplinar competente e com conhecimento de todo o sistema de abastecimento;
- A implementação para os PCC encontrados as novas medidas de controlo anteriormente descritas.
- Uma monitorização *on-line* dos parâmetros mais relevantes.

REFERENCIASBIBLIOGRAFICAS

-
- ✓ **Alves, C. 2007.** *Tratamento de Águas de Abastecimento*. 2ª Edição. Porto: PUBLINDÚSTRIA, EDIÇÕES TÉCNICAS. 978-972-8953-11-9.
 - ✓ **Amaro, José Soares e Pereira, Aurélio Soares. (1991).** Tubagens e Acessórios de Ilgação. *MANUAL DE SANEAMENTO BÁSICO*. DIRECÇÃO - GERAL DOS RECURSOS NATURAIS. Lisboa
 - ✓ **ARH-Alentejo.** (s.d.). *Qualidade da água*. Obtido em 5 de 2010, de http://www.arhalentejo.pt/app_ext/redes/dadosRQA.php?X1=Alb.+Monte+da+Rocha&D1=1&M1=01-&A1=2005&D2=1&M2=01-&A2=2010&saida=HTML&Submit+Button=Pesquisar
 - ✓ **AWWA (American Water Works Association) (1999)** - Water quality and Treatment – *A Handbook of Community Water Supplies*. 5th Edition. McGraw-Hill,Inc.. New York. ISBN: 0-07-001659-3
 - ✓ **Bartram J., Corrales L., Davison A., Deere D., Drury D., Gordon B., Howard G., Rinehold A., Stevens M. (2009)** - *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua - Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Organización Mundial de Saúde. Geneva. ISBN 978-92- 4 356263-6.
 - ✓ **BCSD Portugal (2008).** *Case study 2008 - Plano de Segurança da Água de Águas do Cávado*. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável.
 - ✓ **Brettar, I., Hofle, Manfred G. (2008).** Molecular assessment of bacterial pathogens – a contribution to drinking water safety. *Current Opinion in Biotechnology*, **19**: 274-280.
 - ✓ **Brito, A. G., Oliveira, J. M., & Peixoto, J. (2010).** *Tratamento de Água para Consumo Humano e Uso Industrial: Elementos teorico-práticos*.

- ✓ **Câmara Municipal de Castro Verde** – *Caracterização do concelho de Castro Verde*. Obtido em Maio de 2010. Disponível na World Wide Web: <http://www.cm-castroverde.pt/cm_castroverde/concelho/default.asp?t=territorio&s=caracterizacao>.
- ✓ **Câmara Municipal de Ourique** – *Caracterização do concelho de Ourique*. Obtido em Maio de 2010. Disponível na World Wide Web: <[http://www.cm-Ourique.pt/cms\(view/id/107/>](http://www.cm-Ourique.pt/cms(view/id/107/>).
- ✓ **Carmo, Rose Ferraz, Bevilacqua, Paula Dias e Bastos, Rafael K. Xavier, (2008).** *VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: ABORDAGEM QUALITATIVA DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS*. s.l. : Eng. sanitári ambiental, 2008. pp. 426-436, Artigo Técnico.
- ✓ **Consultores de Engenharia, (1991).** *Abastecimento de água a algumas povoações dos Concelhos de Castro Verde e Ourique a partir da Barragem do Monte da Rocha - ETA-R1-EE1*.
- ✓ **Damikouka, I., Katsiri, A., & Tzia, C. (2007).** Application of HACCP principles in drinking water treatment. *Desalination*, **210**:138-145.
- ✓ **Davison, A., Deere, D., Stevens, M., Howard, G., & Bartram, J. (2006).** *Water Safety plan Manual*.
- ✓ **Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Fewtrell, L., Deere, D., et al. (2005).** *Water Safety Plans - Managing drinking-water quality from catchment to consumer*. Geneva: water, Sanitation and Health; Protction and the Human Environment; World Health Organization..
- ✓ **Decreto regulamentar n.º 37/91.** D.R. 167/91 SÉRIE I-B (23/07/91). Ministério do Ambiente e Recursos Naturais.
- ✓ **Decreto-Lei n.º 107/2009 de 15 de Maio.** D.R. I Série. 94. (15/05/09). 3014-3032. MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL.
- ✓ **Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto de 2007.** D.R. I Serie. 164. (27-08-07). 5747-5765. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

- ✓ **DIRECTIVA 98/83/CE DO CONSELHO** de 3 de Novembro de 1998. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. (05/12/98).
- ✓ **Doria, M., Pidgeon, N., & Hunter, P. (2009)**. Perceptions of drinking water quality and risk and its effect on behavior: a cross-national study. *Science of the Total Environment*, **407**: 5455-5464.
- ✓ **Dufour, Al, Snozzi, M., Koster, W., Bargram, J., Ronchi, E., & Fewtrell, L. (2004)**. Book Review. *Science of the Total Environment*, **330**: 277- 278.
- ✓ **EPA (2000)**. *The History of Drinking Water Treatment*. Office Of Water. United States Environmental Protection Agency.
- ✓ **Ferreira, F. A. (1990)**. *MODERNA SAÚDE PÚBLICA*. 6ª Edição. Lisboa: FUNDAÇÃO CALAUSTE GULBENKIAN.
- ✓ **Ferreira, J. P., Moinante, M. J., Oliveira, M. M., Leitão, T. E., Novo, M. E., Moreira, P., et al. (2000)**. *PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SADO 1ª Fase*. Estudo realizado para a Hidroprojecto, Engenharia e Gestão, S.A., LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, Departamento de Hidráulica - Grupo de Investigação de Águas Subterneas, Lisboa.
- ✓ **Filho, D. F.S. (1987)** – *Tecnologia de Tratamento de Água*. 3ª Edição. Nobel.
- ✓ **Hamilton, Paul D., Gale, Paul, Pollard, & Simon J.T. (2006)**. A commentary on recent water safety initiatives in the context of water utility risk management. *Environment International*, **32**: 958-966.
- ✓ **Hammer, M.; Hammer, M.J. (2003)** – *Water and Wastewater Technology*, 5ª Edição. Prentice Hall. New Jersey. ISBN -10: 0130973254; ISBN – 13: 978-0130973252
- ✓ **Hebert, A., Forstier, D., Lenes, D., Benanou, D., Jacob, S., Arfi, C., Lambolez, L., & Levi, Y. (2010)**. Innovative method for prioritizing emerging disinfection by-products (DBPs) in drinking water on the basis of their potential impact on public health. *Water Research*, **44**: 3147-3165.
- ✓ **IRAR, & IWA. (2005)**. *A Carta de Bona para o Abastecimento Seguro de Água para Consumo Humano*. INSTITUTO REGULADOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS. Lisboa.

- ✓ **IWA (2004).** *The Bonn Charter for Safe Drinking Water.* International Water Association.
- ✓ **Mendes, B., & Oliveira, J. S. (2004).** *Qualidade da água para consumo humano.* Lisboa: LIDEL - edições técnicas, Lda. 972-757-274-X.
- ✓ **Metcalf & Eddy (2003).** *Wastewater engineering – Treatment and Reuse.* 4th Edição. McGraw-Hill, Inc., International Editions. New York. ISBN: 0-07-0418780
- ✓ **MONTE DA ROCHA. (2004).** Obtido em Fevereiro de 2010, de CCDR-ALENTEJO: http://www.ccdr-a.gov.pt/app/relatorios/raa_2004/raa_23.pdf
- ✓ **Montgomery, J.M (1985) –** *Water Treatment Principles and Design.* Jonh Wiley & Sons. New York, NY. ISBN: 0-471-04384-2
- ✓ **Netto, J. M.A.; Richter, C.A. (1991) –** *Tratamento de água -Tecnologia actualizada.* Ed. Edgard Blücher Ltda. Brasil.
- ✓ **POAMR. 2003.** *Plano de Ordenamento da Albufeira do Monte da Rocha.* Resolução do Concelho de Ministros n.º 154/2003. D.R. 225 Série I –B (2003/09/29).
- ✓ **Pollard, S.J.T., Strutt, J.E., Macgillivray, B.H., Hamilton, P.D., & Hrudey S.E. (2004).** RISK ANALYSIS AND MANAGEMENT IN THE WATER UTILITY SECTOR – A review of Drivers, Tools and Techniques. *Process Safety and Environmental Protection*, **82 (B6):** 453-462.
- ✓ **PRAXAIR. FICHA DE SEGURANÇA - DIÓXIDO DE CARBONO REFRIGERADO.** s.l. : PRAXAIR PORTUGAL GASES S.A.
- ✓ **QUIMITÉCNICA.COM. (2008a).** *FICHA DE SEGURANÇA - FILTRACARB FY5-PAC.* QUIMITÉCNICA.COM - Comércio e Industria Quimica, S.A.
- ✓ **QUIMITÉCNICA.COM. (2008b).** *FICHA DE SEGURANÇA - HIPOCLORITO DE SÓDIO* (Ed 04 ed.). QUIMITÉCNICA.COM - Comércio e Industria Quimica, S.A.
- ✓ **QUIMITÉCNICA.COM. (2008c).** *FICHA DE SEGURANÇA - SUPERFLOC SÉRIE N/A-100.* QUIMITÉCNICA.COM - Comércio e Industria Quimica, S.A.

- ✓ **QUIMITÉCNICA.COM. (2009a).** *FICHA DE SEGURANÇA - CAL HIDRATADA.* QUIMITÉCNICA.COM - Comércio e Indústria Química, S.A.
- ✓ **QUIMITÉCNICA.COM. (2009b).** *FICHA DE SEGURANÇA - PAX18.* QUIMITÉCNICA.COM - Comércio e Indústria Química, S.A.
- ✓ **Ribeiro, M. Grade, Cary, Eduardo e Brás, J. 1991.** Válvulas e Outros Dispositivos Afins. *MANUAL DE SANEMANTO BÁSICO.* DIRECÇÃO GERAL DOS RECURSOS NATURAIS. Lisboa : s.n., 1991.
- ✓ **Rodrigo, C., Lopes, J. L., Saúde, M., Mendes, R., & Casimiro, R. (2007).** *CONTROLO OPERACIONAL EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.* Instituto Regulador de Águas e Resíduos. 2007. 978-989-95392-2-8.
- ✓ **Santana, F.; Almeida, G; Martins, S. (1998)** – *Metodologias de Avaliação do Funcionamento de Estações de Tratamento de Águas para Abastecimento Público.* Universidade Nova de Lisboa. Direcção Regional de Serviços dos Recursos Hídricos. Ministério do Ambiente. Instituto da Água. [Web Page]: http://snirh.inag.pt/snirh/download/relatorios/eta_avaliacao.pdf; Acedido em 03/12/2009.
- ✓ **Simas, Luís, et al. 2005.** *CONTROLO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SISTEMAS PUBLICOS DE ABASTECIMENTO.* s.l. : Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2005. 972-99354-6-7.
- ✓ **Souza, R. M. (2008).** *PRINCÍPIOS E MÉTODOS UTILIZADOS EM SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.* São Paulo.
- ✓ **Summerill, C., Pollard, S., & Smith, J. (2010).** The role of organizational culture and leadership in water safety plan implementation for improved risk management. *Science of Total Environment*, **xxx**: xxxx-xxxx.
- ✓ **Vieira, J. M. (2007).** *O Abastecimento de Água e a Gestão de Riscos para a Saúde Pública.* Obtido em 18 de Janeiro de 2010 de Portal Ambiente & Saúde - Artigos de Opinião. Disponível na World Wide Web: <<http://www.ambientesaude.pt/index.php?page=368&view=news:View&id=301>>.

- ✓ **Vieira, J. M., & Morais, C. (2005).** *PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTOS.* Instituto Regulador de Água e Resíduos; Universidade do Minho. 972-99354-5-9.
- ✓ **WHO (1993).** *Guidelines for Drinking-Water Quality.* 2ª ed., Vol. 1: Recommendations. World Health Organization. Geneva.
- ✓ **WHO (1996).** *Guidelines for Drinking-Water Quality.* 2ª ed., Vol. 2: Health criteria and other supporting information . World Health Organization. Geneva.
- ✓ **WHO (1997).** *Guidelines for Drinking-Water Quality.* 2ª ed., Vol. 3: Surveillance and control of community supplies. World Health Organization. Geneva.
- ✓ **WHO (2004).** *Guidelines for Drinking-Water Quality.* 3ª ed., Vol. 1: Recommendations. World Health Organization. Geneva.