



ESTRUTURA DE UM PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

JOSÉ M. P. VIEIRA



UNIVERSIDADE DO MINHO

Sumário

- ▶ Água e saúde pública
- ▶ PSA: a nova abordagem
- ▶ Estrutura geral de um PSA
- ▶ Caso de estudo
- ▶ Conclusões

Sumário

- ▶ Água e saúde pública
- ▶ PSA: a nova abordagem
- ▶ Estrutura geral de um PSA
- ▶ Caso de estudo
- ▶ Conclusões

Água e saúde pública

- ▶ Consumo de água: via para a transmissão de doenças

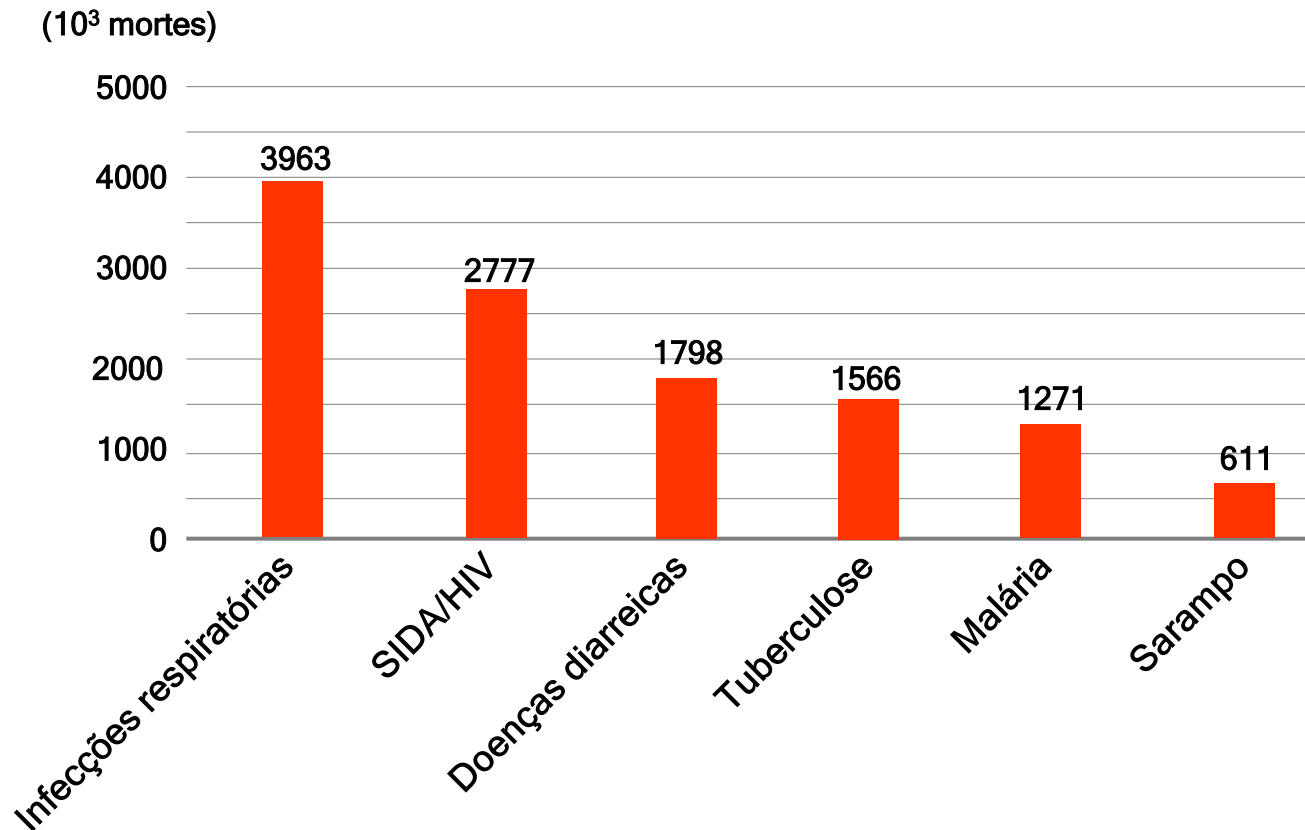


- Hipócrates (~300 A.C.)
 - Ferver água
- John Snow (1854)
 - Broad Street (London) fecho de bomba
- Louis Pasteur (1863)
 - Descoberta da existência de microrganismos
- Robert Cock (1883)
 - Isolamento de *Vibrio cholerae*

Água e saúde pública

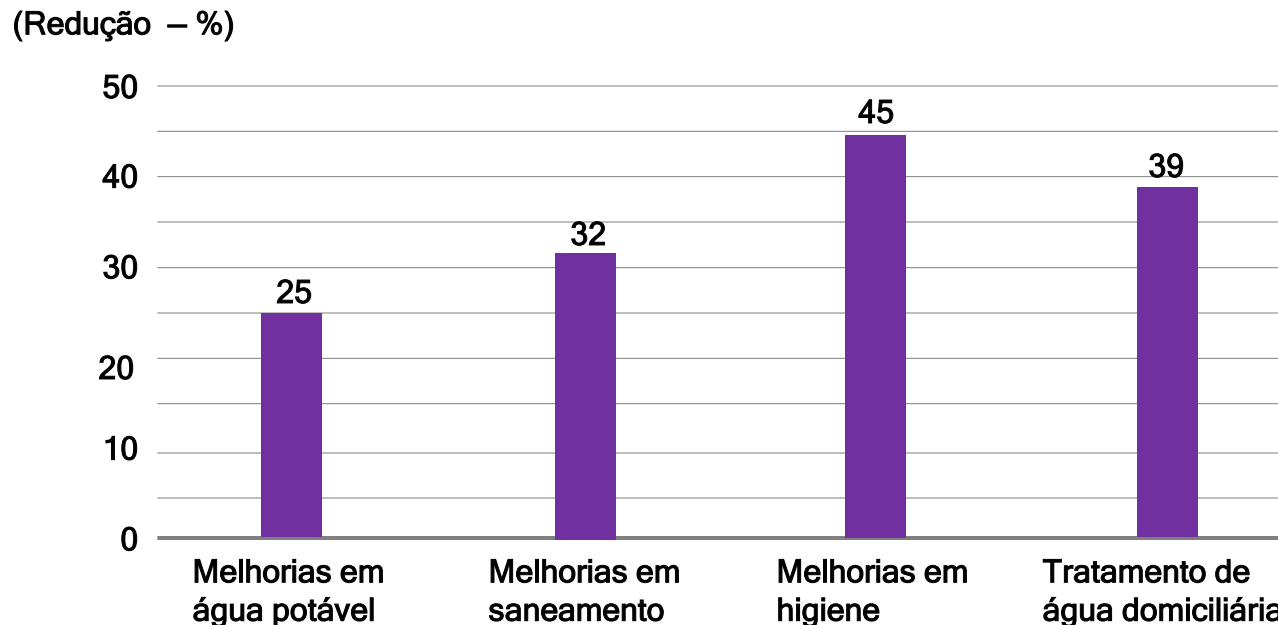
► Maiores causas de morte por doenças infecciosas

(Relatório OMS 2004)



Água e saúde pública

- ▶ Redução de doenças diarreicas por melhoramentos em abastecimento de água e saneamento (Fewtrell et al., 2005)



Água e saúde pública

- ▶ Mais de 100 anos de “sucesso” na prevenção de doenças

MAS:

- ▶ Continuam a verificar-se surtos de doenças
- ▶ Surgem “novos” microrganismos patogénicos
- ▶ Surgem substâncias tóxicas perigosas
- ▶ Há limitações na abordagem tradicional de controlo
- ▶ Há a preocupação das pequenas comunidades

Água e saúde pública

- ▶ Ameaças biológicas emergentes
 - ▶ Doenças bem conhecidas que podem reemergir
 - ▶ Doenças “novas” devido a novos métodos laboratoriais
 - ▶ Novas doenças
 - ▶ Mudanças em comportamento de doenças
 - ▶ Mudanças em condições ambientais
 - ▶ Outros microrganismos aquáticos que podem emergir

Água e saúde pública

- ▶ Ameaças químicas emergentes
 - ▶ Resíduos farmacêuticos
 - ▶ Compostos disruptores endócrinos (EDC)
 - ▶ Nitrosaminas
 - ▶ Pesticidas
 - ▶ Biocidas
 - ▶ Toxinas algais / cianobactérias
 - ▶ Produtos de higiene pessoal
 - ▶ Fragrâncias
 - ▶ ...

Água e saúde pública

▶ Ameaças químicas emergentes



Sumário

- ▶ Água e saúde pública
- ▶ **PSA: a nova abordagem**
- ▶ Estrutura geral de um PSA
- ▶ Caso de estudo
- ▶ Conclusões

PSA: a nova abordagem

- ▶ Limitações da abordagem tradicional
 - ▶ Focagem em teste do produto final
 - ▶ Vasto espectro de parâmetros a monitorizar
 - ▶ Deficiências de ordem técnica
 - ▶ Microrganismos indicadores (e.g. *E. coli* e coliformes) com dificuldades de correlação com vírus e protozoários

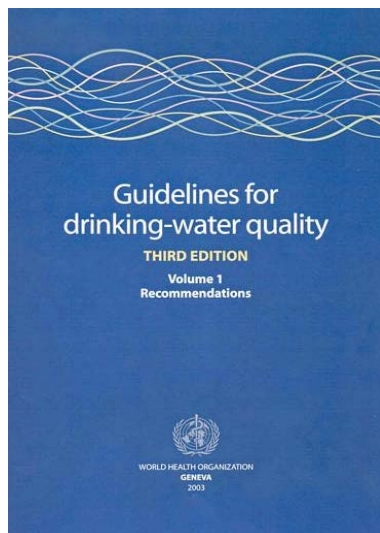
PSA: a nova abordagem

► Enquadramento

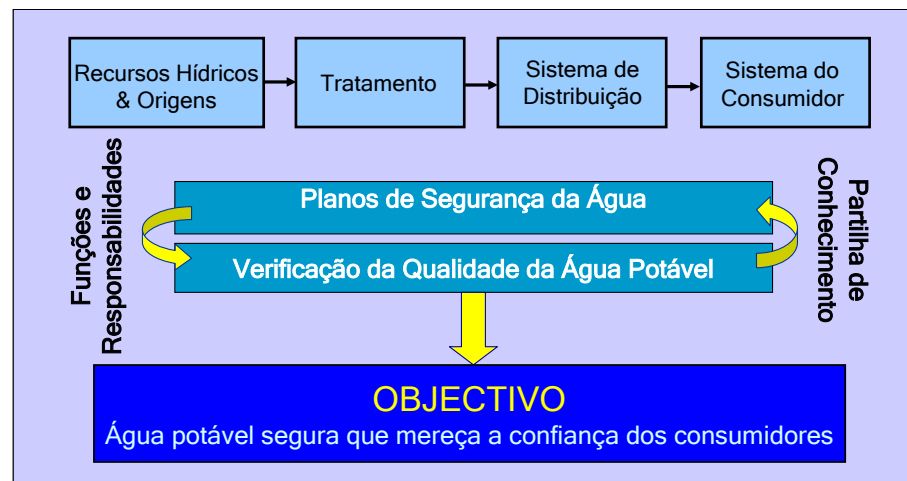
2003 Water Safety Conference Berlin, 28 - 30 April

2004

WHO Guidelines (3rd Edition)



The Bonn Charter framework (IWA)



PSA: a nova abordagem

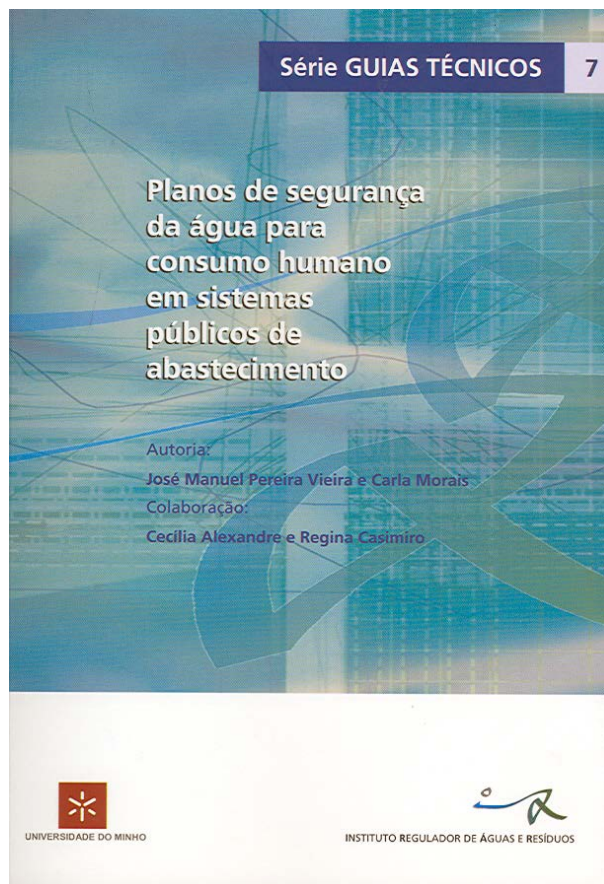
► Enquadramento

2005

Guia Técnico

Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento

Publicado pelo **IRAR** - Instituto Regulador de Águas e Resíduos



PSA: a nova abordagem

► Enquadramento

Manual PSA



PSA: a nova abordagem

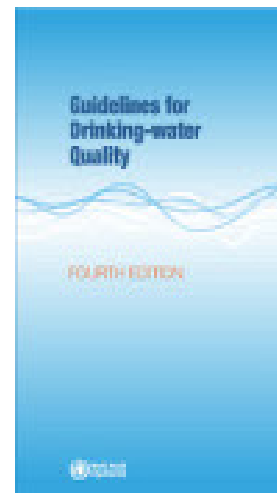
► Enquadramento

2011

Guidelines for Drinking-water Quality *4th Edition*

Author(s): World Health Organisation (WHO)

Publication Date: 01 Aug 2011



2012

Drinking Water Quality Management from Catchment to Consumer *A Practical Guide for Utilities Based on Water Safety Plans*

Editor(s): Bob Breach

Publication Date: 05 Oct 2011

**Drinking Water
Quality Management
from Catchment
to Consumer**

A Practical Guide for Utilities Based on Water Safety Plans

Edited by Bob Breach
Technical Director

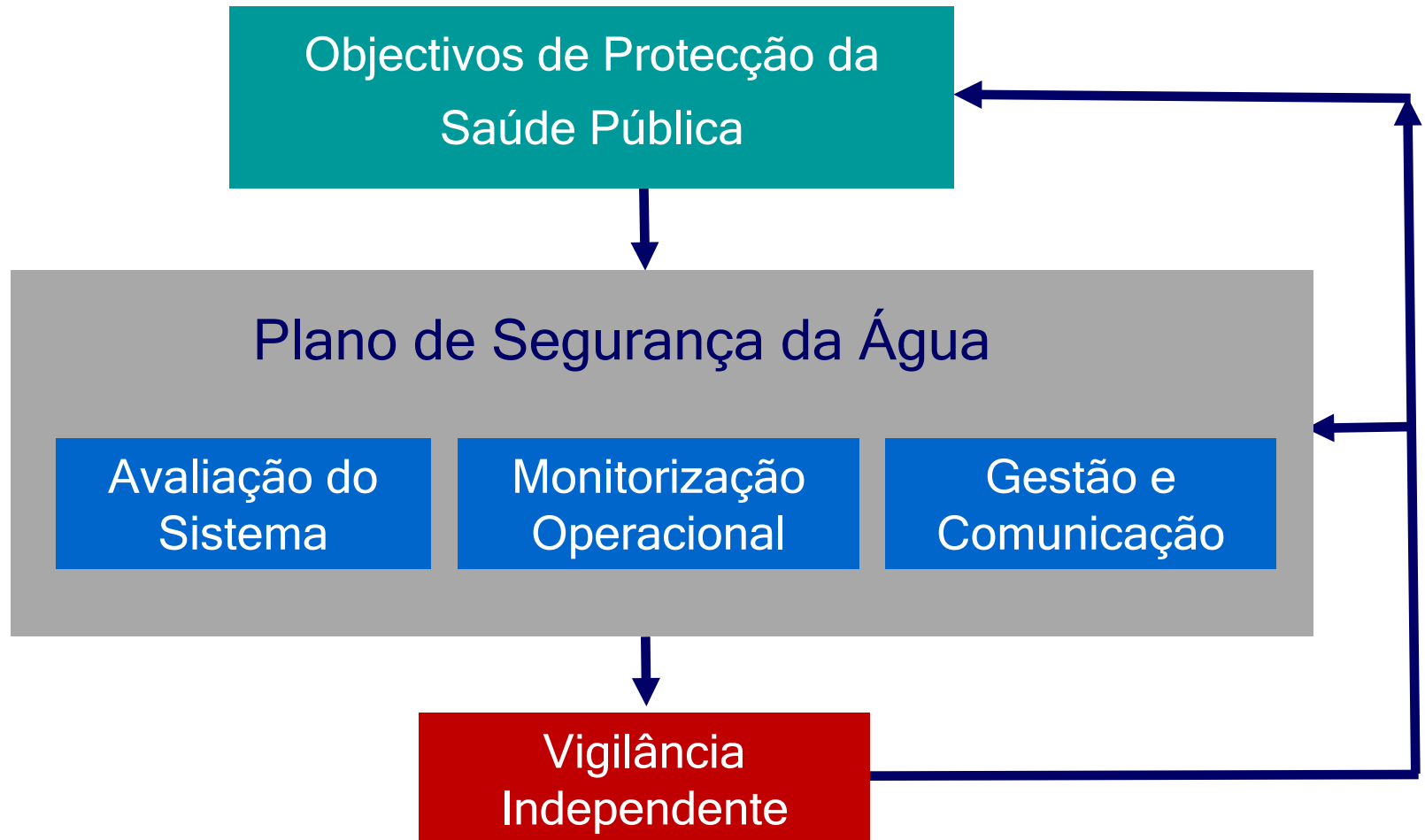


Sumário

- ▶ Água e saúde pública
- ▶ PSA: a nova abordagem
- ▶ **Estrutura geral de um PSA**
- ▶ Caso de estudo
- ▶ Conclusões

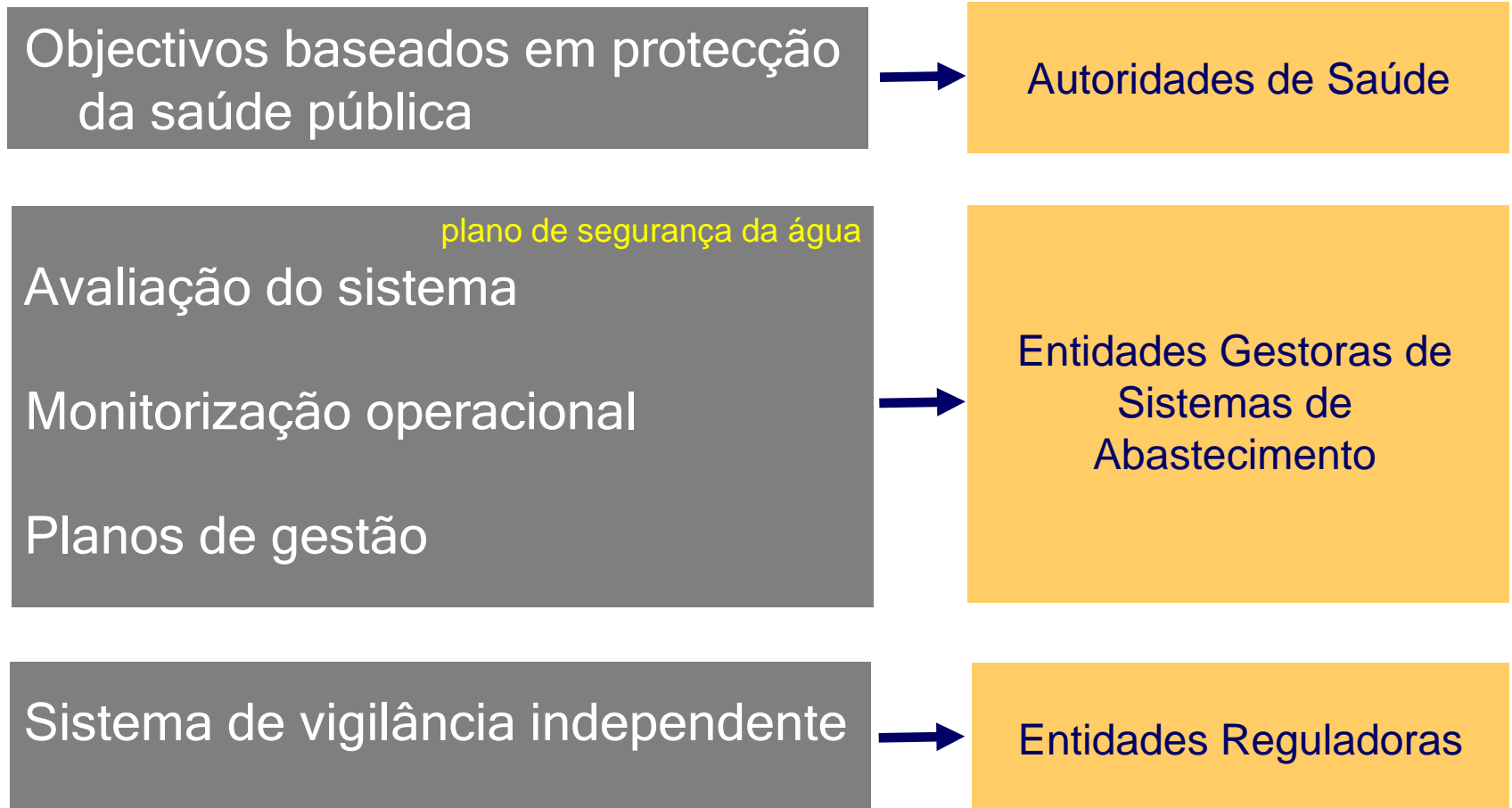
Estrutura geral de um PSA

- ▶ Quadro para a Segurança da Água para Consumo



Estrutura geral de um PSA

► Entidades responsáveis em cada Etapa



Estrutura geral de um PSA

- ▶ O que é um PSA:
 - Uma forma de assegurar **água segura** através de:
 - Conhecimento de todo o sistema de abastecimento
 - Identificação de onde e como podem surgir problemas
 - Colocação preventiva de barreiras e de sistemas de gestão
 - Assegurar que todas as componentes do sistema funcionam eficazmente
 - Uma abordagem de avaliação e gestão de riscos desde a fonte até ao ponto de consumo
 - Um quadro de água para consumo inserido em objectivos de Saúde Pública

Estrutura geral de um PSA

- ▶ O princípio das barreiras múltiplas



Controlo de qualidade



Normas & tratamento



Sistema de distribuição

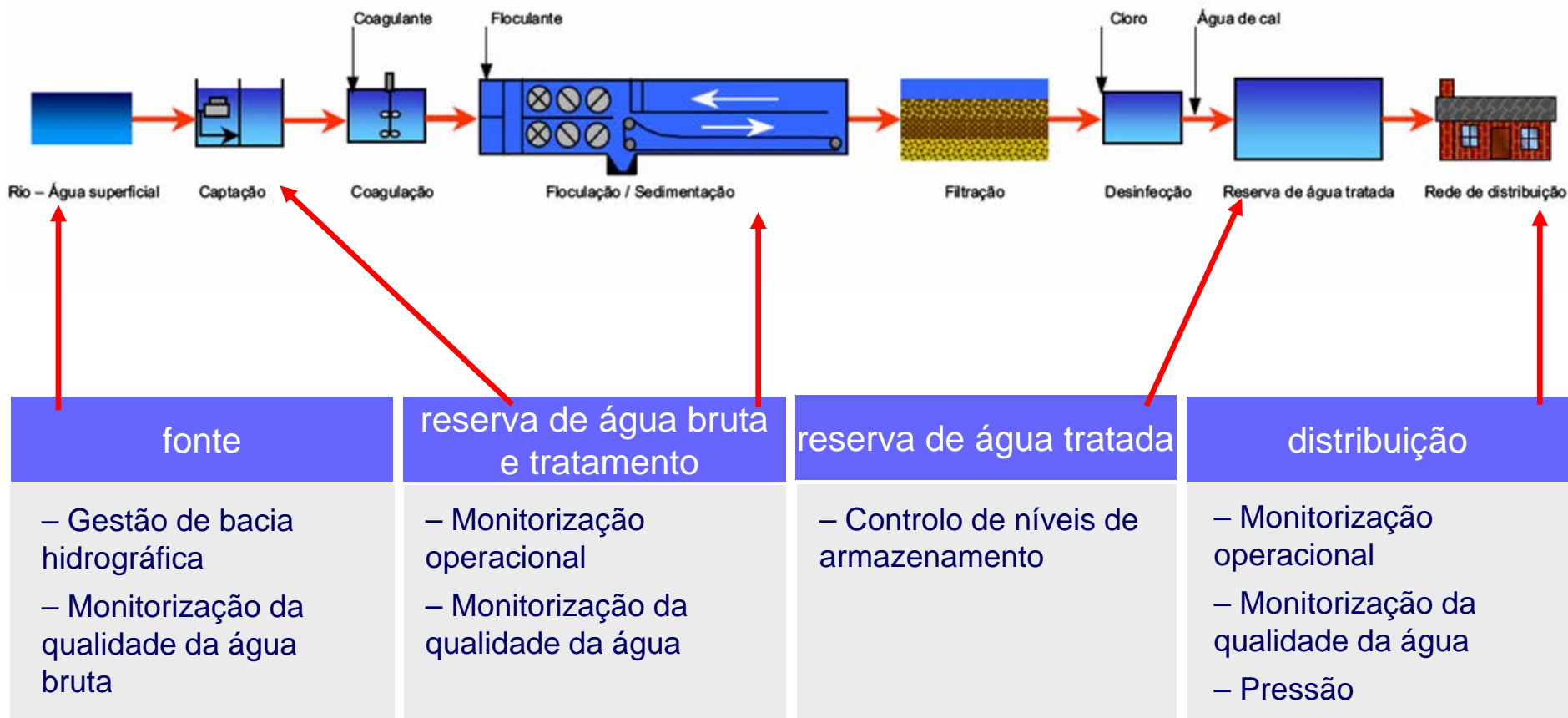


Consumidor

Sistema operacional de gestão de qualidade

Estrutura geral de um PSA

► O princípio das barreiras múltiplas



Estrutura geral de um PSA

▶ Componentes fundamentais do PSA

- ▶ ● Avaliação do Sistema
- ▶ ● Monitorização Operacional
- ▶ ● Planos de Gestão
- ▶ ■ Vigilância Independente

Estrutura geral de um PSA

- ▶ Avaliação do sistema. Da captação ao consumidor
 - Identificação de perigos e ameaças
 - Contaminação das fontes
 - Eventos (cheias, fogos, mudanças no consumo)
 - Relevância para o sistema (estabelecimento de grelha de avaliação)
 - Prevenção e redução de contaminação
 - Evitar riscos (protecção das fontes)
 - Eliminar riscos (tratamento convencional - filtração, desinfecção)
 - Preocupação com melhorias para o sistema



Estrutura geral de um PSA

- ▶ Monitorização operacional. Medidas de controlo
 - O abastecimento de água é um somatório de várias etapas
 - Garantir que as barreiras funcionem (**barreiras** ≡ **segurança**)
 - Frequência de monitorização adequada a cada etapa
 - Diferentes abordagens
 - Inspeção visual
 - Exames de qualidade
 - Procedimentos operacionais padronizados



Estrutura geral de um PSA

- ▶ Planos de gestão. Gestão e documentação do sistema
 - Procedimentos para a gestão de rotina
 - Procedimentos para a gestão em condições excepcionais
 - Protocolos de comunicação
 - Interna
 - Entidade Reguladora
 - *Media* e Público

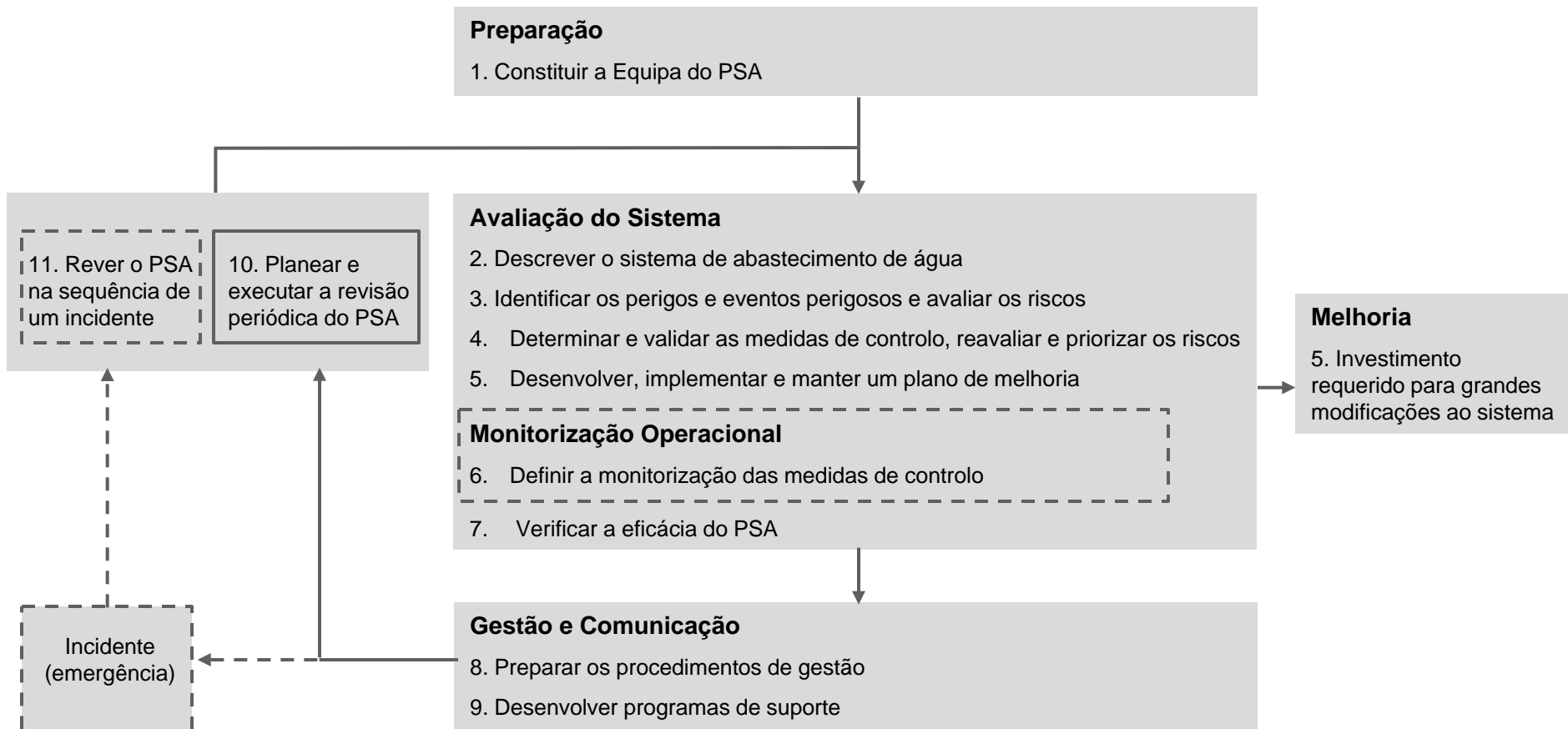


Estrutura geral de um PSA

- ▶ Vigilância independente. Garantir o funcionamento do sistema
 - Baseada em auditorias
 - Investigação directa
 - Validação das medidas de controlo
 - Verificação do produto final

Estrutura geral de um PSA

► Quadro geral de um PSA



Estrutura geral de um PSA

► Etapas para a implementação de PSA

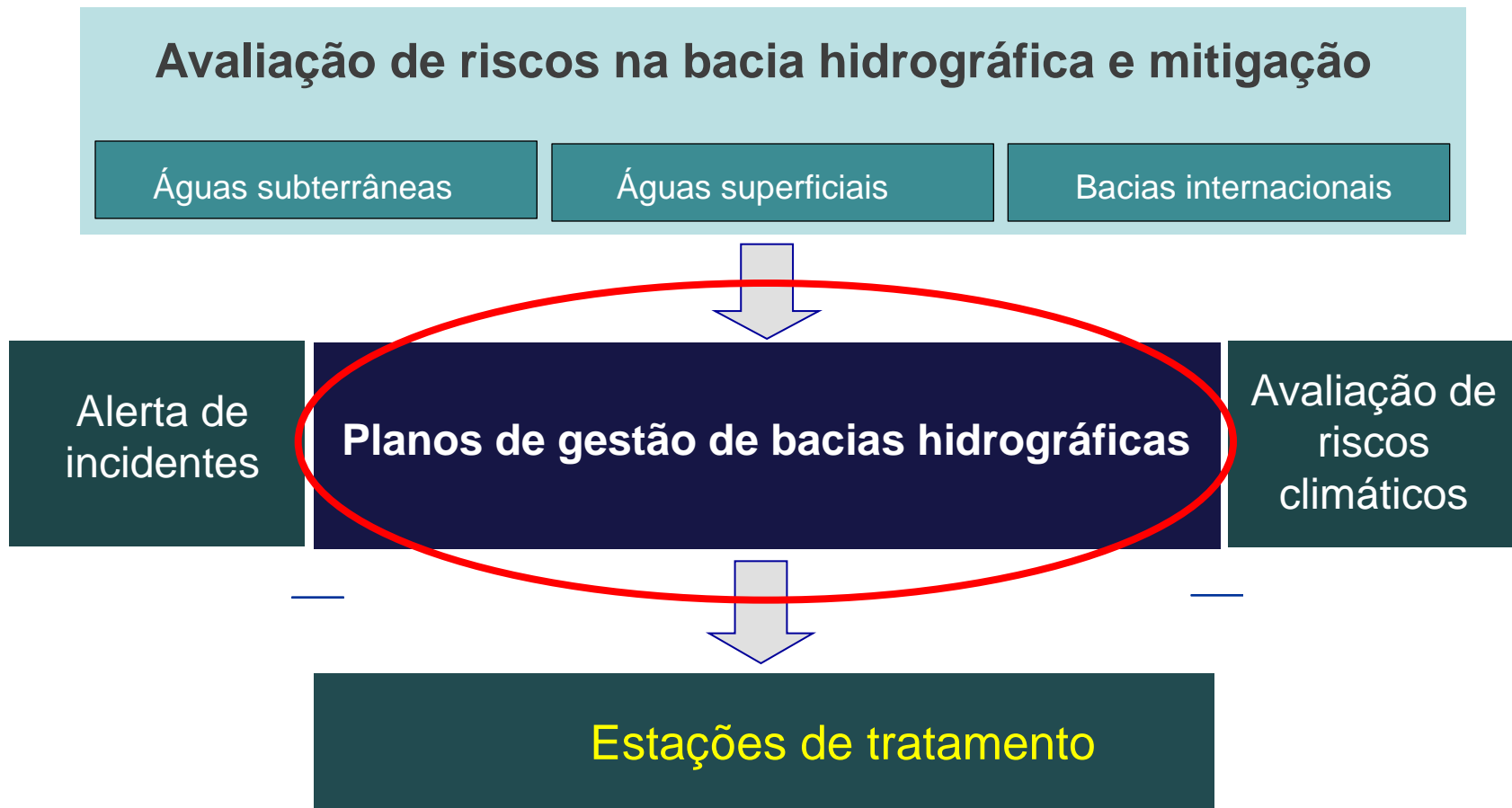
Preparação	Módulo 1. Constituir a equipa do PSA
Avaliação do sistema	Módulo 2. Descrever o sistema de abastecimento de água
	Módulo 3. Identificar os perigos e eventos perigosos e avaliar os riscos
	Módulo 4. Determinar e validar as medidas de controlo, reavaliar e priorizar os riscos
	Módulo 5. Desenvolver, implementar e manter um plano de melhoria
	Módulo 6. Definir a monitorização das medidas de controlo
Monitorização operacional	Módulo 7. Verificar a eficácia do PSA
Gestão e comunicação	Módulo 8. Preparar os procedimentos de gestão
	Módulo 9. Desenvolver programas de suporte
Revisão e melhoria	Módulo 10. Planear e executar a revisão periódica do PSA
	Módulo 11. Rever o PSA na sequência de um incidente

Sumário

- ▶ Água e saúde pública
- ▶ PSA: a nova abordagem
- ▶ Estrutura geral de um PSA
- ▶ **Caso de estudo**
- ▶ Conclusões

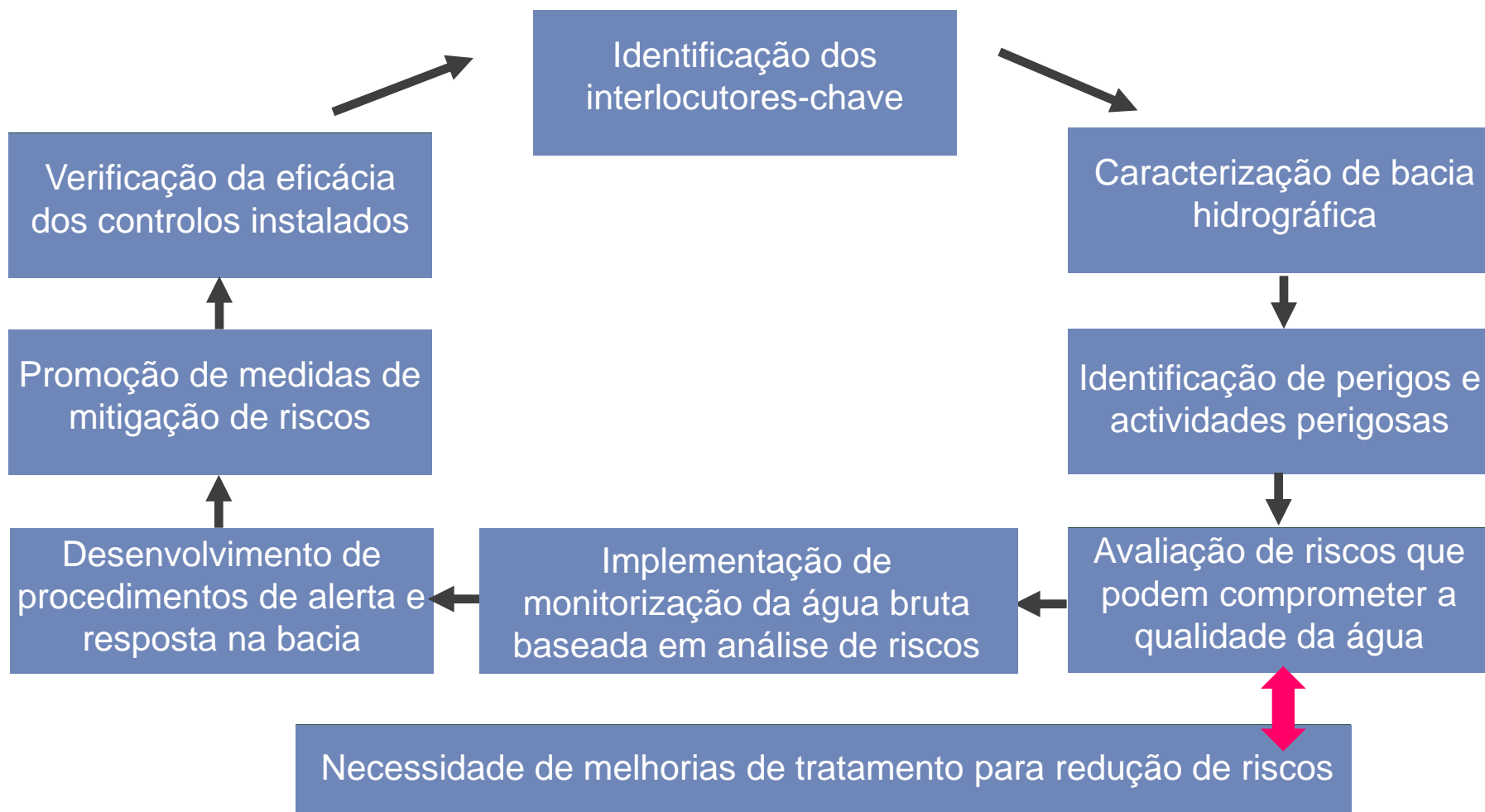
Caso de estudo

▶ PSA para a bacia hidrográfica



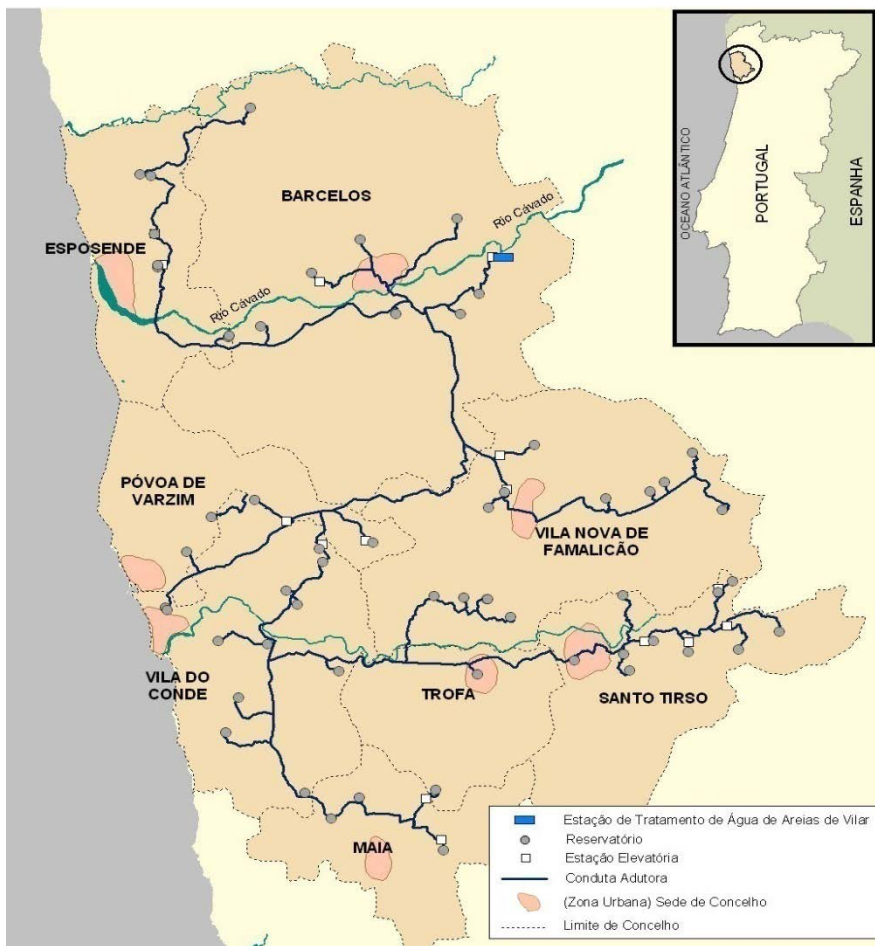
Caso de estudo

► PSA para a bacia hidrográfica



Caso de estudo

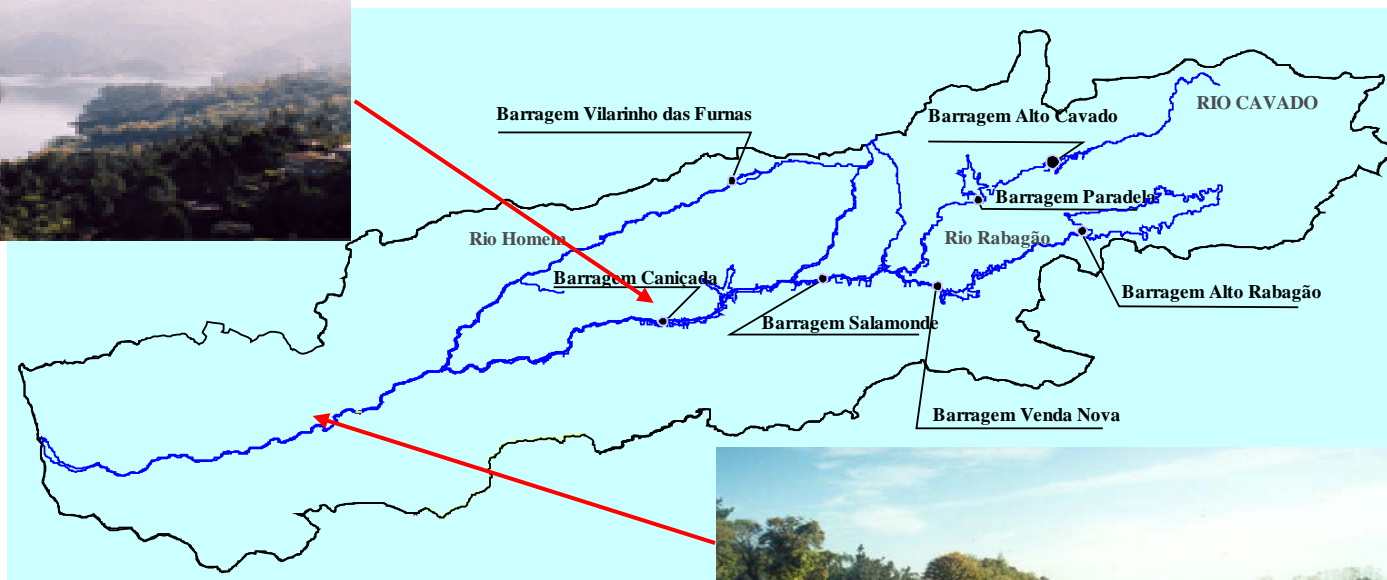
- ▶ Sistema de abastecimento de água à região Metropolitana do Grande Porto - Portugal



Condutas adutoras: 237,14 km
Reservatórios: 56
Estações de bombagem: 15
População servida: ≈ 600 000 hab.

Caso de estudo

- ▶ Fonte: água superficial do rio Cávado



Rio principal: Cávado

Afluentes principais: Homem e Rabagão



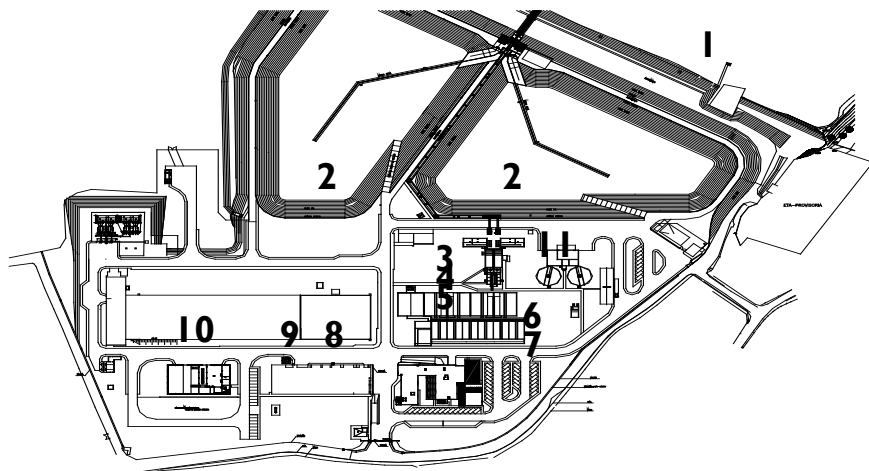
Caso de estudo

▶ Tratamento: ETA de Areias de Vilar



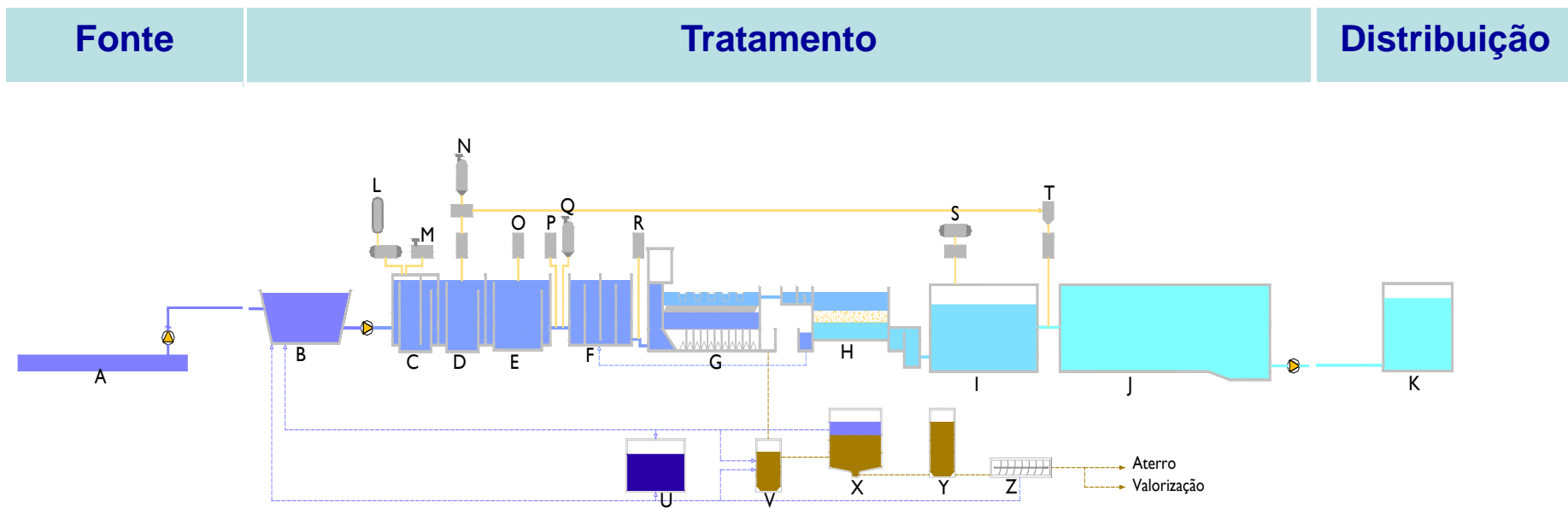
Capacidade: 230 000 m³/dia

1. Captação
2. Reservatório de água bruta
3. Pré-oxidação
4. Remineralização
5. Mistura rápida e floculação
6. Decantação
7. Filtração
8. Desinfecção
9. Tratamento de afinação
10. Armazenamento de água tratada
11. Tratamento de lamas



Caso de estudo

► Diagrama de fluxo



Caso de estudo

► Elementos para a avaliação de riscos

Escala de probabilidade de ocorrência

Probabilidade	Definição	Peso
Muito provável	Espera-se que ocorra 1 vez por dia	5
Provável	Vai acontecer provavelmente 1 vez por semana	4
Moderadamente provável	Vai ocorrer 1 vez por mês	3
Pouco provável	Pode ocorrer 1 vez por ano	2
Improvável	Pode acontecer em situações excepcionais (1 vez em 10 anos)	1

Escala de severidade de consequências

Severidade	Definição	Peso
Catastrófica	Potencialmente letal para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$)	5
Grande	Potencialmente letal para uma pequena parte da população ($< 10\%$)	4
Média	Potencialmente nocivo para uma parte significativa da população ($\geq 10\%$)	3
Pequena	Potencialmente nocivo para uma pequena parte da população ($< 10\%$)	2
Insignificante	Não tem qualquer impacto detectável	1

Caso de estudo

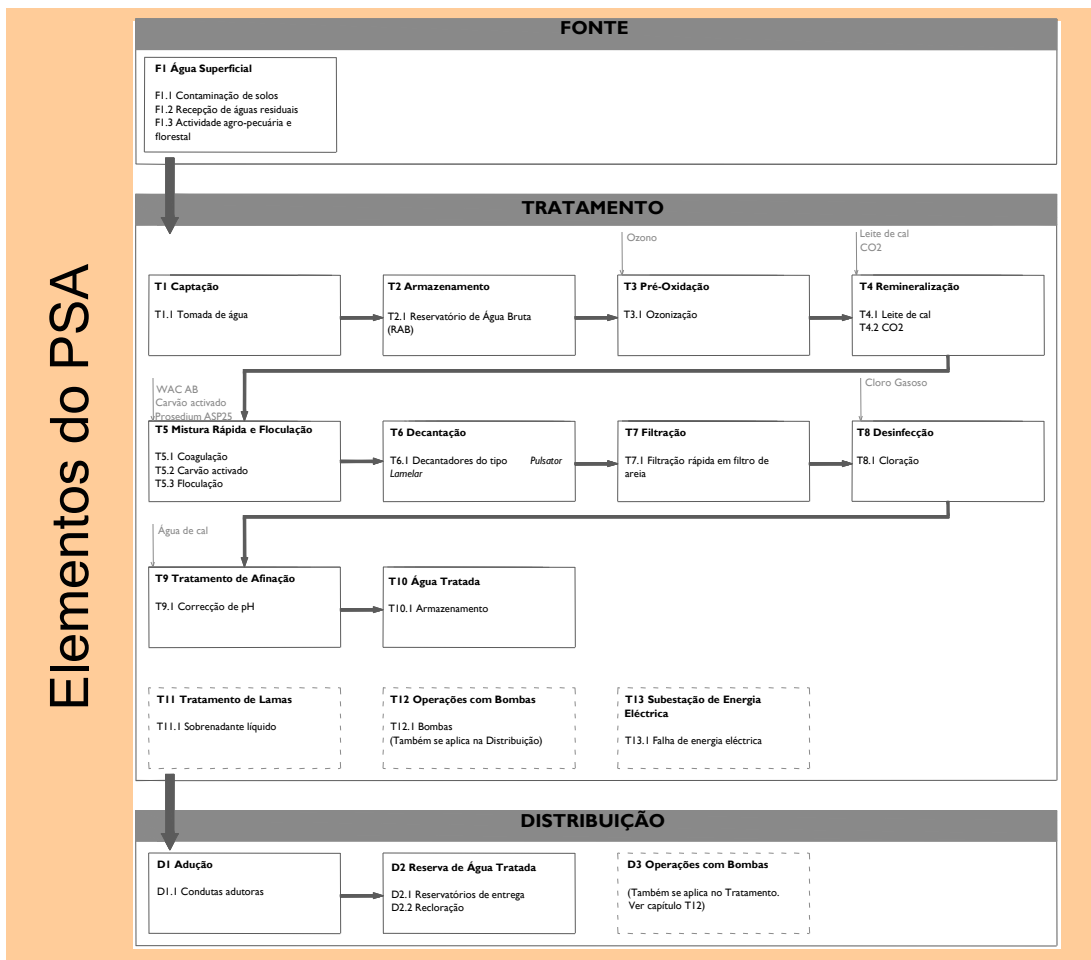
- ▶ Elementos para a avaliação de riscos

Matriz de priorização qualitativa de riscos

Probabilidade de ocorrência	Severidade das consequências				
	Insignificante	Pequena	Média	Grande	Catastrófica
Muito provável	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Provável	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	Extremo
Moderadamente provável	Baixo	Moderado	Moderado	Elevado	Elevado
Pouco provável	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Moderado
Improvável	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo

Caso de estudo

► Organização geral do PSA



Plano de Segurança de Qualidade da Água

Águas do Cávado, SA 

Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Hidráulica e Recursos 

Caso de estudo

► Elementos críticos do sistema

SÍNTESE			
Resumo de PC no TRATAMENTO	Elemento do sistema	Designação do PC	Parâmetros Críticos
	T1 Captação	PC 6 PC 7	Nível de aspiração no rio, pH, Azoto amoniacal, Nitratos, Cianetos, Hidrocarbonetos dis./emuls., Fosfatos, Coliformes fecais, Coliformes totais, Algas, Turvação, Condutividade, COT, <i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia</i>
	T2 Armazenamento de água bruta	PC 8	pH, Azoto amoniacal, Nitratos, Fosfatos, Algas
	T3 Pré-oxidação	PC 9 PC 10	pH, Algas, Coliformes fecais, Concentração de ozono, Set point paragem fuga de ozono, Brometos na água não ozonizada, Bromatos na água ozonizada
	T4 Remineralização	Não tem PC	-
	T5 Mistura rápida e floculação	PC 11 PC 12	pH, Alumínio residual na água filtrada, Acrilamida na água tratada
	T6 Decantação	PC 13	Turvação à saída dos decantadores, Fuga de flocos para a superfície
	T7 Filtração	PC 14	Turvação à saída dos filtros, Cor, <i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia</i>
	T8 Desinfecção	PC 15	pH à entrada dos TCCI, Cloro livre residual, <i>E.coli</i> , Bactérias coliformes
	T9 Tratamento de afinação	PC 16	pH
	T10 Água tratada	PC 17 PC 18	pH, Cloro livre residual, Trihalometanos, <i>E.coli</i> , Bactérias coliformes
	T11 Tratamento de lamas	Não tem PC	-
	T12 Operações com bombas	PC 19	Pressão no sistema, número mínimo de bombas em funcionamento
T13 Subestação de energia eléctrica	Não tem PC	-	

Caso de estudo

► Gestão de pontos de controlo

Exemplo de gestão de pontos de controlo	Evento: Nível de turvação superior a 0.5 NTU					
	PC 14	Tipo de Perigo: Físico e Microbiológico Classificação de Risco: Elevado				
	Evento perigoso					
	T7.1.1.1 Passagem de partículas e de matéria orgânica					
	Medidas de Controlo					
	Ajustar o número de filtros em função do caudal a tratar					
	Verificação das medidas de controlo					
	O que verificar?	Limite Crítico	Como?	Quando?	Quem?	Sinais de alarme
	Turvação à saída dos filtros	> 0.5 NTU	Telemetria	On-line	DOP	Níveis de turvação superiores a 0.5 NTU após a filtração
	Cor	> 20 mg/L Pt-Co	Análise laboratorial	Semanalmente	SLB	
<i>Cryptosporidium</i>	> 0 n.º/L	Análise laboratorial	Semanalmente	SLB	Aumento da frequência de lavagem dos filtros	
<i>Giardia</i>	> 0 n.º/L	Análise laboratorial	Semanalmente	SLB		
Acções correctivas						
<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar as etapas a montante para otimizar a eficiência da filtração • Reforçar a desinfecção • Rejeitar a água filtrada caso os níveis de turvação sejam superiores a 1.0 NTU 						

Caso de estudo

► Plano de contingência

Excerto do plano de emergência
Vandalismo/Sabotagem

Responsabilidade de acção: Águas do Cávado, S.A.

Indicadores de perigo

- Detecção de substâncias químicas ou microbiológicas em concentrações muito superiores à Norma
- Falhas na segurança contra intrusão
- Instalações vandalizadas

Análise da situação

- O abastecimento de água à população é a primeira prioridade
- Despistar situações de falso alarme
- Verificar as condições de operação do sistema de abastecimento e validar os valores medidos
- Identificar o tipo e o modo da contaminação ocorrida, em caso de sabotagem
- Avaliar a gravidade da ocorrência, analisando as suas consequências para a qualidade da água e/ou para a garantia da eficiência dos processos de tratamento
- Estabelecer medidas correctivas apenas se o equipamento de amostragem e a monitorização estiver a funcionar correctamente
- Ponderar fontes de abastecimento alternativas. Estudar a possibilidade de transvase entre sistemas de abastecimento (Minho e Lima; Douro e Paiva) e/ou entre reservatórios de entrega

Acções correctivas

- Reforçar os elementos e as medidas de segurança para prevenir a ocorrência de situações idênticas no futuro
- Verificar a qualidade da água, e interromper a captação, se necessário
- Informar as autoridades competentes, incluindo defesa civil e autoridade sanitária
- Informar a população, pelos meios adequados, em caso de perigo eminente para a saúde pública
- Utilizar um sistema de abastecimento alternativo
- Aplicar acções correctivas imediatas para restabelecer a qualidade da água em todo o sistema de abastecimento
- Registar o incidente e as acções tomadas

Caso de estudo

- ▶ Avaliação do funcionamento
 - ▶ Análise dos registos mais relevantes ao longo do ano
 - ▶ Reavaliação de riscos associados a cada PC
 - ▶ Avaliação da justificação de novas medidas de controlo
 - ▶ Avaliação crítica do funcionamento do PSA

Caso de estudo

► Avaliação do funcionamento. Exemplo

Exemplo de avaliação do funcionamento do PSA
Pré-oxidação

Verificação

- Toxinas provenientes de algas à entrada e à saída do tanque de contacto
- Coliformes totais (indicador de bactérias não eliminadas) ou fecais (indicador de matéria fecal)
- pH
- Sistema doseador de ozono
- Brometos na água não ozonizada
- Bromatos na água ozonizada
- *Cryptosporidium*

Frequência

- De acordo com o Plano de Monitorização da Qualidade da Água
- De acordo com a frequência definida no PSA

Tratamento dos resultados

- Registrar os resultados numa base de dados. Estes devem estar no mínimo de acordo com os valores legislativos, e de preferência com os limites estabelecidos no PSA.
- Os dados recolhidos devem ser periodicamente revistos para verificar se é possível que se esteja a desenvolver algum problema para o sistema de abastecimento.
- Esta revisão deve indicar todos os incidentes invulgares, indicar os procedimentos apropriados que não estão implementados, realçar os resultados laboratoriais da qualidade da água ou indicar a dados de qualidade de água tratada não conforme com a Norma. Rever os procedimentos para gestão da ozonização.
- Avaliar os resultados de monitorização e todas as acções tomadas como resultado de desvios de LC ou da aplicação de um plano de contingência, para verificar se o PSA precisa ser modificado.

Responsabilidade

- Águas do Cávado, S.A.

Caso de estudo

- ▶ Documentação e arquivo de dados
 - ▶ Suporte para o desenvolvimento do PSA
 - ▶ Registos periódicos da situação corrente
 - ▶ Cadastro dos métodos e procedimentos utilizados
 - ▶ Registos de programas de formação

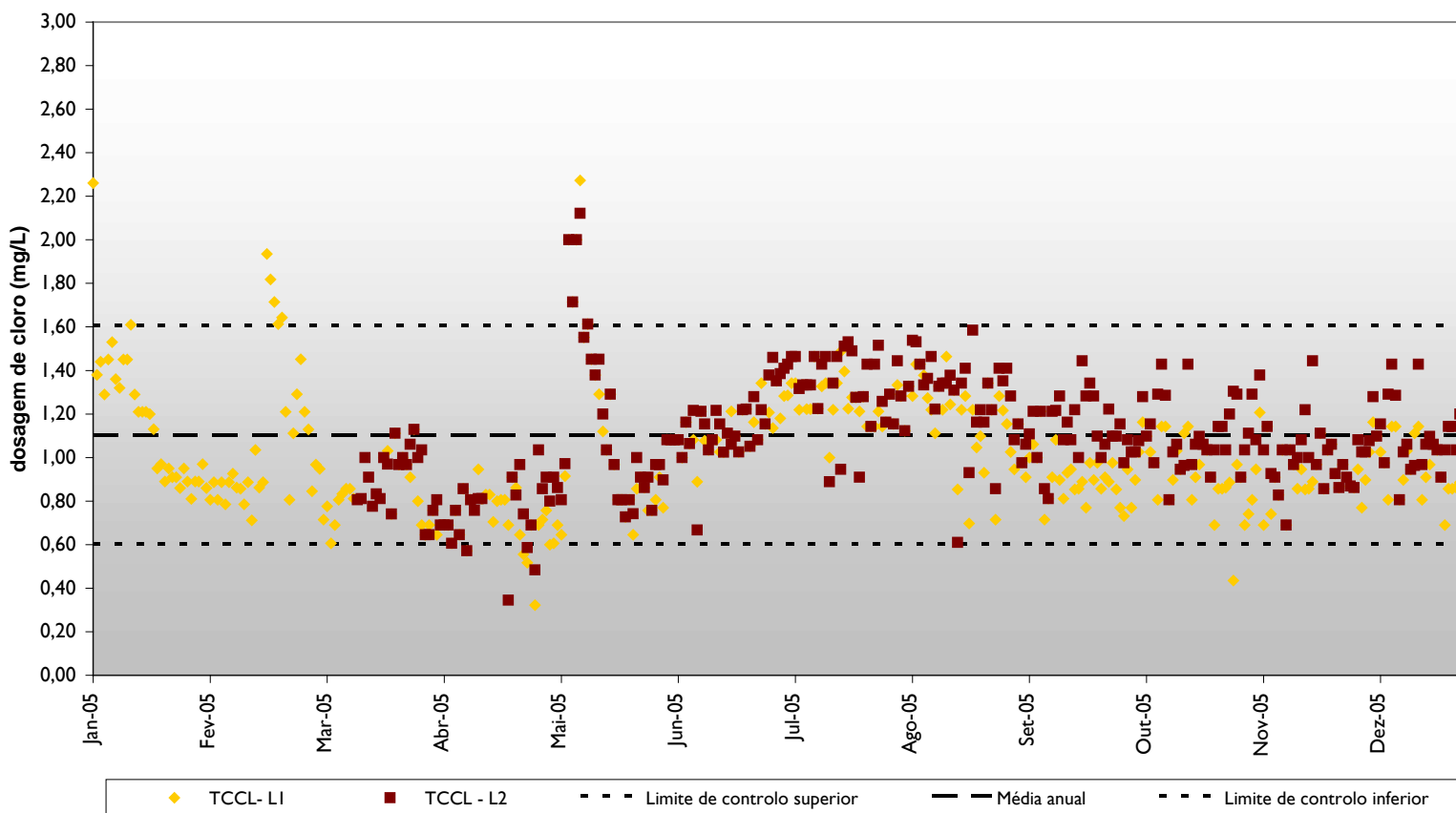
Caso de estudo

- ▶ Gestão de rotina
 - ▶ **Relatórios trimestrais:**
 - análise dos dados de monitorização
 - verificação das medidas de controlo
 - análise das não conformidades ocorridas e as suas causas
 - verificação da adequabilidade de acções correctivas
 - implementação de alterações necessárias
 - ▶ **Relatórios anuais:**
 - análise dos riscos mais relevantes ao longo do ano
 - reavaliação dos riscos associados a cada PC
 - avaliação crítica do funcionamento do PSA
 - implementação de alterações necessárias

Caso de estudo

► Gestão de rotina

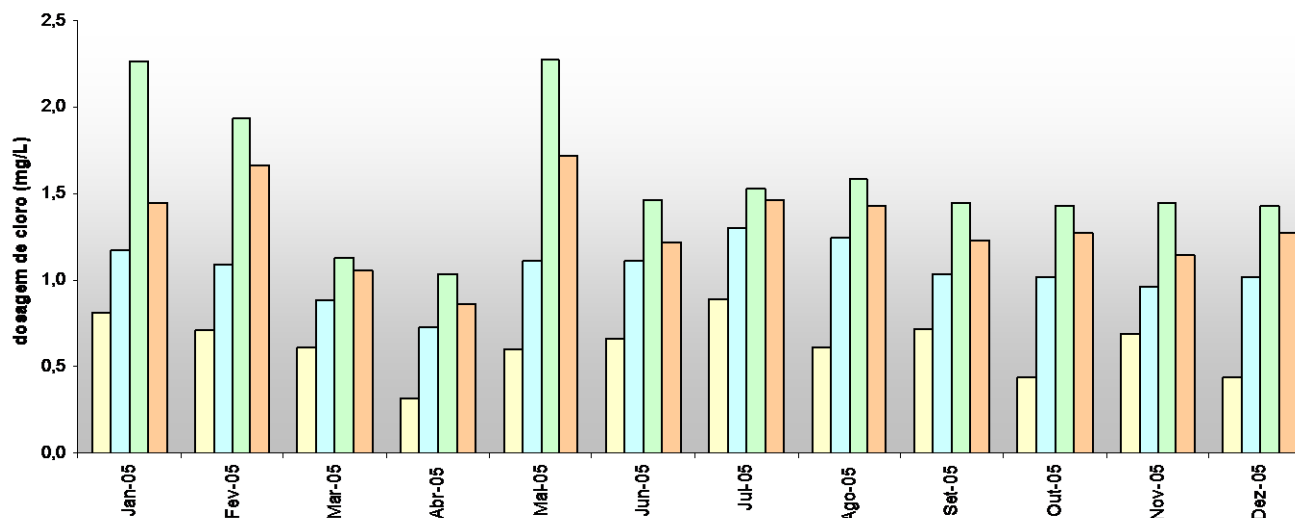
variação da dosagem de cloro na desinfecção (PC5)



Caso de estudo

► Gestão de rotina

variação da dosagem de cloro na desinfecção (PC5)

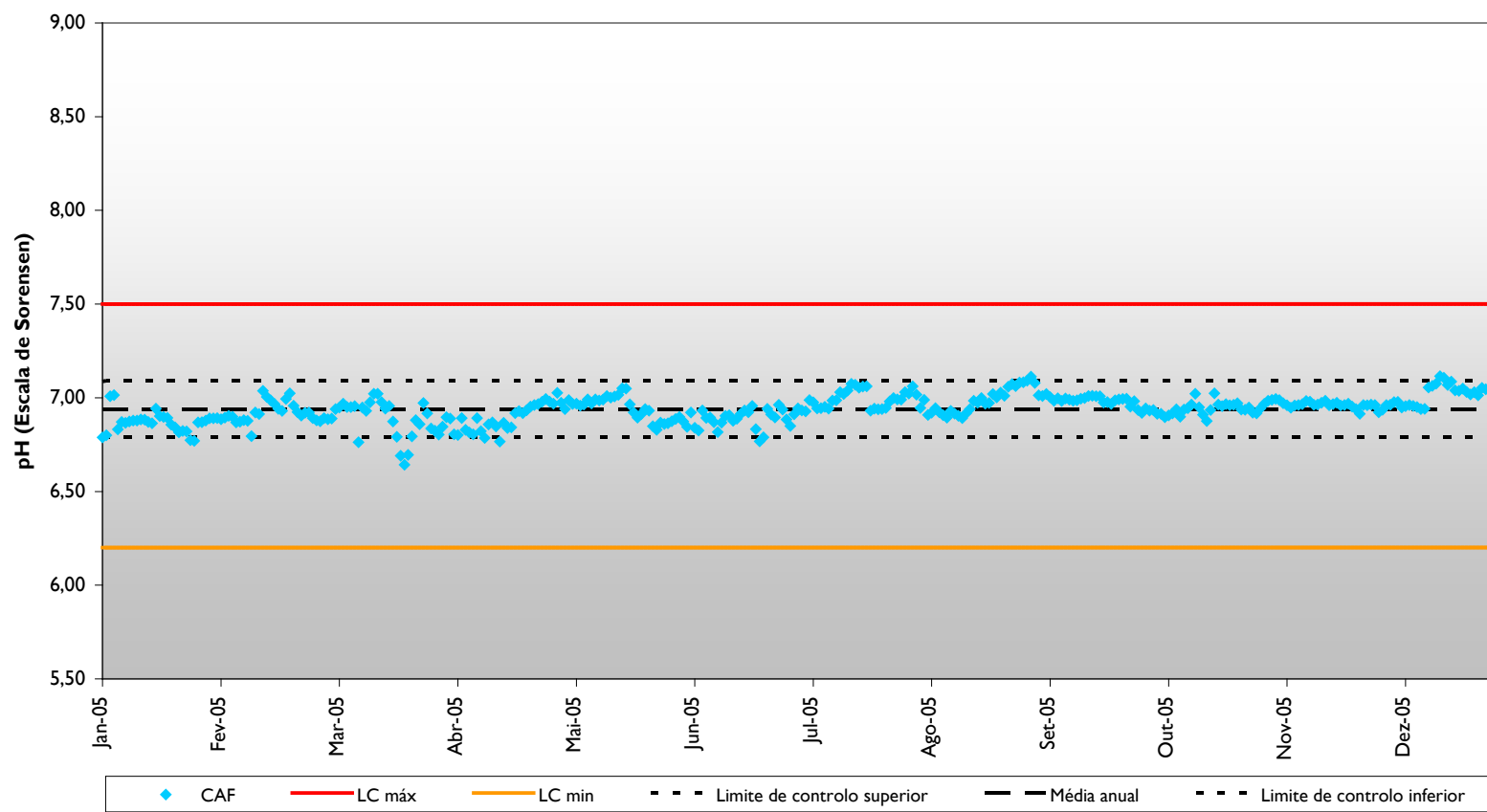


	1º Trimestre			2º Trimestre			3º Trimestre			4º Trimestre		
Mínimo	0,810	0,712	0,606	0,323	0,600	0,667	0,889	0,610	0,714	0,435	0,690	0,435
Média	1,177	1,095	0,881	0,728	1,110	1,107	1,296	1,243	1,032	1,018	0,966	1,018
Máximo	2,260	1,935	1,129	1,034	2,273	1,459	1,531	1,585	1,444	1,429	1,444	1,429
Perc. 90%	1,450	1,664	1,053	0,861	1,714	1,220	1,463	1,429	1,228	1,271	1,143	1,271

Caso de estudo

► Gestão de rotina

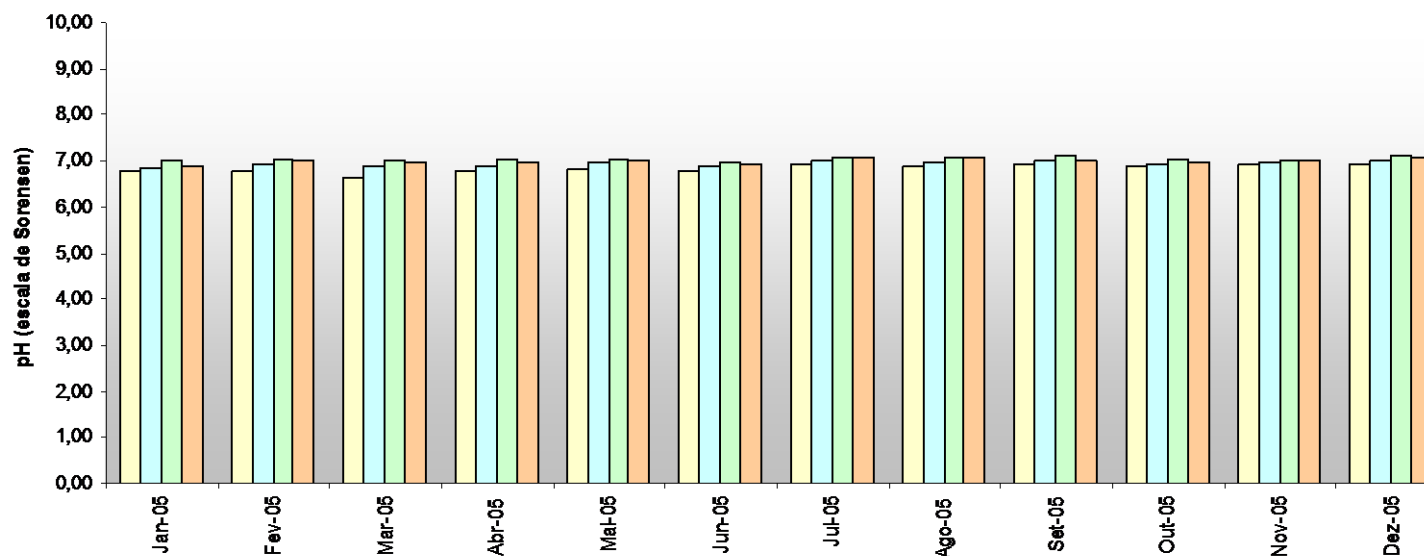
Variação de pH à entrada dos TCCI (PC5)



Caso de estudo

► Gestão de rotina

Variação de pH à entrada dos TCCI (PC5)

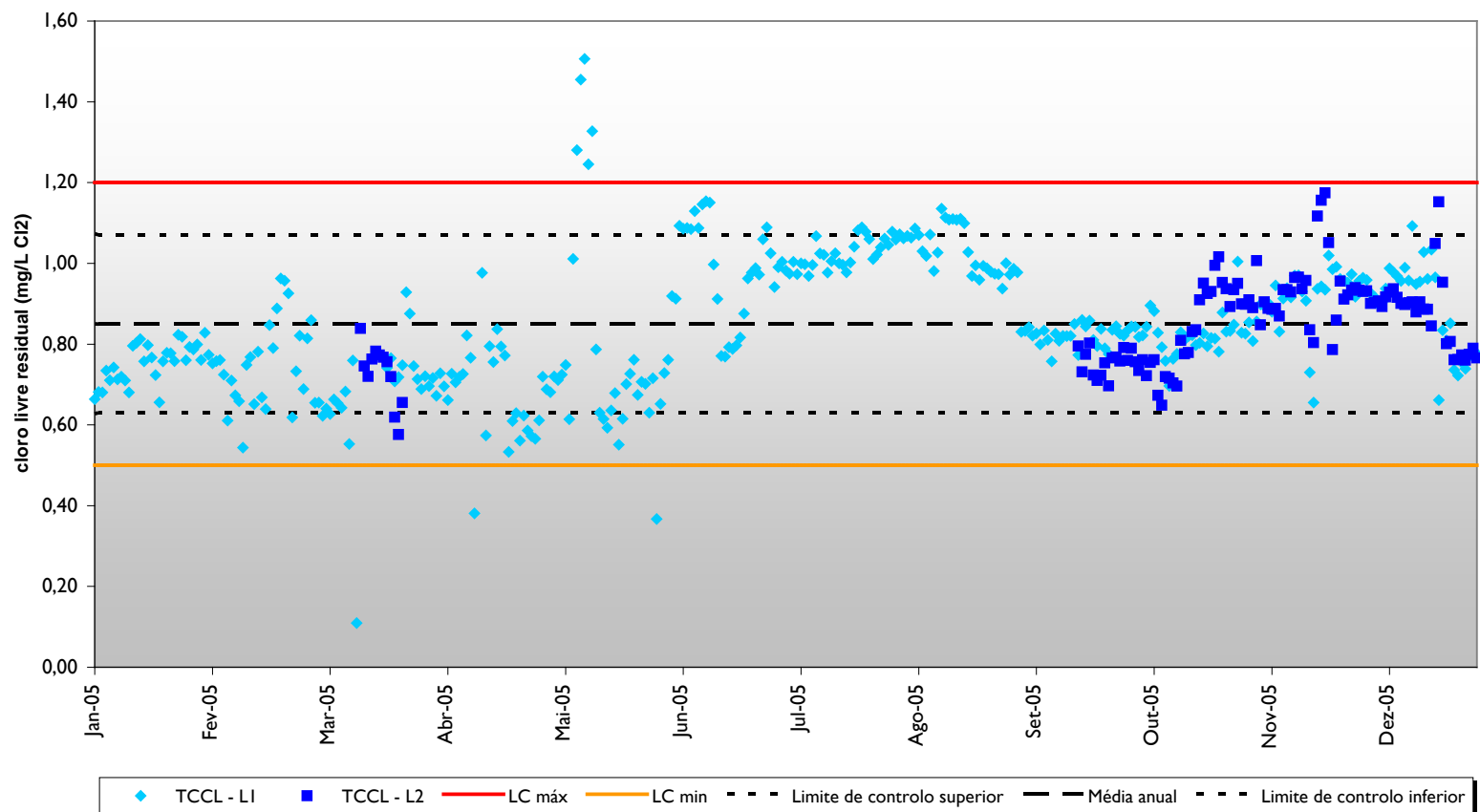


	1º Trimestre			2º Trimestre			3º Trimestre			4º Trimestre		
Mínimo	6,77	6,80	6,64	6,77	6,83	6,77	6,91	6,89	6,92	6,88	6,91	6,92
Média	6,87	6,92	6,89	6,89	6,95	6,89	6,99	6,98	7,00	6,94	6,97	7,01
Máximo	7,01	7,04	7,02	7,03	7,05	6,96	7,07	7,09	7,11	7,02	6,99	7,12
Perc. 90%	6,90	7,00	6,98	6,98	7,01	6,94	7,06	7,07	7,01	6,97	6,99	7,08

Caso de estudo

► Gestão de rotina

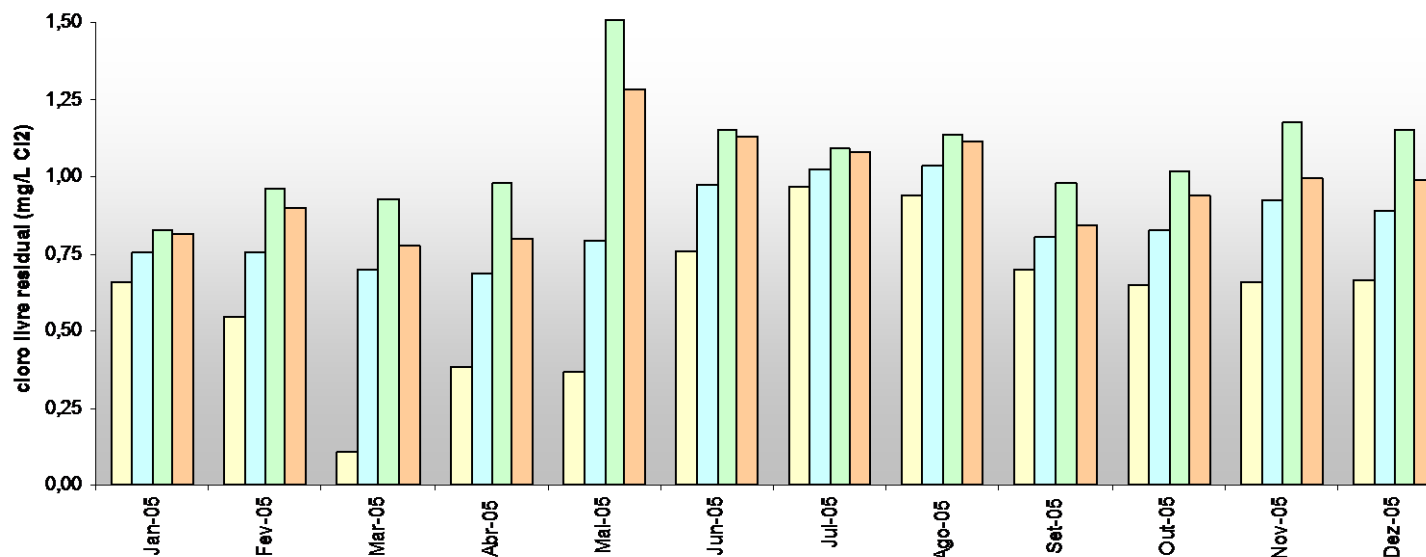
variação de cloro livre residual à saída dos TCCL (PC5)



Caso de estudo

► Gestão de rotina

variação de cloro livre residual à saída dos TCCL (PC5)



	1º Trimestre			2º Trimestre			3º Trimestre			4º Trimestre		
Mínimo	0,66	0,54	0,11	0,38	0,37	0,76	0,97	0,94	0,70	0,65	0,66	0,66
Média	0,75	0,75	0,70	0,68	0,79	0,97	1,02	1,04	0,80	0,83	0,92	0,89
Máximo	0,83	0,96	0,93	0,98	1,51	1,15	1,09	1,14	0,98	1,02	1,17	1,15
Perc. 90%	0,81	0,90	0,78	0,80	1,28	1,13	1,08	1,11	0,84	0,94	0,99	0,99

Caso de estudo

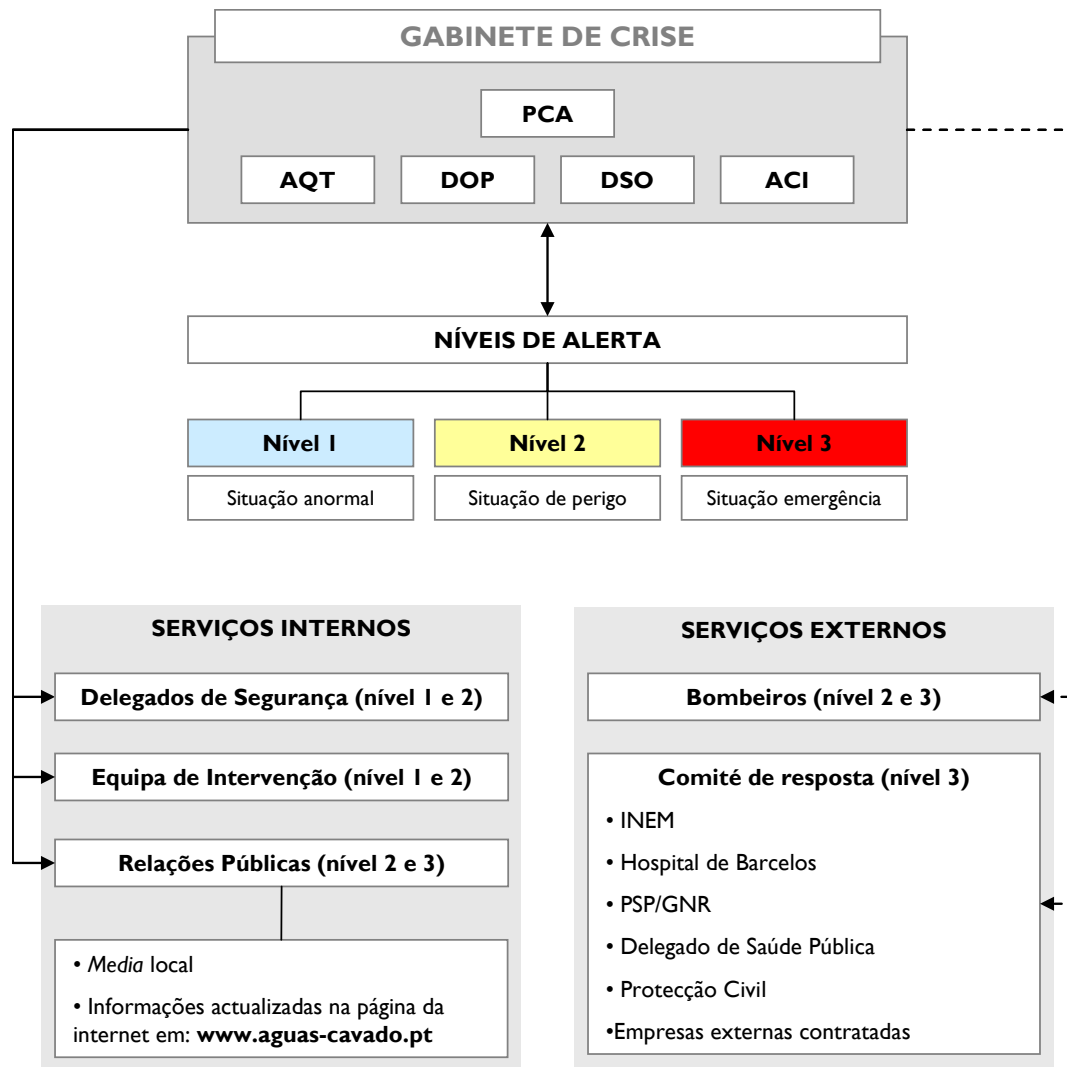
► Gestão de rotina

análise das não-conformidades

Código interno	QIG017/6 - SLB 017/2005
Descrição	A amostra n.º 1570 recolhida na EE1 no dia 24/06/2005 apresenta um valor de <i>E.coli</i> de 2ufc/100mL, superior ao definido no PCQP
Tipo de NC	A – Alteração da qualidade da água → A1 – Pontual
Análise da causa	Através do Boletim de Análises referente a esta amostra, constatou-se que o valor de Cloro Livre Residual era de 0.79mg/L Cl2 pelo que não se percebe a NC ocorrida
Acção de correcção/ acções correctivas	A – Não foram tomadas medidas → A1 – Por falta de identificação das causas
Análise da resposta	Não se encontrou a causa para esta ocorrência, e por isso não foram implementadas acções correctivas. A FNC foi encerrada.

Caso de estudo

► Gestão para condições excepcionais



Caso de estudo

▶ Gestão para condições excepcionais

Simulações em contexto real durante o ano de 2006

- Explosão no Laboratório - Âmbito de Segurança e Ambiente
- Fuga de Cloro - Âmbito de Segurança, Ambiente e Saúde Pública
- Derrame de pesticidas no rio Cávado - Âmbito de Saúde Pública

Sumário

- ▶ Água e saúde pública
- ▶ PSA: a nova abordagem
- ▶ Estrutura geral de um PSA
- ▶ Caso de estudo
- ▶ **Conclusões**

Conclusões

- ▶ A aplicação do PSA demonstra que:
 - ▶ É possível e desejável a adopção de novos conceitos de avaliação e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água
 - ▶ A metodologia contribui para um melhor entendimento de todo o sistema de abastecimento
 - ▶ Podem retirar-se vantagens para a gestão corrente da Empresa, nomeadamente em:
 - formalização e organização de informação técnica acessível para consulta interna e externa
 - promoção de mecanismos de interacção entre a entidade gestora e os consumidores

Conclusões

Envolvimento institucional



A photograph showing two young children crouching on a dirt path next to a shallow, polluted water source. The water is murky and surrounded by trash, including plastic bottles and debris. In the background, there are several dogs, some of which appear to be scavenging. The setting is a slum or informal settlement with simple, weathered buildings and a dirt road. The overall scene conveys a message of environmental and public health concerns related to water access in such areas.

Obrigado pela atenção

PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA

ÁGUA SEGURA PARA TODOS

José Manuel Pereira Vieira

jvieira@civil.uminho.pt