

## PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA EM MANANCIAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

**José Manuel Pereira Vieira**

Doutor em Engenharia Civil, Universidade do Minho. Universidade do Minho, Portugal. (jvieira@civil.uminho.pt)

### Resumo

O progresso no acesso a água potável a nível mundial tem-se traduzido num incremento de infraestruturas que necessitam de ser adequadamente geridas por forma a garantir água segura às populações. Embora a qualidade da água para consumo humano seja um factor fundamental para a protecção da saúde pública, a sua garantia revela-se de uma grande dificuldade por razões técnicas e económicas. A implementação de planos de segurança da água, estabelecendo um processo sistemático para a identificação de perigos e procedimentos de gestão efectivos para o seu controlo em sistemas de abastecimento de água, constitui uma nova abordagem a esta problemática. No presente trabalho, apresenta-se uma proposta metodológica para a implementação de planos de segurança da água em mananciais de abastecimento, onde se estabelecem os aspectos mais relevantes a considerar, nomeadamente as limitações e necessidades relacionadas com modelos institucionais e organizacionais.

**Palavras-chave:** avaliação de riscos, gestão de riscos, origens de água.

### Abstract

The progresses in the access to safe drinking water worldwide imply the need for adequate infrastructural asset management in order to protect public health. Notwithstanding assuring drinking water quality is of paramount interest for public health protection technical and economic difficulties seldom arise. Water safety plan is a novel concept for risk assessment and risk management throughout the water cycle from the catchments to the point of consumption. This paper presents a methodological approach that includes the identification of hazards and the introduction of control points that serve to minimize these potential hazards in a catchment, providing for more effective control of drinking water quality.

**Keywords:** risk assessment, risk management, sources of water.

## INTRODUÇÃO

A crescente exigência de protecção da saúde pública tem determinado, a nível mundial, investimentos assinaláveis na construção e manutenção de sistemas infraestruturais de abastecimento público de água para consumo humano, procurando elevados padrões de qualidade e de segurança da água fornecida. A redução da probabilidade de transmissão de doenças que este tipo de infraestruturas proporciona constitui um elemento essencial e de vital importância para a promoção da qualidade de vida nas sociedades modernas.

As mais recentes estimativas de cobertura da população mundial em sistemas de abastecimento de água referem-se a dados de 2008 (WHO/UNICEF, 2010), indicando uma taxa de 87% da população com acesso a água potável de qualidade boa ou aceitável: 57% com abastecimento domiciliário servido por

redes de condutas e 30% através de outros sistemas (fontenários públicos, poços protegidos, fontes de águas protegidas provenientes de galerias e da chuva).

Estes números significam que 5.9 mil milhões de pessoas, em todo o planeta, têm acesso a água potável (sendo que 3.8 mil milhões são servidas por redes domiciliárias), correspondendo a um aumento significativo de 1.8 mil milhões, desde 1990. No Quadro 1 apresenta-se a distribuição global, por regiões, da cobertura da população mundial em termos de abastecimento de água de qualidade boa ou aceitável.

A população que utiliza fontes de água bruta informais sem garantia de qualidade e com elevados riscos para a saúde pública (através de poços ou galerias desprotegidos, águas superficiais, camiões) estima-se, agora, em 884 milhões. Estas estatísticas revelam um surpreendente progresso, a nível mundial, no cumprimento das Metas de

Desenvolvimento do Milênio (*Millennium Development Goals*) estabelecidas pelas Nações Unidas, no que respeita a cobertura das populações em infraestruturas de água para consumo humano (MDG, 2000). A verificar-se esta tendência prevê-se que em

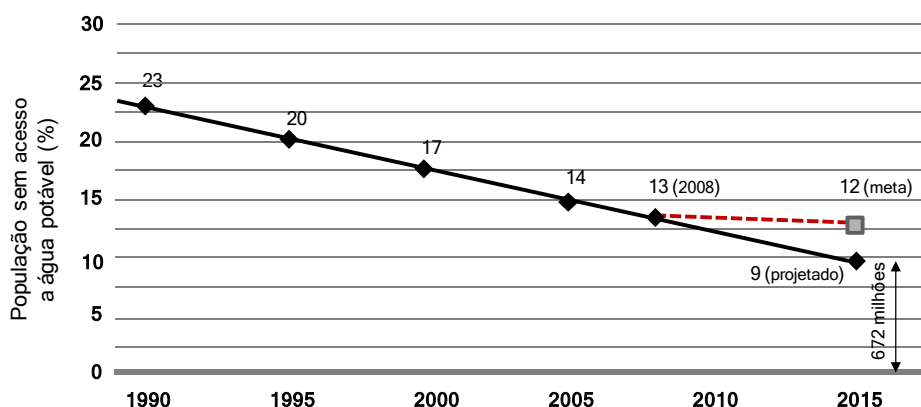
2015, ano alvo daqueles objectivos, seja possível alcançar um valor superior a 90% da população mundial com infraestruturas de qualidade boa ou aceitável, quando a meta fixada era de 88% (Figura 1).

Quadro 1 - Cobertura da população mundial em água potável em 2008 e incrementos percentuais verificados no período 1990-2008

Região	Cobertura em 1990 (%)			Cobertura em 2008 (%)			Δ
	Redes domiciliárias	Outras fontes aceitáveis	Total (água de qualidade)	Redes domiciliárias	Outras fontes aceitáveis	Total (água de qualidade)	
Comunidade de Estados Independentes	71	21	92	69	25	94	+2
América Latina & Caraíbas	72	13	85	84	13	93	+8
África do Norte	58	28	86	80	12	92	+6
Ásia Ocidental	78	8	86	82	8	90	+4
Ásia Oriental	55	14	69	83	6	91	+22
Ásia do Sul	21	54	75	23	64	87	+12
Ásia do Sudeste	17	55	72	33	53	86	+14
África Sub-Sahariana	15	34	49	16	44	60	+11
Oceânia*			51			50	-1
Regiões em Desenvolvimento	39	32	71	49	35	84	+13
Regiões Desenvolvidas	91	8	99	94	6	100	+1
Total (Global Mundial)	50	27	77	57	30	87	+10

\* Informação não incluída por falta de dados fiáveis. Fonte: (adaptado de WHO/UNICEF, 2010)

Figura 1 - Progresso global para as metas de desenvolvimento do milênio em acesso a água potável verificado no período 1990-2008. Fonte - (adaptado de WHO/UNICEF, 2010).



É interessante verificar que a China e a Índia, em conjunto, representam mais de um terço da população mundial e que estes dois países são responsáveis, em grande parte, pela evolução positiva no acesso a fontes de água potável. No período de 1990 a 2008, verificou-se na China (1.3 mil milhões de habitantes) um acréscimo de cobertura em água potável de 67% para 89%, enquanto que na Índia (1.2 mil milhões de habitantes) se verificou um acréscimo de 72% para 88%. Estes dois países têm grande influência nos valores globais mundiais uma vez que representam, em conjunto, uma quota global de 47% dos 1.8 mil milhões de pessoas que passaram a ter acesso a água potável.

Outra constatação de enorme relevância é o facto de que mais de 1.2 mil milhões de pessoas que passaram a ter acesso a água potável o obtiveram através de redes domiciliárias, o que representa mais do dobro das que passaram a ter acesso a água potável por via de outras fontes.

Face a este crescimento das taxas de cobertura das infraestruturas de abastecimento de água para consumo humano coloca-se, ainda com mais acuidade, o desafio da gestão de riscos no âmbito do controlo de qualidade da água, na perspectiva de defesa da saúde pública, tendo em consideração que um sistema de abastecimento de água, adequadamente operado e regulado, pode reduzir em 70% a taxa de incidência de doença, anualmente. Contudo, um elevado número desses sistemas abastecem regular ou esporadicamente água não segura, com significativos impactos sanitários, económicos e sociais.

Quaisquer metas internacionais a estabelecer para além de 2015 devem, pois, incluir indicadores de qualidade da água abastecida, de forma efectiva e significativa. A utilização de inovações tecnológicas e novos métodos de avaliação podem ser extremamente importantes na adopção de novas ferramentas de análise rápidas, fiáveis e economicamente aceitáveis. A implementação de planos de segurança da água supervisionados por instituições nacionais de regulação pode constituir a melhor forma de monitorizar aqueles objectivos.

#### **QUADRO DE REFERÊNCIA PARA ÁGUA POTÁVEL SEGURA**

As ameaças à saúde pública devidas à presença de agentes patogénicos, tanto em países industrializados como em países em

desenvolvimento, continuam, na actualidade, a constituir grande preocupação para as autoridades sanitárias. A descoberta de novos microrganismos e de novas substâncias químicas perigosas, a par do desenvolvimento do conhecimento científico sobre os seus efeitos na saúde humana e a sua persistência no ambiente aquático, aumentam a necessidade de se estabelecerem novas metodologias para o controlo da qualidade da água destinada ao consumo humano.

A gestão de um sistema de abastecimento público de água constitui, assim, uma tarefa que exige, da respectiva entidade gestora, o desenvolvimento de procedimentos que confiram confiança ao consumidor na água que lhe é fornecida. Para isso, é necessário garantir a qualidade (segurança em aspectos microbiológicos, químicos, organolépticos e de manutenção dos órgãos constituintes dos sistemas de distribuição), a quantidade (caudais de consumo e pressão nas redes) e a fiabilidade na continuidade da prestação de todo o serviço de produção e distribuição de água, tanto em quantidade como em qualidade.

A verificação da qualidade da água para consumo humano, instituída generalizadamente em todos os países, baseia-se na conformidade dos dados obtidos na monitorização, através de amostragem realizada com frequência regulamentada, com os valores paramétricos estipulados nas normas de qualidade estabelecidas legalmente.

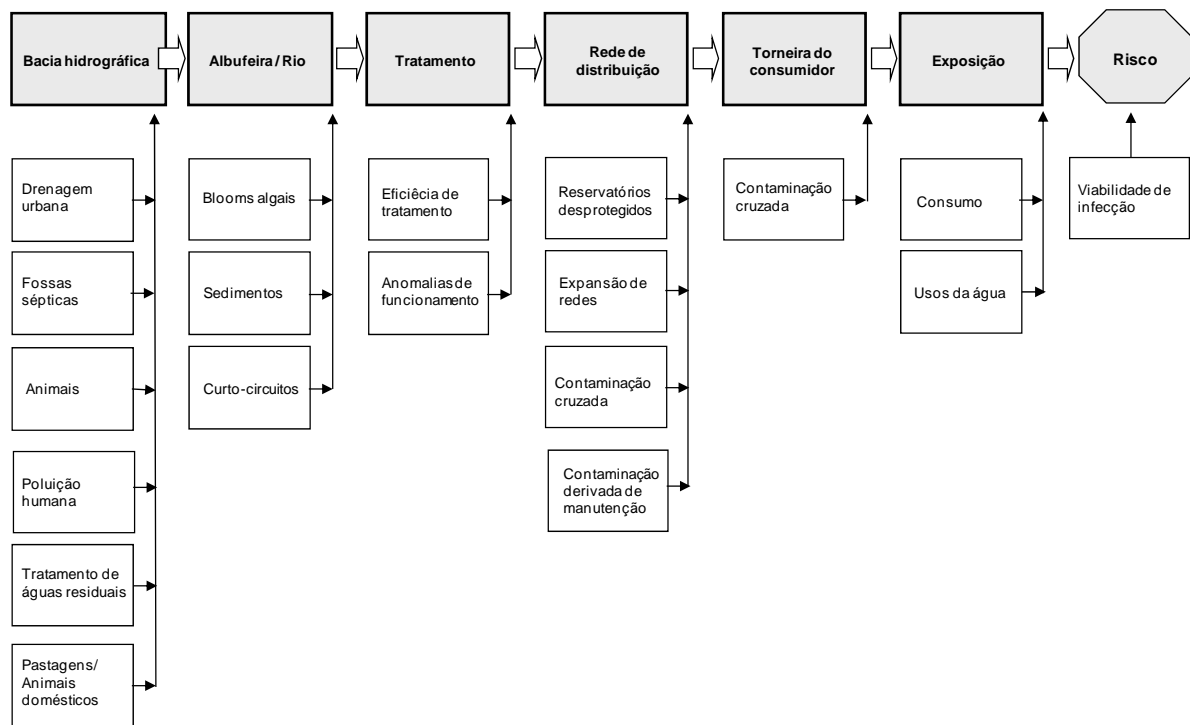
Contudo, tem-se vindo a verificar que esta metodologia de controlo de qualidade ao produto final, frequentemente lenta, complexa e dispendiosa, apresenta um conjunto de limitações sérias, em especial no que respeita à qualidade microbiológica da água. Algumas dessas limitações estão relacionadas com: (i) a pequena correlação entre microrganismos patogénicos eventualmente presentes na água e os organismos indicadores geralmente adoptados nas normas legais; (ii) a demora no conhecimento dos resultados analíticos que pode inviabilizar medidas de prevenção de situações acidentais; (iii); a limitada significância estatística dos resultados da monitorização do produto final.

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. Constata-se, assim, a necessidade de se evoluir desta forma reactiva de gestão para uma abordagem

que assegure a segurança sanitária da água abastecida através de uma metodologia de avaliação e gestão de riscos, envolvendo todo o percurso do sistema de abastecimento, desde a captação da água até à torneira do consumidor (Bartram *et al.*, 2001). Desta forma, assume-se que as ameaças que podem

constituir potencial risco para a saúde pública podem ocorrer em qualquer ponto do sistema de abastecimento de água, nomeadamente na fonte de água bruta, no tratamento, na distribuição e nas redes domiciliárias (Figura 2).

Figura 2 - Diagrama de fluxo genérico para avaliação de riscos num sistema de abastecimento de água. Fonte - (adaptado de Stevens *et al.*, 1995)



A Organização Mundial de Saúde (OMS), através das *Recomendações para a Qualidade da Água par Consumo Humano (Guidelines for Drinking Water Quality – GDWQ)*, propõe às entidades gestoras de sistemas de abastecimento público de água uma nova abordagem para a garantia da qualidade da água fornecida. Estas normas incorporam novos conceitos de metodologias de avaliação e gestão de riscos, para além da imposição de valores paramétricos com os quais se deve comparar a qualidade da água fornecida (WHO, 2004; WHO, 2011). Estas GDWQ sugerem a implementação de estratégias de avaliação e gestão de riscos para o controlo da qualidade da água para consumo humano, adoptando uma abordagem preventiva de barreiras múltiplas ao longo de todo o sistema de abastecimento público, desde a fonte até ao consumidor, elaborando e implementando, em cada sistema e de forma estruturada, Planos de Segurança da Água (PSA) que compreendem a

avaliação do sistema de abastecimento, a monitorização operacional e planos de gestão e comunicação.

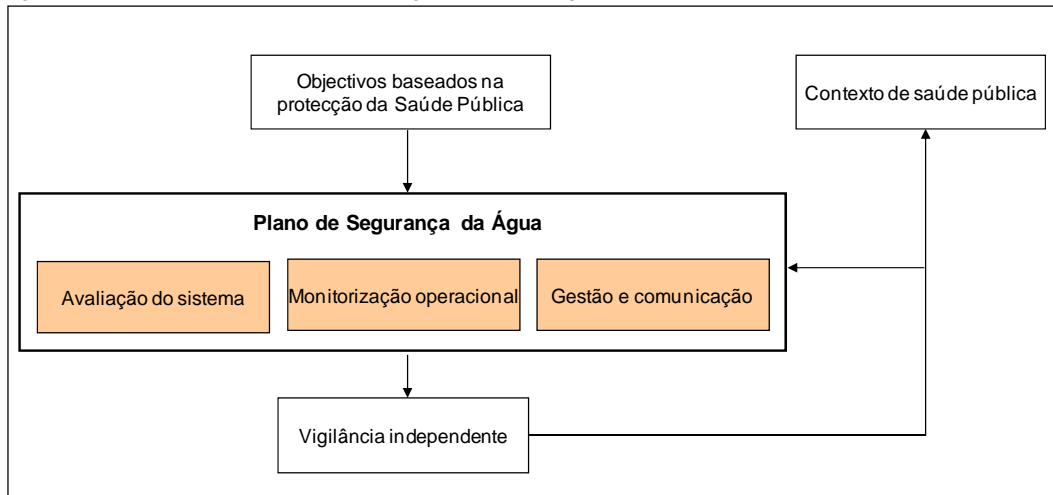
De acordo com esta nova abordagem, a entidade gestora deve assegurar a qualidade da água fornecida, implementando PSA com base nos seguintes aspectos essenciais: (i) identificação, avaliação e priorização dos principais riscos para a saúde pública relacionados com o sistema de abastecimento; (ii) detecção das lacunas importantes no sistema e avaliação da capacidade de resposta aos riscos identificados; (iii) estabelecimento de medidas de controlo para atender a situações operacionais de rotina e a eventos de carácter excepcional.

Baseado nos mesmos conceitos da OMS, a *International Water Association (IWA)* lançou um quadro de actuação semelhante, a Carta de Bona (*Bonn Charter for Safe Drinking Water*), com o objectivo de promover a adopção de metodologias de

avaliação e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água para consumo humano, desde a origem de água bruta até à torneira do consumidor (IWA, 2004), reconhecendo a necessidade de implementar, de forma consistente, mecanismos pró-activos de gestão que assegurem a segurança nos sistemas de abastecimento público.

Esta Carta constitui uma declaração de boas práticas com o objectivo de ser assegurada qualidade nos serviços públicos de abastecimento de água e tem como último objectivo o abastecimento de “água potável segura merecedora da confiança do consumidor” (Figura 3).

Figura 3 - Quadro de referência para água potável segura proposto pela Carta de Bona. Fonte: Autor



Desta forma, pode considerar-se que as Recomendações da OMS e a Carta de Bona são complementares: ambas reconhecem a necessidade de uma mudança no sentido de dar maior ênfase a acções direccionadas a uma gestão preventiva, garantindo uma protecção permanente dos sistemas de abastecimento de água potável e abrindo perspectivas para que se verifique a melhoria da segurança dos abastecimentos de água em todo o mundo. O quadro de referência para água potável segura proposto pela Carta de Bona é relevante para todos aqueles que, colectivamente, contribuem para o abastecimento de água potável segura, desde a fonte até ao consumidor, incluindo, mas não se restringindo a governos, entidades gestoras de sistemas de abastecimento, autoridades reguladoras e consumidores. Onde quer que seja adoptado este quadro de referência, as circunstâncias locais deverão integrar as abordagens aplicadas e o seu ritmo de implementação, de modo a garantir sucesso na salvaguarda da saúde pública e a assegurar que todas as pessoas tenham acesso fiável a água segura, adequada às suas necessidades e ao seu desenvolvimento.

Em geral, os objectivos baseados na protecção da saúde são estabelecidos por autoridades nacionais (normalmente aquelas que se ocupam da saúde pública) e devem, em última instância, conduzir à melhoria do estado da saúde pública de uma

população, tendo em consideração as circunstâncias locais, incluindo as condições económicas, ambientais, sociais, culturais, tecnológicas e institucionais. Estes objectivos devem sustentar o desenvolvimento dos PSA e a verificação da sua implementação com sucesso.

A vigilância, avaliação contínua e fiscalizadora de saúde pública relativamente à segurança e aceitabilidade dos sistemas de abastecimento de água potável, são actividades complementares da função de controlo de qualidade da entidade gestora e o papel de fiscalização deve ser desempenhado por uma agência ou instituição distinta da entidade gestora. Esta vigilância deve cobrir todo o sistema de abastecimento de água, desde a fonte até ao consumidor e, em muitos casos, será mais apropriado utilizá-la como um mecanismo de colaboração na melhoria no abastecimento de água entre as várias agências reguladoras e as entidades gestoras dos sistemas, em vez da mera imposição de um cumprimento legal.

### IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA

Nos últimos anos, um pouco por todos os continentes, tem-se verificado um grande esforço na promoção de metodologias de avaliação e gestão de

riscos em sistemas de abastecimento de água para consumo humano, através da implementação de PSA. Desde a experiência pioneira realizada na Austrália (empresa *Melbourn Water*), em 1999, têm vindo a ser relatadas, de forma crescente, diversas experiências de sucesso na aplicação desta metodologia de avaliação e gestão de riscos com resultados animadores para o bom desempenho das entidades gestoras, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (KATO *et al.*, 2006; NOKES & TAYLOR, 2003; STABEN *et al.*; 2008; VIEIRA, 2007; VIEIRA *et al.*, 2008). Em alguns países, nomeadamente Alemanha, Austrália, França, Holanda, Nova Zelândia, Suíça e Portugal, têm sido ensaiados movimentos de grande alcance no sentido aplicar esta abordagem de segurança preventiva, através de programas de abrangência nacional (Vieira, 2010; Vieira, 2011).

Além disso, o desenvolvimento de recursos bibliográficos específicos de aplicação prática, (VIEIRA *et al.*, 2009), a construção de plataformas informáticas dedicadas, a realização de programas de formação e o despertar do interesse através de *fora* internacionais e regionais, têm constituído meios decisivos para uma ampla disseminação do conceito de PSA.

## PLANOS DE SEGURANÇA PARA MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO

A implementação generalizada das metodologias de análise e gestão de riscos tem-se revelado de particular dificuldade, não tanto quando estão envolvidas as etapas de tratamento ou de distribuição da água, mas quando se trata de as desenvolver no âmbito de uma bacia hidrográfica de drenagem para as fontes de água de abastecimento, tanto superficiais como subterrâneas.

É consensual que a qualidade da água na origem é fundamental para a selecção da fonte de abastecimento público. Os usos da água e do solo e as actividades antropogénicas poluidoras na área do manancial têm impactos significativos na qualidade da água e, conseqüentemente, no nível e complexidade do tratamento necessário para assegurar uma água segura e aceitável.

O conhecimento das características da bacia hidrográfica e das actividades de potencial impacto na qualidade da água bruta e na sua disponibilidade

quantitativa é de fundamental importância para atestar a segurança da água para consumo humano. Desta forma, a protecção das origens de água deve ser entendida como a primeira (e muitas vezes a mais importante) barreira para prevenir a contaminação da água em termos microbiológicos (bactérias, vírus, protozoários e outros organismos), químicos e radiológicos.

A identificação de perigos e a avaliação e gestão de riscos à escala da bacia hidrográfica constituem elementos essenciais para a implementação de estratégias de protecção das origens de água. Esta estratégia de protecção deve assentar em planos de gestão de bacia hidrográfica que devem incluir requisitos de monitorização, acções correctivas para atender a eventos de rotina e a incidentes excepcionais e estratégias de comunicação. Os procedimentos de contingência podem ser fundamentais para uma efectiva prevenção e atendimento de ocorrências excepcionais de consequências catastróficas como são o caso de desastres naturais (por ex.: sismos, inundações, secas, condições meteorológicas extremas), assim como acidentes induzidos por acção humana (por ex.: derrames de hidrocarbonetos ou de substâncias tóxicas na bacia hidrográfica, sabotagem, vandalismo). A Figura 4 procura representar, de forma geral e esquemática, as ligações que se podem estabelecer na preparação de um PSA para um manancial de água para consumo humano.

O desenvolvimento de um PSA para um manancial, baseado em metodologias de avaliação e gestão de riscos, depende significativamente da quantidade e da qualidade da informação relevante disponível. Especial cuidado deve ser dado à recolha de informação das características da bacia hidrográfica (geologia, hidrologia, meteorologia, uso do solo, usos conflituantes da água), das massas de água superficiais (caudal, qualidade e sazonalidade da água) e das águas subterrâneas (caudal do aquífero, direcção do escoamento, vulnerabilidade do aquífero à poluição). Vieira *et al.* (2012) discutem e descrevem, em pormenor, os factores que mais influenciam a gestão de mananciais para abastecimento de água para consumo humano, as metodologias adequadas para a gestão dos mananciais tanto superficiais como subterrâneos, bem como são inventariados os riscos mais comuns e a forma como podem ser mitigados ou eliminados.

Figura 4 - Ligações a estabelecer para a preparação de um PSA para um manancial. Fonte: Autor.



#### Quadro geral para o desenvolvimento de PSA de mananciais

A problemática do controlo de poluição numa bacia hidrográfica e, em especial, o estudo da vulnerabilidade à poluição das origens de água para abastecimento, constitui uma tarefa complexa para a qual as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água para consumo humano não têm, geralmente, a responsabilidade institucional nem a competência técnica para controlar directamente as actividades económicas na respectiva área de influência. Esta é a razão principal por que, no âmbito do desenvolvimento de um PSA, a abordagem à etapa relativa ao manancial apresenta maior grau de dificuldade do que as concomitantes etapas de tratamento ou de distribuição de água.

De uma forma geral, as actividades desenvolvidas numa bacia hidrográfica devem ser enquadradas em planos de gestão a essa escala, tendência internacional que se vai observando correntemente. Nestes planos de gestão constam, invariavelmente, para além de preocupações de ecologia, a garantia de provisão de fontes de água

segura para consumos humano. O quadro geral a que deve obedecer um PSA para atender, de forma estruturada, à avaliação e gestão de riscos em mananciais de abastecimento é apresentado na Figura 5, conforme proposto em Vieira *et al.* (2012).

#### Identificação e articulação de parcerias institucionais na bacia hidrográfica

Normalmente, as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água para consumo humano não têm responsabilidade institucional para elaborar e implementar planos de gestão de bacias hidrográficas, sendo esta tarefa geralmente atribuída a instituições reguladoras ambientais. No entanto, é fundamental que as entidades gestoras trabalhem em conjunto com as entidades governamentais relevantes, os gestores de bacia locais e os utilizadores do solo, de modo a identificar as formas mais efectivas de gestão dos riscos de poluição. Na Figura 6 propõe-se, de forma esquemática as inter-relações que podem ser estabelecidas entre os diversos parceiros tanto a nível nacional como a nível regional e local.

Figura 5 - Quadro geral para o desenvolvimento de PSA de mananciais de abastecimento. Fonte: Autor.

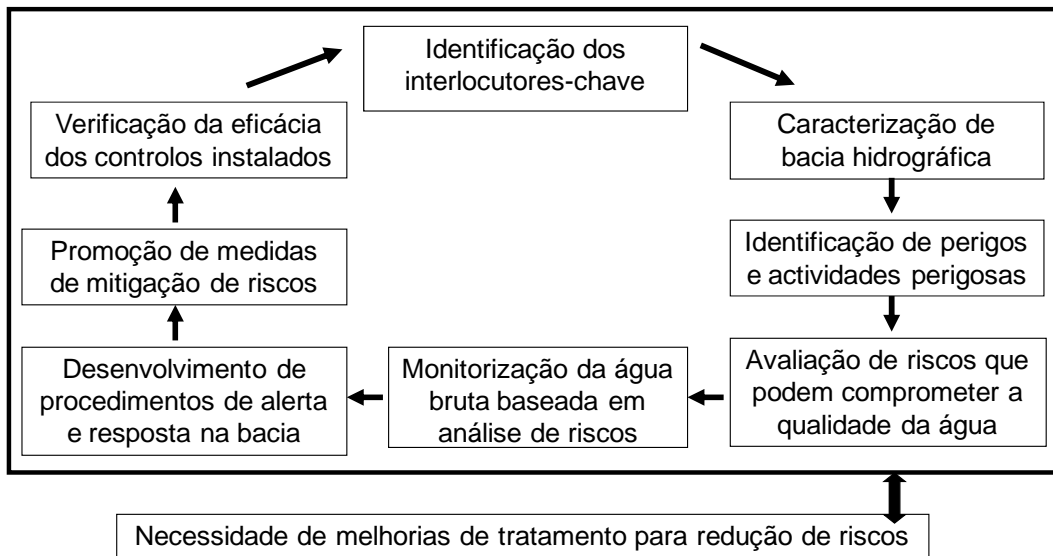
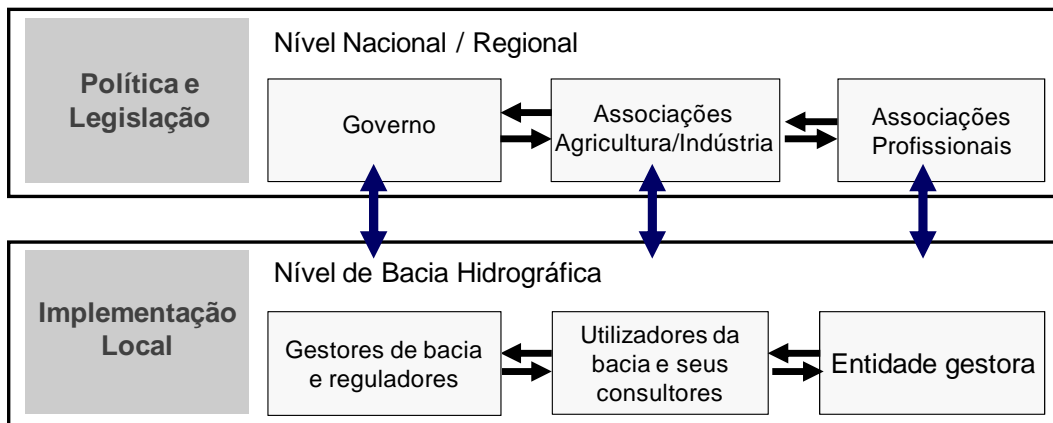


Figura 6 - Parcerias a desenvolver na bacia hidrográfica a diferentes níveis. Fonte: Autor.

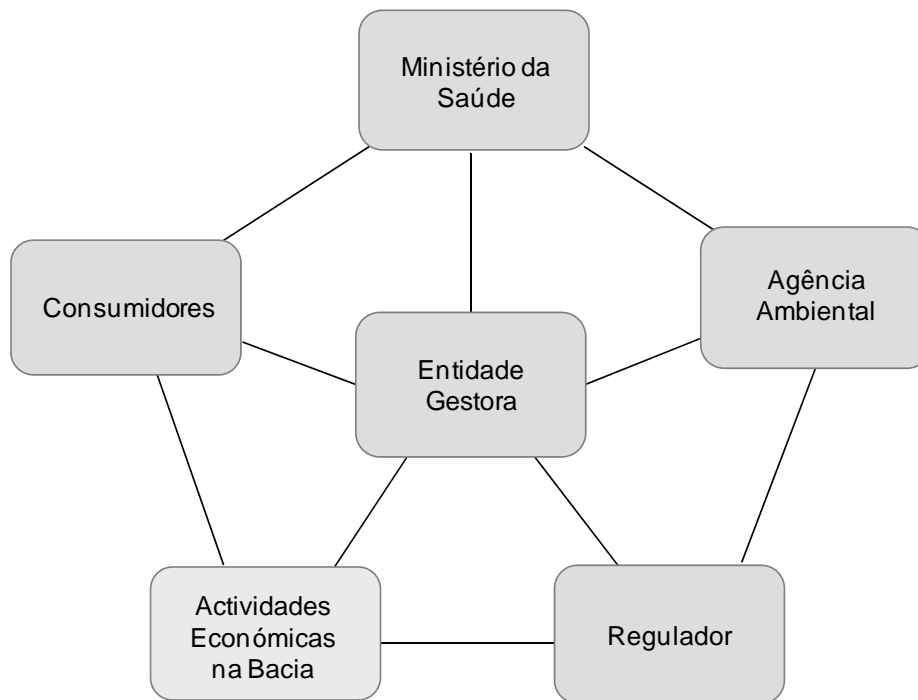


No diagrama da Figura 7 evidencia-se a posição central das entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água no relacionamento integrado com as várias entidades com relevância para a protecção da qualidade da água destinada ao consumo humano, independentemente da dimensão da bacia hidrográfica e dos desenhos organizacionais locais. A abordagem a adoptar nas parcerias a desenvolver depende da probabilidade de ocorrência de poluição pontual ou difusa. No caso de descargas industriais ou de estações de tratamento de águas

residuais, por exemplo, a quantidade e qualidade dos efluentes lançados nas águas receptoras estão geralmente cobertas por legislação regulatória de descarga controlada. No entanto, mesmo quando a legislação é devidamente cumprida, pode sentir-se a necessidade na aplicação de medidas adicionais para a mitigação da poluição accidental. Quando se trata de poluição difusa, a quantidade de entidades a envolver neste processo é muito maior, o que significa um aumento de complexidade ao estabelecimento das parcerias necessárias.



Figura 7 - Posicionamento de charneira da entidade gestora no relacionamento com outras entidades responsáveis pela gestão da qualidade da água para consumo humano. Fonte: Autor



#### Identificação de perigos e actividades perigosas

Em termos gerais, a informação a compilar para a caracterização da fonte de um sistema de abastecimento de água deve incluir os aspectos de maior relevância relacionados com: geologia e hidrologia; meteorologia e condições do tempo; estado de “saúde” da bacia hidrográfica e do rio; vida selvagem; usos da água; usos do solo; outras actividades desenvolvidas na bacia hidrográfica com potencial de contaminação da fonte de água; actividades futuras programadas.

Em especial, a identificação, na origem de água bruta, de perigos físicos (sedimentos, matéria particulada), químicos (nitratos, arsénio, tóxicos orgânicos, pesticidas, cianotoxinas), microbiológicos (bactérias, vírus, protozoários, helmintos) ou radiológicos (radioactividade natural, contaminação indústria mineira) deve ser registada em mapeamento e cadastro adequados da bacia hidrográfica. Nomeadamente, devem ser objecto de registo as fontes poluidoras pontuais (infraestruturas de saneamento, indústrias e instalações comerciais) e as fontes difusas (agricultura intensiva, estradas, áreas urbanas, oleodutos). Devem, ainda, considerar-se outros factores que possam influenciar a ocorrência de perigos, como, por exemplo a variação de circunstâncias devidas ao tempo e a contaminação accidental ou deliberada. Para cada situação

causadora de contaminação identificada devem ser associadas adequadas medidas de controlo.

#### Avaliação de riscos, promoção de medidas de controlo e verificação da sua eficácia

Os perigos e as actividades perigosas identificadas na bacia hidrográfica devem ser considerados na avaliação de riscos para o ponto de captação da água. Particular atenção deve ser dada não só aos poluentes com potencial impacto directo nas estações de tratamento, como por exemplo, uma descarga de substância química perigosa, mas aos que podem deteriorar a qualidade da água bruta durante um longo período de tempo se não forem tomadas as medidas de mitigação adequadas, como por exemplo, a poluição de águas subterrâneas por nitratos.

O desenvolvimento de modelos fonte/via de transmissão/receptor pode constituir uma metodologia adequada para o suporte desta avaliação de riscos e para a identificação de medidas de controlo. Nesse sentido, a gestão integrada de bacias hidrográficas pressupõe a identificação, a via de transmissão e a magnitude de todas as fontes poluidoras existentes ou potenciais, permitindo, assim, a implementação de programas de protecção efectiva da qualidade das origens de água para abastecimento.

Uma avaliação de riscos exhaustiva deve incluir o estudo dos processos hidrológicos e ecológicos que

regem os sistemas naturais (águas superficiais e subterrâneas), assim como as actividades antropogénicas que se desenvolvem na área de influência do manancial. Daí que, para um adequado mapeamento de riscos nestas áreas geográficas, seja

decisivo o processo de identificação e caracterização de fontes poluidoras. No Quadro 2 exemplificam-se alguns dos mais significativos factores que podem ter impacto na qualidade da água bruta (VIEIRA *et al.*, 2012).

Quadro 2 - Factores que afectam a qualidade da água bruta

Factores naturais	Factores humanos	
	Poluente de origem difusa	Poluente de origem pontual
Características climáticas	Escorrências da agricultura	Descargas industriais
Topografia	Pastagens	Descargas de águas residuais
Geologia	Agropecuária	Instalações de resíduos perigosos
Cobertura do solo	Escorrências urbanas	Escorrências de minas
Vegetação	Fossas sépticas	Descargas perigosas acidentais
Incêndio	Erosão	Descargas de águas pluviais urbanas
Vida selvagem	Gestão florestal	Aquicultura
Intrusão salina	Indústria extractiva mineira	
Estratificação térmica	Actividades de recreio	
Erosão	Deposição atmosférica	

Fonte: Autor

### Implementação de monitorização da água bruta baseada em análise de risco

Um aspecto sempre presente e determinante para o êxito de qualquer estratégia de gestão de qualidade da água de um manancial consiste na implementação de programas de monitorização para a determinação dos parâmetros mais influentes na caracterização dos riscos presentes numa bacia hidrográfica. No entanto, a instalação e a manutenção deste tipo de programas pode ser muito dispendioso. Por isso, os planos de amostragem devem ser dirigidos aos determinantes-chave e com frequências ajustadas às escalas temporais mais adequadas, de modo a otimizar o esforço de amostragem relativamente ao universo de riscos considerado. Torna-se, assim, indispensável conhecer a escala e o tipo das actividades poluentes presentes na área do manancial, nomeadamente estações de tratamento, actividades industriais e ago-pecuárias.

Através do conhecimento directo ou com a ajuda de modelação e simulação pode ser possível determinar os períodos críticos para os quais seja adequado reforçar a frequência de amostragem e, conseqüentemente, os períodos em que tal esforço pode ser aliviado.

Em termos gerais, a implementação da monitorização deve ter como objectivos: (i) a operação de estações de tratamento; (ii) a detecção da deterioração da qualidade da água bruta; (iii)

integrar-se nos planos de gestão de bacia hidrográfica.

A crescente instalação de estações automáticas para monitorização contínua *on-line* constitui uma prática usual e efectiva para a caracterização da qualidade da água de um manancial que, em conjunto com a aplicação de modelos matemáticos e sistemas de suporte à decisão, pode gerar sistemas de alerta para atender a eventos de contaminação acidental ou provocada. Estes sistemas de alerta devem ser simples, documentados de forma transparente e atender às circunstâncias locais e aos sistemas de comunicação disponíveis.

### CONCLUSÃO

A implementação de PSA em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano, baseada na análise e gestão de riscos, constitui uma abordagem inovadora e eficaz para estabelecer critérios e procedimentos que protejam os sistemas da presença, não só de microrganismos patogénicos, mas também de substâncias químicas em concentrações tóxicas, assegurando a qualidade da água produzida e fornecida aos consumidores.

Particular ênfase deve ser colocada na garantia da segurança qualitativa e quantitativa nas origens da

água, dado o seu significado no resultado global da eficácia e eficiência do sistema de abastecimento. Pelas suas implicações de relacionamento institucional e variedade de abordagens na avaliação de riscos, um PSA para o manancial de abastecimento requer metodologias específicas adequadas e adaptadas a uma determinada bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS

BARTRAM, J.; FEWTRELL, L.; STENSTRÖM, T. Harmonized assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: an overview. In: *Water quality: guidelines, standards and health*. London: Fewtrell L. & Bartram J., IWA Publishing, 2001. p.1-16.

\_\_\_\_\_. *et al. Waters Safety plan manual*. Step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva: World Health Organization, 2009.

IWA. *The Bonn Charter for Safe Drinking Water*. London: International Water Association, 2004

KATO, S.; SUZUKI, M.; YOKOI, H.; YODA, M. Japan's trial introduction of HACCP into *water quality management*. *Water*, v. 21, n. 12, p. 39-40, 2006.

MDG *Millennium Development Goals*. UN Millennium Declaration of September 2000. United Nations, New York.

NOKES, C.; TAYLOR, M. Towards public health risk management plan implementation in New Zealand. In: *Water Safety Conference Abstracts*. Berlim: Federal Environmental Agency, 2003.

STABEN, N.; MÄLZER, H.J.; MERKEL, W. Implementation of a technical risk management concept based on water safety plans: a benefit for German water supply?. In: *WORLD WATER CONGRESS AND EXHIBITION, 2008, Vienna. Proceedings...* Vienna: IMA, 2008.

WHO - World Health Organisation. *Guidelines for Drinking Water Quality*. 3. ed. Geneva, 2004

\_\_\_\_\_. *Guidelines for Drinking Water Quality*. 4. ed. World Health Organisation, Geneva, 2011.

WHO/UNICEF. *Progress on Sanitation and Drinking-water: 2010 Update*. World Health Organization and

United Nations Children's Fund Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP). UNICEF, New York and WHO, Geneva, 2010.

STEVENS, M. *et al.* Drinking water quality and treatment requirements: a risk-based approach. *Water*, n. 22, p.12-16, nov./dez. 1995.

VIEIRA, J.M.P.; MORAIS, C.M. *Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento*. Guia Técnico nº 7, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2005. 161 p. ISBN 972-99354-5-9.

\_\_\_\_\_. Water safety plans: methodologies for risk assessment and risk management in drinking water systems. In: FERREIRA, J.P.L.; \_\_\_\_\_. (Ed). *Water in Celtic countries: quantity, quality and climate variability*. U.S: IAHS Publ. 310, 2007. p. 57-67.

\_\_\_\_\_ et al. The role of AdP in water safety plan implementation in Portugal. In: *WATER SAFETY PLANS: GLOBAL EXPERIENCES AND FUTURE TRENDS CONFERENCE, 2008, Lisbon. Proceedings...* Lisbon: WHO, 2008.

\_\_\_\_\_. Uma abordagem estratégica para a implementação de planos de segurança da água à escala nacional. *Águas & Resíduos*, Lisboa, n. 14, III série, p. 4-13, 2010.

\_\_\_\_\_. A strategic approach for water safety plans implementation in Portugal. *Journal of Water and Health*, v. 9, n 1, p 107-116, 2011.

\_\_\_\_\_; BREACH, B.; HIRATA, R. Developing a catchment water safety plan. In: BREACH, B. (Ed.). *Drinking water quality management from catchment to consumer*. IWA Publishing, 2012. p. 51-89.