

GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM PORTUGAL

Contributos para um Bom estado em 2015

Teresa E. LEITÃO

Doutora em Hidrogeologia, Investigadora Principal com Habilitação, Núcleo de Águas Subterrâneas – LNEC/DHA, Av. do Brasil, 101 P-1700-066 Lisboa, tleitao@lneec.pt

RESUMO

Nesta comunicação apresenta-se uma síntese de alguns dos aspectos mais relevantes do Programa de Investigação e de Pós-graduação intitulado "Gestão integrada e sustentável da qualidade das águas subterrâneas em Portugal: contributos para um Bom estado em 2015" desenvolvido pela autora no LNEC para obtenção do título de *Habilitado para o exercício de funções de coordenação de investigação científica*, em 2009.

Com este Programa procura-se dar resposta às necessidades do País, integrando as exigências impostas pela legislação mais recente, e indo ao encontro das respostas às mudanças ambientais em curso (e.g. alterações climáticas) enquadrando-as nas grandes linhas temáticas e de financiamento dos programas da União Europeia em matéria de I&D para o período 2007-2013 e no Plano de Investigação Programada quadrienal (PIP) do LNEC para o período 2009-2012.

Os objectivos do trabalho são propor um conjunto de linhas de investigação e de desenvolvimento que contribua para proteger, melhorar e reabilitar a qualidade das massas de águas subterrâneas das principais origens de contaminação e de deterioração a que estão, ou possam vir a estar, sujeitas. As principais linhas de força dos programas visam contribuir com respostas que permitam assegurar a redução global da poluição e/ou a manutenção da qualidade das águas, tendo em vista alcançar um Bom estado das águas subterrâneas (químico e quantitativo) em 2015. As três linhas de actuação seleccionadas são:

- actividades potencialmente poluidoras (agricultura, golfe, estradas, aeroportos, lixeiras);
- pressões causadas por catástrofes 'naturais', como o caso dos fogos florestais;
- mudanças impostas pelas alterações climáticas.

O Programa inclui uma síntese dos conhecimentos existentes sobre os temas abordados, uma apresentação crítica dos problemas já tratados e dos problemas em aberto. Com base nessa síntese, redige-se um Programa de Estudos relativo a alguns desses problemas, propondo uma metodologia, os meios necessários, os objectivos a atingir e os benefícios esperados com a sua realização.

Palavras-Chave: *Gestão integrada, sustentabilidade, águas subterrâneas, qualidade, Bom estado.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

A preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos foi a temática seleccionada para o Programa de Investigação e de Pós-graduação (adiante apenas designado por Programa) intitulado "Gestão integrada e sustentável da qualidade das águas subterrâneas em Portugal: contributos para um Bom estado em 2015" apresentado a provas públicas no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Maio de 2009, para obtenção do título de *Habilitado para o exercício de funções de coordenação de investigação científica*, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 124/99, de 20 de Abril, que regula o Estatuto da Carreira de Investigação Científica.

Nesta comunicação começa-se por apresentar o contexto actual global dos grandes desafios da gestão integrada e sustentável das águas subterrâneas no presente século e as razões subjacentes à selecção do tema, finalizando com a apresentação de uma síntese dos objectivos e da estrutura do Programa, bem como um resumo das temáticas seleccionadas e das necessidades de investigação a elas associadas.

1.2 Os grandes desafios da gestão integrada e utilização sustentável da água no século XXI

O desenvolvimento sustentável no século XXI assenta na disponibilidade de água doce potável. Esta deve ser gerida de forma apropriada, i.e. baseada nas melhores opções técnicas disponíveis e nos conhecimentos científicos apropriadamente aplicados no contexto das necessidades socioeconómicas da população. A manutenção da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos é o aspecto fundamental da gestão da água.

No contexto da realidade portuguesa, e tendo em atenção os novos desafios que se colocam a Portugal no domínio dos recursos hídricos, de onde se destacam os decorrentes da Directiva-Quadro da Água (DQA), da Lei da Água, do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), do Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) 2007/12, entre outros, é fundamental que as decisões constituam actuações de continuidade, de carácter preventivo e estruturante, a serem tomadas de forma participada e técnica e cientificamente bem fundamentada.

Um modelo de gestão de Recursos Hídricos exige uma visão global integrada, a longo prazo, dos recursos disponíveis e das necessidades dos utilizadores (abastecimento urbano, agricultura, indústria, produção hidroeléctrica, ecossistemas aquáticos) numa transparente e solidária articulação das políticas públicas e numa clara definição das competências e coordenação de iniciativas dos vários responsáveis pela administração do território, onde se reconheçam as dimensões de natureza ambiental, ética, social e económica.

Os problemas estão a tornar-se cada vez mais complexos, exigindo, para a sua resolução, conhecimentos cada vez mais específicos, bem como a eficiente integração de diversos esforços entre diferentes áreas de conhecimento. É fundamental manter ao serviço de uma boa gestão e planeamento dos recursos hídricos a investigação e o aprofundamento do conhecimento. Há uma clara lacuna entre o diagnóstico, os planos traçados e a tomada de decisões.

A preservação da qualidade dos recursos hídricos implica pôr em marcha um conjunto de actuações conducentes à reabilitação dos recursos poluídos. A DQA é clara a este respeito: até 2015 teremos que ter os nossos recursos hídricos em estado de qualidade e quantidade Bom, sob pena de serem aplicadas pesadas multas diárias ao País.

A ameaça de contaminação de águas subterrâneas resulta de um processo natural e incessante estimulado pelo ciclo da água associado às capacidades químicas da água como um solvente universal em interacção com o meio envolvente. Esta ameaça está intimamente ligada às actividades humanas de ocupação e uso do solo.

As alterações que é necessário pôr em marcha no sentido de proteger as águas subterrâneas contra a contaminação e a deterioração, tal como preconizado na Directiva das Águas Subterrâneas, encerram, em si mesmas, grandes desafios que implicam uma mudança cultural assinalável. Talvez a questão mais complexa com que Portugal (entre outros países) se debate seja a falta de consenso e coordenação entre as diferentes entidades administrativas do nosso território no uso e gestão responsável da água.

Em Portugal registam-se importantes problemas de contaminação de água de origem pontual e difusa, originada por más práticas de rejeição de efluentes líquidos e de resíduos sólidos procedentes da indústria, agricultura e fontes domésticas ao longo das últimas décadas. Elevados investimentos e retornos têm sido observados no âmbito das descargas de águas residuais e industriais, embora neste último campo subsistam rejeições ilegais com claros efeitos adversos para a degradação da qualidade das águas de jusante. No domínio da agricultura, como a principal actividade consumidora de água no País, a utilização de sistemas de rega mais eficientes e de práticas agrícolas compatíveis com os níveis de qualidade de jusante reveste-se de grande importância na medida em que o uso parcimonioso da água reduz, também, a possibilidade de migração de fertilizantes e de pesticidas para as águas subterrâneas.

1.3 Razões para a escolha do tema

No contexto dos recursos hídricos mundiais, as águas subterrâneas constituem mais de 95% das reservas de água doce no estado líquido do planeta, com os restantes 3,5% em lagos, rios, zonas húmidas e reservatórios e 1,5 % na água do solo (Freeze e Cherry, 1979). O papel predominante dos recursos hídricos subterrâneos é claro e o seu uso e protecção são, por isso, de fundamental importância para a preservação da vida humana e dos ecossistemas, bem como das actividades económicas.

Em Portugal Continental estima-se que as reservas de águas subterrâneas superem largamente as reservas superficiais em albufeiras, com valores de cerca de 100 km³ e de 12 km³, respectivamente. Cerca de 44% da população portuguesa do Continente é servida por águas subterrâneas, número que ascende a cerca de 93% e 99% nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, respectivamente (INAG, 2007). O volume de águas subterrâneas anualmente captado para abastecimento urbano no Continente corresponde a cerca de 37% do volume total, i.e. 399 hm³ de 1086 hm³.

Este recurso apresenta potencialidades ímpares resultantes da sua boa distribuição espacial e da existência de importantes reservas, associadas ao facto de ser um recurso que, pela sua natureza, mostra uma grande resiliência a efeitos de flutuações climáticas sazonais e a processos de contaminação, apresentando uma forte estabilidade das reservas de água e da qualidade natural oferecida pelos processos naturais de purificação. É, por isso, um recurso muitas vezes mais económico e promissor na gestão das reservas hídricas a longo prazo, atendendo já aos efeitos das expectáveis alterações climáticas que se esperam para este século e a eventuais cenários de desastres que possam afectar outros recursos.

No âmbito do ciclo da água, as águas subterrâneas contribuem de forma importante para alimentar algumas zonas húmidas e o caudal de base dos rios ao longo de todo o ano. Consequentemente, a deterioração da qualidade das águas subterrâneas pode afectar directamente os meios hídricos superficiais e os ecossistemas associados. Por outro lado, a natureza do processo de recarga de águas subterrâneas implica a sua passagem à superfície e através do solo, pelo que o controlo da sua qualidade

está intimamente ligado ao uso e ocupação do solo e todas as actividades e pressões existente à superfície.

Ao conjunto de aspectos relativos à importância em termos quantitativos das águas subterrâneas há que juntar a sua relevância do ponto de vista da qualidade que, à partida, apresenta características muito favoráveis dada a protecção natural que os solos suprajacentes lhes proporcionam.

Apesar das qualidades atribuídas a este recurso, a sua gestão e controlo da contaminação são geralmente relegados para segundo plano, dada a invisibilidade do recurso e o extenso período de tempo decorrido entre a sua deficiente gestão e os efeitos nefastos por ela causados. Registam-se, assim, situações de sobreexploração, e consequente diminuição dos níveis piezométricos, que conduzem a efeitos de intrusão salina em zonas costeiras, de diminuição do escoamento de base em rios ou em zonas húmidas, de secagem ou diminuição de caudal em nascentes e, por vezes, de subsidência dos solos. Por outro lado, a qualidade das águas subterrâneas também tem dado sinais de degradação com problemas de intrusão marinha em zonas costeiras e diversos problemas de contaminação pontual e difusa identificados em quase todos os países.

O papel das águas subterrâneas no contexto global dos recursos hídricos implica que se tenham em consideração dois aspectos de crucial importância, onde se reconhece este recurso não apenas como um reservatório de água mas também como um recurso dinâmico com importante papel na gestão dos recursos hídricos [Vrba and Lipponen, 2007, citando o International Hydrological Programme (IHP) e o World Water Assessment Programme (WWAP)]: (1) as águas subterrâneas têm que ser analisadas no contexto mais global do ciclo hidrológico e os aquíferos como uma componente hidrológica significativa e integrante das bacias hidrográficas e (2) as águas subterrâneas devem ser apreendidas no contexto mais vasto das dimensões económica, social e ecológica, em especial daquelas que estão relacionadas com o seu uso e as suas consequências.

A experiência mundial no passado recente sobre a reabilitação de águas subterrâneas poluídas evidencia dificuldade em remover as concentrações de contaminantes para valores aceitáveis e investimentos económicos associados muito elevados. Como consequência, a ênfase deve incidir na prevenção da contaminação como princípio base.

1.4 Objectivos e estrutura do Programa

O objectivo do Programa é apresentar uma síntese dos conhecimentos existentes no âmbito da temática da gestão integrada e sustentável da qualidade das águas subterrâneas, bem como um exercício prospectivo das necessidades de investigação, de desenvolvimento e de actuação (resposta) no âmbito da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos que permita contribuir para assegurar a redução global da poluição e/ou a manutenção da qualidade das águas, tendo em vista alcançar um Bom estado das águas subterrâneas (químico e quantitativo) em 2015.

O exercício prospectivo foi efectuado com base numa análise crítica dos problemas já tratados e dos problemas em aberto e insere-se nos desafios mais vastos da gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, ao nível da bacia hidrográfica, tendo em vista garantir um equilíbrio entre as diferentes actividades agrícolas, urbanas e industriais, nela desenvolvidas, e a preservação da quantidade e qualidade das águas subterrâneas.

O trabalho encontra-se organizado num conjunto de doze capítulos.

O Capítulo 1 aborda os grandes desafios da gestão integrada e utilização sustentável da água no século XXI, os motivos subjacentes à escolha do tema para o programa e os seus objectivos e estrutura.

No Capítulo 2 apresenta-se uma síntese do enquadramento legislativo a atender no âmbito do tema tratado e dos programas propostos, com referência aos principais diplomas com relevância para a política integrada e sustentável das águas subterrâneas, suas exigências e metas a atingir. Particular ênfase é atribuída: (1) à Directiva-Quadro da Água (DQA, 2000/60/CE), primeiro instrumento legal Europeu com um sentido político, estratégico e integrador da gestão da água; (2) à Lei da Água (Lei n.º 58/2005) que transpõe a DQA para direito nacional, completando-a, propondo a consolidação do quadro legislativo vigente (disperso por inúmeros decretos-lei) e, também, criando condições para a adaptação e dotação da estrutura institucional vigente e dos instrumentos de gestão e (3) à Directiva das Águas Subterrâneas (DAS, 2006/118/CE) relativa à protecção das águas subterrâneas contra a contaminação e a deterioração. São simultaneamente apresentados diversos outros diplomas essenciais na implementação de um conjunto de estratégias para a gestão integrada e sustentável do ambiente.

O Capítulo 3 apresenta uma síntese das principais características físicas e químicas dos sistemas aquíferos e ilustra, de forma necessariamente breve, como é que diferentes especificidades hidrogeológicas podem originar diferentes impactes a pressões resultantes da exploração de águas subterrâneas e da poluição antropogénica. Constitui uma base teórica simplificada dos conhecimentos necessários para a compreensão do Programa em termos do estado da arte sobre o tema abordado, bem como do Programa de Estudos proposto em relação a alguns desses problemas, em termos da metodologia adoptada, dos objectivos a atingir e dos benefícios esperados da sua realização.

No mesmo capítulo introduzem-se algumas ferramentas para a gestão da água, como o uso de indicadores e de métodos adequados de monitorização, bem como o conceito gestão por Região Hidrográfica, tal como vem definido no art. 29.º da Lei da Água. Propõem-se, ainda, o uso do conceito DPSIR para o planeamento e a gestão da água de forma holística, ao nível da bacia hidrográfica, e num contexto que atenda aos efeitos que diferentes actividades económicas, sociais e ecológicas, existentes e planeadas, possam ter no uso e na qualidade das águas.

O Capítulo 4 apresenta uma síntese da importância das águas subterrâneas no panorama nacional, em termos de consumos e de necessidades de água, para os sectores urbano, agrícola e industrial. Apresenta também uma síntese dos 58 sistemas aquíferos existentes e suas principais características, bem como das 91 massas de águas subterrâneas recentemente definidas pelo INAG (INAG, 2005) a nível de Portugal Continental, de acordo com o preceituado no Anexo II, Parte C da Directiva das Águas Subterrâneas. O capítulo termina com uma análise das principais características de qualidade natural das águas subterrâneas e com uma identificação dos principais problemas de poluição em Portugal.

Seleccionam-se três vertentes estratégicas para reflexão e aprofundamento em relação à temática qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, selecção essa que resulta das forças motrizes que, a nosso ver, causam as principais pressões neste recurso:

- actividades potencialmente poluidoras (agricultura, golfe, estradas, aeroportos, lixeiras);
- pressões causadas por catástrofes 'naturais', usando como exemplo o caso dos fogos florestais;
- mudanças impostas pelas alterações climáticas.

Os Capítulos 5, 6 e 7 abordam três vertentes identificadas como áreas prioritárias de actuação para assegurar a redução gradual da poluição de águas subterrâneas. Capítulo 5: contaminação difusa de origem agrícola; Capítulo 6: contaminação proveniente de estradas e de aeroportos e Capítulo 7: impacte de lixeiras na qualidade das águas subterrâneas. Em cada um desses capítulos: apresenta-se uma análise da situação actual em Portugal e perspectivas futuras; descrevem-se os principais aspectos da contaminação e seus potenciais efeitos na qualidade das águas subterrâneas; as principais conclusões de projectos no respectivo domínio e termina-se com uma análise das necessidades de investigação. O

Capítulo 8 apresenta uma análise do efeito de fogos florestais na qualidade das águas subterrâneas, utilizando uma metodologia de abordagem semelhante à utilizada nos três capítulos que o antecedem.

Nos capítulos 5 a 8 contribui-se para uma apresentação global das principais pressões a que estão sujeitas as águas subterrâneas e a sua qualidade, tendo em consideração o impacto das principais actividades antropogénicas no estado do meio hídrico, visando avaliar as necessidades de investigação nos diferentes domínios por forma a dar uma resposta para proteger e melhorar a qualidade deste importante recurso (DPSIR).

No Capítulo 9 analisam-se os principais efeitos que as características de variabilidade do clima actual podem ter na qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos. Apresenta-se brevemente o estado da arte neste domínio, os potenciais impactes das alterações climáticas nas águas subterrâneas, os principais projectos e suas conclusões neste domínio e termina-se com uma análise das necessidades de investigação.

No Capítulo 10, propõe-se um conjunto de linhas de investigação e de desenvolvimento, materializadas em oito Programas de Estudos. O seu objectivo é contribuir para a efectivação de alguns dos aspectos fulcrais de uma atempada gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, tendo em vista a prevenção e o controlo da deterioração da qualidade da água. Dá continuidade à linha estratégica do Núcleo de Águas Subterrâneas do LNEC apresentada em Lobo-Ferreira (2000).

O Programa de Pós-graduação é apresentado no Capítulo 11. Nele se explicita e delinea as oportunidades de formação decorrentes da execução do programa de investigação e se indica formas de as concretizar, através da apresentação do enquadramento científico, das linhas-mestras e dos meios humanos e materiais para realização de quatro planos de dissertações de mestrado e de quatro teses de doutoramento que se propõe venham a ser desenvolvidos no âmbito dos projectos.

Termina-se o Programa com o Capítulo 12 que inclui um conjunto de considerações finais, nomeadamente uma síntese dos objectivos, dos programas e dos benefícios a alcançar, uma análise da sua exequibilidade, em termos de recursos humanos e financeiros.

Nesta comunicação apresenta-se, de forma muito sumária, alguns aspectos fundamentais do enquadramento legal vigente e resumem-se as principais questões e necessidades de investigação num conjunto de áreas prioritárias de actuação seleccionadas.

2 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E METAS A ATINGIR

O desenvolvimento de políticas ambientais tendo em vista a implementação de um conjunto de estratégias para a gestão integrada e sustentável do ambiente é um processo complexo, na medida em que implica que se conjuguem requisitos legais com exequibilidade técnica, conhecimento científico e aspectos socioeconómicos, o que exige a consulta e a interligação entre múltiplos actores que actuam num mesmo domínio físico (políticos, administração central e local, indústria, agricultura, investigação, ONG's).

Em termos teóricos, dentro da política da União Europeia, designadamente no âmbito dos Programas-Quadro, estes princípios estão consagrados, i.e. o conhecimento científico e a avaliação económica, com base em dados e em informação actualizada e fiável, transmitida através do uso de indicadores, devem servir de base para a implementação e avaliação das políticas ambientais (*knowledge-based approach*). Este processo implica um constante fornecimento de informação científica que suporte a implementação e a avaliação das políticas ambientais integrando os aspectos socioeconómicos e, para o caso das águas, utilizando a estrutura global de base de gestão por bacia hidrográfica.

No Capítulo 2 elabora-se uma síntese do enquadramento legislativo (cf. Quadro 1) a atender no âmbito do tema tratado e dos programas propostos.

Quadro 1 - Lista dos principais diplomas legais de protecção das águas subterrâneas (adaptado de Leitão, 2008)

Tema	Designação abreviada	Legislação Nacional	Legislação Europeia
Enquadramento	Lei da Água	Lei 58/2005 - estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas - Lei da Água	Directiva 2000/60 - DQA
	Directiva das águas subterrâneas	Decreto-Lei 208/2008 – relativo à protecção das águas subterrâneas contra a contaminação e a deterioração	Directiva 2006/118 - DAS
Prevenção e controlo da poluição	Utilização de lamas em solos agrícolas	Decreto-Lei 276/2009 - estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas	Directiva 86/278
	Gestão de resíduos	Decreto-Lei 178/2006 - relativo às regras a que fica sujeita a gestão de resíduos	Directivas 91/156; 91/689; 2006/12
	Descarga de substâncias perigosas	Decreto-Lei 56/99 - relativo aos valores limite e aos objectivos de qualidade para a descarga de certas substâncias perigosas	Directivas 86/280; 88/347; 90/415
	Objectivos de qualidade substâncias perigosas	Decreto-Lei 506/99 - fixa os objectivos de qualidade para determinadas substâncias perigosas incluídas nas famílias ou grupos de substâncias da lista II do Anexo XIX ao Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto	-
	Regime de AIA	Decreto-Lei 69/2000 (DL 74/2001, DL 197/2005) - aprova o regime jurídico da avaliação de impacte ambiental	Directivas 85/337; 97/11; 2003/35
	Directiva IPPC	Decreto-Lei 173/2008 - prevenção e controlo integrados da contaminação, directiva IPPC	Directivas 96/61; 2003/35; 2008/1
	Directiva aterros de resíduos	Decreto-Lei 183/2009 - regula a instalação, a exploração, o encerramento e a manutenção pós-encerramento de aterros destinados a resíduos	Directivas 99/31; 2003/33
Áreas protegidas	Regime de produtos fitofarmacêuticos	Decreto-Lei 22/2005 - estabelece o regime aplicável à colocação no mercado de produtos fitofarmacêuticos	Directiva 91/414
	Limites máximos produtos fitofarmacêuticos	Decreto-Lei 32/2006 - fixa os limites máximos de resíduos de substâncias activas de produtos fitofarmacêuticos	Directivas 2004/95; 2004/115; 2005/37; 2005/46
	REN	Decreto-Lei 166/2008 - Reserva Ecológica Nacional	-
	Zonas sensíveis	Decreto-Lei 152/97 (DL 198/98, DL 348/98, DL 172/2001 e DL 149/2004) - definição de zonas sensíveis à descarga de águas residuais urbanas. Relativo à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático	Directivas 91/271; 98/15
Critérios de qualidade	Zonas vulneráveis	Decreto-Lei 235/97 (DL 68/99) - zonas vulneráveis à contaminação causada por nitratos de origem agrícola	Directiva 91/676
	Rede Natura 2000	Decreto-Lei 140/99 (DL 49/2005) - Rede Natura 2000	Directivas 92/43; 97/62; 79/409
	Perímetros de protecção de captações	Decreto-Lei 382/99 - perímetro de protecção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público	-
Critérios de qualidade	Qualidade do meio aquático para diversos usos	Decreto-Lei 236/98 (DL 506/99, DL 236/98 e DL 261/2003) - normas, critérios e objectivos de qualidade visando proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos principais usos	Directivas 75/440; 76/160; 76/464; 78/659; 79/869; 79/923; 80/68; 80/778
	Água para consumo humano	Decreto-Lei 306/2007 - qualidade da água destinada ao consumo humano	Directiva 98/83

Referem-se os principais diplomas com relevância para a política integrada e sustentável das águas subterrâneas, suas exigências e metas a atingir. Geralmente esta informação encontra-se dispersa, o que não facilita tê-la em consideração na definição de estratégias de resposta para assegurar a protecção dos recursos hídricos.

3 CONTROLO DA CONTAMINAÇÃO DIFUSA DE ORIGEM AGRÍCOLA

3.1 Considerações gerais

Em Portugal Continental as áreas ocupadas pela agricultura e pela silvicultura representam uma grande percentagem da área total do território. Em 1995 cerca de 43% (138 milhões de hectares) da área total da União Europeia (EU-15) era usada para a agricultura (Vall e Vidal, 1999). Segundo os mesmos autores, entre 1985 e 1995, essa área diminuiu 2,7%, embora o volume de produtos agrícolas tenha aumentado 5%. No caso de Portugal este valor corresponde a mais de 75% da área ocupada (77% em 2001) (PNPOT, 2006). Esta posição destacada em termos de ocupação e de uso do solo é também válida no que se refere aos consumos de água, uma vez que a agricultura é o principal utilizador deste recurso com 81,7% do consumo total, dos quais 64% tem origem subterrânea.

Em termos da preservação da qualidade da água, a extensão da ocupação do solo e do respectivo coberto vegetal são factores determinantes para a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas subjacentes, em especial atendendo ao facto de existirem muitas situações em que as áreas mais adequadas ao cultivo intensivo se localizam em áreas de infiltração máxima, onde se processa a recarga principal dos aquíferos. Nesses casos o excesso de irrigação traduz-se num elevado potencial de contaminação difusa. Este tipo de ocupação aliada a deficientes práticas agrícolas tem como consequência que cerca de 1/3 das massas de águas subterrâneas da Europa excedem o limite de 50 mg/l de nitratos estabelecido nas normas de qualidade para as águas subterrâneas (cf. EEA, 2000, in Quevauviller, 2005), no Anexo I da Directiva das Águas Subterrâneas (DAS). Em Portugal, mais de 50% da área de afloramento de alguns sistemas aquíferos é de ocupação agrícola.

A sustentabilidade ambiental da agricultura implica não apenas a redução das perdas de água e a racionalização dos consumos (de 6551 hm³/ano), tornando mais eficiente a utilização da água sem prejuízo da sua eficácia, mas também o uso adequado de fertilizantes e pesticidas permitindo, no seu conjunto valorizar, proteger e gerir de forma equilibrada os recursos hídricos e respeitar a legislação em vigor.

A optimização da ocupação do solo atendendo às características das diferentes regiões é fundamental que seja baseada com recurso a modelos de apoio à decisão. O modelo deverá maximizar os benefícios líquidos da actividade agrícola e, simultaneamente, impor limitações a essa actividade, tendo em linha de conta diferentes tipos de solos, diferentes práticas agrícolas, disponibilidades hídricas e consequências ambientais sobre os sistemas subterrâneos e ou superficiais que possam vir a ser afectados.

3.2 Necessidades de investigação

O conhecimento sobre o transporte, destino e impactes dos contaminantes mais comuns da contaminação difusa aumentou muito significativamente nas últimas décadas. Simultaneamente, o aumento da capacidade de computação dos últimos 20 anos veio possibilitar uma melhoria da modelação hidrológica e hidrogeológica, permitindo, entre outros aspectos, estimar perdas de nutrientes à escala da bacia hidrográfica, quando a informação existente é suficientemente precisa. Contudo, falta a compreensão quantitativa do sistema solo - água, necessária para uma adequada gestão integrada ao

nível da bacia hidrográfica, como resultado da complexidade deste sistema, para diferentes escalas espaciais e temporais.

Por outro lado, as novas substâncias químicas que são continuamente introduzidas podem vir a constituir novos "contaminantes emergentes", que muitas vezes pertencem a POPs (Contaminantes Orgânicos Persistentes que se caracterizam pelas suas propriedades de persistência, bioacumulação e toxicidade), com potenciais efeitos adversos para a saúde humana e para os ecossistemas mais vulneráveis cujos efeitos necessitam de investigação.

A análise do risco de contaminação necessita de um conhecimento aprofundado sobre a capacidade do solo funcionar como um reservatório de contaminantes orgânicos e inorgânicos sem perder as suas capacidades de produzir biomassa e ser a base de suporte à biodiversidade. Contudo, perseveram muitas incertezas sobre os processos de mineralização e de metabolismo orgânico. Os elementos inorgânicos também apresentam incógnitas sobre os processos de longo prazo da sua imobilização desconhecendo-se em detalhe se a difusão de elementos, p.e. metais pesados, poderá integrar a longo prazo a estrutura dos minerais do solo ou de matéria orgânica em decomposição. Este conhecimento é de grande importância para a compreensão da capacidade de longo prazo para a imobilização de contaminantes.

Solos com características diferentes reagem de diferente forma a processos semelhantes de contaminação, não só como resultado de uma diferente dinâmica de movimento do fluxo mas também porque dependem da existência de determinados componentes reactivos aí presentes. A forma adequada de monitorização, em termos de escala espacial e temporal, dos diferentes parâmetros que podem ser relevantes para os processos de lixiviação, dificilmente é a mais adequada para todos os parâmetros em simultâneo.

Um outro aspecto que merece investigação prende-se com a determinação de que traçadores ambientais deverão ser utilizados para uma melhor compreensão do sistema solo - água.

Finalmente, um outro aspecto onde é necessário o aprofundamento de conhecimentos é a influência que as alterações climáticas poderão ter no uso do solo e de que forma é que essas alterações vão influir no seu funcionamento.

A escala global verificada para fenómenos de contaminação difusa juntamente com o crescente número de substâncias que são detectadas a diversas distâncias da origem, e em períodos de tempo muito diversos, implica que se conheça melhor o papel que solos, em especial os já poluídos, podem ter como filtros e atenuadores da contaminação no ciclo da água. Os solos são, por isso, um elemento-chave da preservação da qualidade da água subterrânea, de superfície e, em última análise, da qualidade da água para consumo humano e para os ecossistemas. Esta visão holística e integrada dos subsistemas solos e água, no contexto do planeamento e da gestão a nível da bacia hidrográfica, é fundamental para a prevenção e controlo da contaminação e para mitigar os impactes da contaminação nos ecossistemas associados, a diferentes escalas.

4 PREVENÇÃO DOS EFEITOS DA CONTAMINAÇÃO PROVENIENTE DE ESTRADAS E DE AEROPORTOS

4.1 Considerações gerais

O progresso do sector dos transportes e o aumento da qualidade dos serviços de comunicação constituem duas linhas de acção estratégica do País, traçadas em 2006, através do Programa de Acção do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT PA, 2006). O conjunto de acções previstas no sentido de melhorar os sistemas e infra-estruturas de suporte à conectividade internacional de Portugal no quadro ibérico, europeu e global inclui a implementação sustentável do Plano Rodoviário

Nacional, a construção de uma nova rede ferroviária de alta velocidade, a modernização da rede ferroviária convencional, e a expansão e melhoria das infra-estruturas aeroportuárias, nomeadamente com a construção de um novo aeroporto de Lisboa, entre outras acções.

Este conjunto de infra-estruturas de transportes e de comunicações, de inegável interesse para o desenvolvimento e para a economia, permitindo corrigir assimetrias regionais, serve para o transporte de pessoas e bens, mas contraditória e simultaneamente formam uma barreira ao movimento de pessoas, de animais e da água no contexto da paisagem, e influencia o ambiente natural de forma complexa.

Do ponto de vista dos recursos hídricos, uma estrada ou uma infra-estrutura aeroportuária interrompem, em diversas secções ou troços, o regime natural do escoamento superficial. Por outro lado, os materiais que constituem as infra-estruturas vêm substituir os solos existentes no local gerando um comportamento diferente em termos hidrológicos, com diminuição da recarga natural e, nalguns casos em que os aquíferos são superficiais, alteração da própria geometria dos aquíferos.

Por outro lado, do ponto de vista da qualidade, há um conjunto de contaminantes (metais pesados: zinco, cobre, chumbo, cádmio, crómio, ferro, níquel, cobalto e vanádio; hidrocarbonetos: hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, e os óleos e gorduras; partículas em suspensão: vidro, plástico e poeira; matéria orgânica: poeira e húmus; e nutrientes: azoto, fósforo e sais) que são gerados pelas estradas, pelos aeroportos e pelo tráfego associado cuja libertação para o ambiente se faz através do transporte aéreo, da percolação através do próprio pavimento (James, 1999, Leitão *et al.*, 2000 e Folkson *et al.*, 2008) e, essencialmente, através das águas de escorrência das estradas. Uma parte desses contaminantes fica retida junto às estradas acumulando-se na vegetação e nos solos contíguos. Os contaminantes que são transportados pelas águas de escorrência de estradas e outras superfícies pavimentadas (e.g. aeroportos) constituem focos significativos de contaminação difusa nas áreas onde se processa a sua descarga, quando não há tratamento prévio, e constituem o mais importante processo de transporte dos contaminantes.

4.2 Necessidades de investigação

As necessidades de investigação diagnosticadas para os dois domínios analisados, i.e., estradas e aeroportos, centram-se: (1) para o caso das estradas, na necessidade de definir, à escala europeia, critérios para caracterizar zonas sensíveis aos contaminantes rodoviários e (2) para o caso dos aeroportos, em metodologias de análise e de avaliação da contaminação de águas subterrâneas e de solos em zonas envolventes de aeroportos.

No âmbito dos estudos efectuados nas última décadas sobre a análise da contaminação das estradas no ambiente foram identificadas metodologias de abordagem visando a prevenção e a mitigação da contaminação e um conjunto de medidas infra-estruturais adequadas à minimização da contaminação das águas de escorrência, embora esta área do conhecimento, como outras, se encontre em permanente desenvolvimento, sendo necessário actualizar as actividades de projecto, manutenção e monitorização em função dos resultados que forem sendo obtidos. Por outro lado, os principais tipos de contaminantes emitidos pela estrada e os processos responsáveis pela sua dispersão foram identificados, sendo necessário continuar os programas de monitorização, durante os períodos de construção e de exploração, de forma a permitir serem conclusivos sobre os potenciais efeitos da contaminação de estradas nos recursos hídricos.

Neste contexto, o trabalho desenvolvido pelo LNEC, para o INAG e para a EP apresenta: (1) um conjunto de directrizes relativamente aos programas de monitorização; (2) uma base de dados elaborada para a gestão e controle da informação que for sendo obtida; (3) directrizes para o dimensionamento de

infra-estruturas para o tratamento de águas de escorrência. Ressalta como um dos aspectos mais importantes, que requer mais investigação e coordenação entre investigadores em diferentes países, justamente a identificação dos locais onde deve ser efectuada a aplicação de medidas de minimização (zonas sensíveis).

As zonas sensíveis são entendidas como áreas a proteger, para onde não se devem fazer descargas directas de águas de escorrência de estradas, pelo que o projecto da estrada deve desde logo evitar a sua afectação. Existem no entanto situações onde não é possível evitar tais descargas, devendo-se nesses casos implementar sistemas de tratamento adequados, promovendo a diminuição da contaminação para níveis aceitáveis antes da descarga, de modo a garantir a protecção sustentável do recurso Água definida na Directiva-Quadro da Água.

Importa que esta metodologia e procedimentos propostos possam ser validados para diferentes situações e realidades ao nível da UE e outros países, para que haja procedimentos comuns na identificação de zonas sensíveis. A proposta, a semelhança do proposto para Portugal, deverá permitir diferenciar as áreas onde não se devem efectuar descargas directas de águas de escorrência, os meios onde isso não constitui problema e, ainda, as zonas entre estes dois extremos, que requerem uma avaliação específica através de uma análise casuística.

Em relação à componente da contaminação gerada por aeroportos, existe um grande desconhecimento da situação portuguesa, para os solos e para as águas em áreas envolventes, pelo que importa que seja criada uma metodologia de análise desta problemática que possa vir a ser aplicada em alguns aeroportos do País. É, naturalmente, uma matéria que importa aprofundar na medida em que é espectável a presença de contaminantes nas áreas envolventes e, nesse contexto, devem ser tomadas medidas no sentido de minimizar e conter os efeitos dessa contaminação, através de medidas globais de prevenção.

5 MINIMIZAÇÃO DO IMPACTE DE LIXEIRAS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

5.1 Considerações gerais

O modelo de funcionamento da sociedade contemporânea conduz a que sejam geradas diariamente enormes quantidades de resíduos sólidos que carecem ser isoladas de forma ambientalmente sustentável. De acordo com estimativas das Nações Unidas são gerados anualmente entre 1 e 1,3 mil milhões de toneladas de resíduos (WWDR 2, 2006). Esta produção de resíduos sólidos apresenta grandes disparidades de país para país e dentro do próprio país, com os EUA a liderarem a lista através de uma produção de cerca de ¼ dos resíduos mundiais. Em 2003, a produção média de resíduos na União Europeia era de 1,6 kg/hab/dia que contrastam com os EUA e o Japão onde este valor chega a atingir os 3 kg/hab/dia. A produção de lixos pelos países mais pobres é muito menor, da ordem dos 0,35 a 0,45 kg/hab/dia.

Em Portugal Continental, de acordo com o PERSU II (2007), e com base nos dados obtidos pelo Sistema de Gestão da Informação sobre Resíduos (SGIR), a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) atingiu as 4,5 milhões de toneladas em 2005, ou seja, cerca de 1,24 kg/hab/dia. Este valor cresceu cerca de 1 milhão de toneladas desde 1995, facto que é explicado pelos autores do estudo como o resultado do aumento do consumo e do crescimento económico no País.

Até há pouco mais de uma década, as lixeiras eram a forma mais comum encontrada para a deposição de todo o tipo de resíduos, não só Portugal como também no resto do mundo, sendo uma alternativa rápida, barata mas sem qualquer preocupação ambiental de longo prazo. A questão da gestão de resíduos e a deposição controlada de RSU em aterros sanitários apenas começou a ter expressão na

Europa no final do século XX e deixou de ser um problema local para passar a ter regras, modos de concepção e de operação definidos a nível central.

Através da utilização de lixeiras, rapidamente se constatou que uma das principais ameaças de contaminação resultava dos lixiviados produzidos pelo contacto entre os detritos sólidos e a água de circulação, cuja origem se deve à precipitação, à humidade dos próprios detritos e às águas superficiais e subterrâneas que eventualmente estivessem em contacto com os materiais depositados. Estas foram e são uma importante fonte de contaminação de solos e de águas subterrâneas em diversas regiões.

De facto, a construção das lixeiras no passado não atendeu às características hidrogeológicas do meio onde se inseriam, pelo que muitas vezes se assiste a situações de poluição que poderiam ter sido evitadas caso se tivesse atendido à necessidade de escolher um ambiente hidrogeológico adequado à protecção das águas subterrâneas, designadamente se houvesse conhecimento sobre a profundidade a que se encontra a água subterrânea, a direcção do fluxo subterrâneo, as componentes horizontal e vertical do fluxo, a identificação de aquíferos presentes e as variações sazonais do nível freático. No entanto, muitas vezes acontece que estes aspectos nem sempre são compatíveis com o conjunto das restantes variáveis a que é necessário atender para a selecção de um local.

A tomada de consciência do efeito que os depósitos de resíduos sólidos em lixeiras constituem para o ambiente levou, não só a que fossem construídas novas infra-estruturas que permitissem o seu isolamento do meio natural envolvente, mas também a que o destino dos resíduos fosse só em última análise enviado para depósito privilegiando-se, em fases anteriores, a valorização de alguns desses resíduos e a minimização dos lixos produzidos em geral, através da sua reutilização, reciclagem ou redução.

5.2 Necessidades de investigação

A composição dos lixiviados em lixeiras ou aterros e os seus potenciais efeitos nos solos e nas águas subterrâneas envolventes depende da própria composição dos RSU nelas depositados. O desconhecimento dos resíduos, em especial no caso das lixeiras em Portugal - onde além dos resíduos domésticos foram também depositados resíduos hospitalares, industriais, e mesmo perigosos, para além de lamas e outras sucatas, demolição e construção, animais mortos etc. - conduz a que muitos dos contaminantes não estejam identificados nem quantificados, desconhecendo-se, por isso, as implicações para o Homem e restantes ecossistemas.

A informação existente no País é muito limitada e encontra-se dispersa por trabalhos realizados de uma forma não coordenada. Importa classificar a informação existente e incluí-la numa base de dados em SIG onde seja concentrada toda a informação relevante sobre as diversas lixeiras encerradas em Portugal, de modo a efectuar um ponto de situação do actual estado de contaminação dos solos e das águas subterrâneas das áreas envolventes, alguns anos após o seu encerramento.

Propõe-se escolher um conjunto de situações representativas das condições geológicas, hidrogeológicas, topográficas e climáticas onde seja caracterizada a efectiva dimensão das plumas de contaminação e caracterizada a capacidade natural de atenuação dos contaminantes que é proporcionada por cada meio hidrogeológico, face às restantes condições existentes.

Finalmente, importa aprofundar a análise de risco associado a antigas lixeiras e apresentar medidas de reabilitação apropriadas ao estado das lixeiras a analisar, bem como a outras lixeiras que apresentem condições equivalentes.

6 MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DE CATÁSTROFES NATURAIS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: FOGOS FLORESTAIS

6.1 Considerações gerais

No seu conjunto, as características da Europa Mediterrânica, designadamente a sua localização geográfica, o clima de temperaturas elevadas no Verão e variabilidade interanual da precipitação, juntamente com o actual ordenamento agrícola e florestal que conduzem à abundância de vegetação arbustível (sob povoamentos arbóreos de pinheiros e eucaliptos, todos eles bastante inflamáveis), o abandono dos sistemas tradicionais de exploração da terra, os inadequados padrões de uso do solo, bem como uma reflorestação frequentemente inadequada, propiciam as condições necessárias para que esta região seja particularmente afectada pelos fogos florestais. Todos os anos mais de 50 000 fogos queimam uma área entre 600 000 e 800 000 ha, uma área comparável à ilha da Córsega, que representa 1,3% – 1,7% do total da floresta Mediterrânica (Olivella *et al.*, 2006). Efectivamente, o risco de incêndios florestais aumentou consideravelmente e, com ele, o risco da degradação física, química e biológica dos solos e a poluição dos recursos hídricos de jusante.

Em Portugal, segundo MADRP (2006) e Pereira *et al.* (2004) (in PDR 2007-2013), os incêndios são um problema crescente nas últimas décadas, resultante do abandono da actividade agrícola e da criação de áreas contínuas de matos e de florestas, em particular quando geridas inadequadamente. Este abandono conduziu à criação de elevadas taxas de acumulação de biomassa na floresta que tradicionalmente vinha sendo usada como lenha ou nas camas de animais. Por outro lado, a divisão de propriedade encontra-se extremamente fragmentada, em especial nas regiões florestadas com maior risco de incêndio, o que dificulta a gestão e prevenção de incêndios.

Os fogos têm como consequência directa a redução, ou mesmo o desaparecimento, da biomassa florestal cujos efeitos se fazem sentir na diminuição da capacidade de retenção de água pelos solos e de infiltração, expondo-os à erosão e provocando o arrastamento de matéria fina, nomeadamente das próprias cinzas do fogo, para as linhas de água mais próximas ou a sua infiltração no solo.

Os fogos florestais também induzem importantes alterações ao nível da qualidade dos solos e das águas. Efectivamente, a composição dos solos sofre alterações após um incêndio como resultado de alterações na própria estrutura dos solos e também pela lixiviação das cinzas através do solo. A quantidade de cinzas depositadas depende das condições de queima da própria composição, do material vegetal que é queimado, do peso e da distribuição espacial da vegetação queimada, do seu grau de combustão e do subsequente transporte de resíduos. Os elementos poluentes resultantes dos fogos florestais incluem os grupos de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAPs), de elementos maiores (e.g. cloreto, sulfato, bicarbonato, nitrato, fluoreto, fosfato, cálcio, magnésio, sódio e potássio) e de metais pesados (e.g. manganés, zinco e cobre).

6.2 Necessidades de investigação

Pese embora todo o trabalho de investigação realizado nos últimos anos tendo em vista a prevenção e a mitigação, os fogos florestais continuam a ser um problema crescente em diversos países Europeus da zona mediterrânica. Devido ao aquecimento global, a questão dos fogos na Europa poderá deixar de ser um problema estritamente da Europa Mediterrânica para vir a alastrar-se à Europa Central e do Norte.

Os diversos trabalhos de investigação que têm sido desenvolvidos centram-se em quatro vertentes distintas que incluem a análise de:

- características dos fogos florestais (e.g. quantidade de energia libertada, tempo de residência, comprimento das chamas), do regime do fogo (e.g. dimensão, tempo de retorno) e das cinzas produzidas em diversos contextos de clima, topografia e geologia;
- efeito dos fogos na flora e na fauna;
- efeito dos fogos nas características físicas e químicas dos solos e das águas e
- medidas de mitigação pós-fogo, no âmbito das componentes: flora, fauna, solos e águas.

Dentro do domínio de interesse do Programa, existem diversos aspectos que requerem uma investigação mais aprofundada em resultado do elevado grau de incerteza e variabilidade nas respostas do meio ambiente às diferentes características do fogo. Este aprofundamento dos conhecimentos deve ser complementado, nomeadamente incorporando as eventuais alterações nas características e no regime dos fogos que possivelmente decorrerão das alterações climáticas.

Dentro dos aspectos de quantidade e de qualidade dos solos e das águas há a considerar as questões relacionadas com: (1) a erosão dos solos; (2) a alteração do ciclo da água (com alteração da capacidade de infiltração e com alteração de caudais superficiais) e (3) as alterações à qualidade dos solos e das águas.

A análise da erosão do solo pós-fogo e do desmoronamento de terras implica a realização de análises de vulnerabilidade e o desenvolvimento de modelos de previsão, fundamentais no suporte à tomada de decisão no que concerne a reabilitação de emergência de áreas aridas.

No que diz respeito às alterações da qualidade dos solos e das águas, é necessário aumentar o conhecimento relativo aos efeitos do fogo nas propriedades químicas dos solos em Portugal, o que permite uma melhor gestão de incêndio em todos os ecossistemas de forma geral, e em particular daqueles que dependem dos solos. A capacidade de prever a magnitude e duração de eventuais alterações à qualidade da água é ainda limitada.

Phoenix (2007) sugere uma linha de investigação onde sejam identificadas e compreendidas as relações entre as características do comportamento do fogo florestal e os efeitos do fogo nos solos, no ciclo do carbono (armazenamento e libertação) e no ciclo dos nutrientes. No triângulo planta – erosão – qualidade da água (superficial e subterrânea) perceber qual é a ligação entre os nutrientes libertados pela planta durante o incêndio (cinzas) com os solos e água. Neste âmbito, propõe-se o estudo de quais os nutrientes que ficam retidos, quais os que lixiviam, como se relacionam entre si, com o meio onde se encontram e com as plantas existentes na área de estudo.

Em síntese, as questões-chave a serem investigadas são a avaliação da eficiência e das limitações das várias técnicas de gestão pós-fogo, a conservação do solo e da água, a recuperação da qualidade dos solos (medidas de correcção dos solos) e das suas propriedades, a reflorestação (selecção das espécies vegetais, sistemas radiculares), o solo, o escoamento superficial e a qualidade da água.

7 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

7.1 Considerações gerais

Os impactes das alterações climáticas nos recursos hídricos podem ser directos, quando resultam directamente das alterações climáticas, ou indirectos, quando resultam de modificações dos sistemas económico-social induzidas pelas alterações climáticas (Cunha *et al.*, 2006).

A análise da possível evolução da qualidade das águas subterrâneas está directamente ligada aos principais processos esperados para a evolução deste recurso do ponto de vista da quantidade, por sua vez está dependente da sua interligação com o escoamento superficial e com algumas variáveis do clima.

Embora a informação sobre a potencial evolução da qualidade das águas subterrâneas como resultado das alterações climáticas seja muito escassa, procurou-se, com base na análise de diversos estudos realizados à escala global (Gleick *et al.*, 2001; IPCC, 2007 e Bates *et al.*, 2008), em estudos regionais realizados em diversos países e nos resultados obtidos em diversos estudos para Portugal (Nascimento *et al.*, 2004; Nascimento *et al.*, 2005; Cunha *et al.*, 2006; Oliveira, Novo e Lobo Ferreira, 2007 e Novo, 2007) examinar os principais efeitos que seria expectável vir a observar para a componente da qualidade das águas subterrâneas face aos cenários esperados para o clima e os recursos hídricos *sensu lato*. Procurou-se apresentar uma síntese dessa análise através da Fig. 1.

No Programa analisam-se os principais efeitos que as características de variabilidade do clima actual podem ter na qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos. Apresenta-se brevemente o estado da arte neste domínio, os potenciais impactes das alterações climáticas nas águas subterrâneas, os principais projectos e suas conclusões neste domínio e termina-se com uma análise das necessidades de investigação.

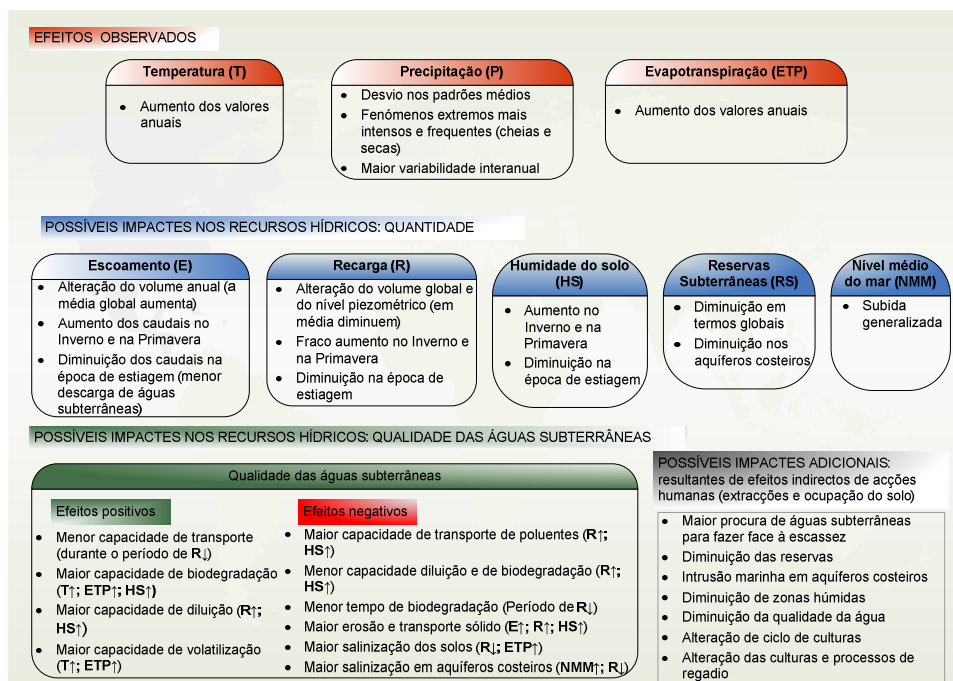


Fig. 1 - Síntese dos principais efeitos das alterações climáticas e seus possíveis impactes nos recursos hídricos (Leitão, 2008)

7.2 Necessidades de investigação

Existem múltiplas lacunas de conhecimento em termos de dados e de necessidades de investigação no domínio do efeito das alterações climáticas nos recursos hídricos. A informação de base e o acesso a ela são condição necessária para uma gestão adaptativa, embora em muitos casos essas redes sejam insuficientes em termos de dados espacial e temporalmente representativos.

Importa melhorar o conhecimento em relação aos modelos de alterações climáticas e as suas relações com o ciclo hidrológico para escalas que sejam relevantes aos decisores. Por outro lado, os aspectos das alterações climáticas e seus efeitos nos recursos hídricos relativamente à qualidade das águas, aos ecossistemas aquáticos e às águas subterrâneas encontram-se insuficientemente estudados a

nível global e também em Portugal. Um outro aspecto crucial prende-se com a questão da integração de todos os aspectos referidos, designadamente com a dimensão socioeconómica, que peca pela ausência de instrumentos integradores e facilitadores de troca de informação entre sectores inter-relacionados e interdependentes que no seu conjunto permitam uma melhor adaptação e mitigação de efeitos.

O domínio das águas subterrâneas, apesar da sua comprovada importância, têm recebido pouca atenção na análise dos efeitos das alterações climáticas quando comparadas com as águas superficiais (Bates *et al.*, 2008). É necessária mais informação de base sobre a qualidade e quantidade da água, e o seu uso de forma a conhecer melhor os processos de recarga e de balanço hídrico.

O uso conjunto de águas subterrâneas e superficiais para satisfazer a procura de água tem sido frequentemente referido como uma solução para fazer face a um abastecimento contínuo. Um dos aspectos fulcrais a considerar para a sustentabilidade desta medida é a utilização de recarga artificial de aquíferos nas alturas em que há excedente de águas superficiais, por exemplo as cheias cuja recorrência se prevê venha a ser ainda maior em Portugal, ou outras fontes alternativas. Esta temática tem vindo a ser abordada em Portugal através dos projectos Gabardine (cf. http://www.lnec.pt/organizacao/dha/organization/dha/nas/estudos_id/gabardine) e do projecto ASEM (cf. http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/estudos_id/asemwaternet, Oliveira 2007 e Oliveira, Novo e Lobo Ferreira, 2007), ambos desenvolvidos no LNEC, e para casos de estudo no Algarve. A questão da utilização da zona vadosa para melhoria das águas em bacias de infiltração, evitando a recarga directa em furos, é um aspecto de grande interesse visando a melhoria da água infiltrada relativamente a um conjunto de potenciais contaminantes emergentes habitualmente não tratados, como o caso de disruptores endócrinos (e.g. pílula).

Atendendo à informação existente sobre a qualidade das águas subterrâneas em Portugal, quer para períodos de seca quer para períodos de cheia, cuja ocorrência é aleatória mas recorrente com vários episódios por década, importa efectuar a sua análise visando estudar eventuais tendências de qualidade observadas para diferentes períodos, incluindo sistemas com diferentes características de permeabilidade e de vulnerabilidade e sujeitos a condições climáticas diferentes. Essa análise poderá constituir um ponto de partida para o estudo dos efeitos das alterações climáticas na qualidade dos recursos hídricos permitindo, eventualmente, extrapolar ou determinar uma metodologia adequada para simular o efeito dos cenários previstos na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

8 PROGRAMA DE ESTUDOS

O Programa de Estudos emerge do amadurecimento dos temas dissecados ao longo dos nove primeiros capítulos do Programa, onde se identificam os principais problemas de poluição de águas subterrâneas em Portugal e se analisam as suas origens e potenciais efeitos na qualidade das águas, de onde ressaltam as principais lacunas de informação e se identificam prioridades para investigação e desenvolvimento nos diferentes domínios.

O objectivo do Programa de Estudos é propor um conjunto de linhas de investigação e de desenvolvimento que contribua para proteger, melhorar e reabilitar a qualidade das massas de águas subterrâneas das principais origens de contaminação e de deterioração a que estão, ou possam vir a estar, sujeitas. Os oito programas propostos resultam da análise efectuada sobre as principais forças motrizes e pressões exercidas sobre a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos e que foram identificadas como prioridades de investigação e de actuação tendo em vista contribuir para o Bom estado da qualidade das águas subterrâneas em 2015 através da sua gestão integrada e sustentável ao nível da bacia hidrográfica.

Procura-se, simultaneamente, que os aspectos de preservação da qualidade estejam ligados à gestão integrada e sustentável do recurso do ponto de vista quantitativo, propondo formas de gestão interanual mais adequadas ao clima do País, com secas e cheias aleatórias mas recorrentes, através do uso da recarga artificial em períodos de abundância para posterior uso em épocas de escassez, apontando também formas de utilização de origens de água alternativas para a recarga.

A Fig. 2 apresenta de forma esquemática o conjunto de programas propostos e a sua interligação ao conjunto de três grupos de pressões identificados.

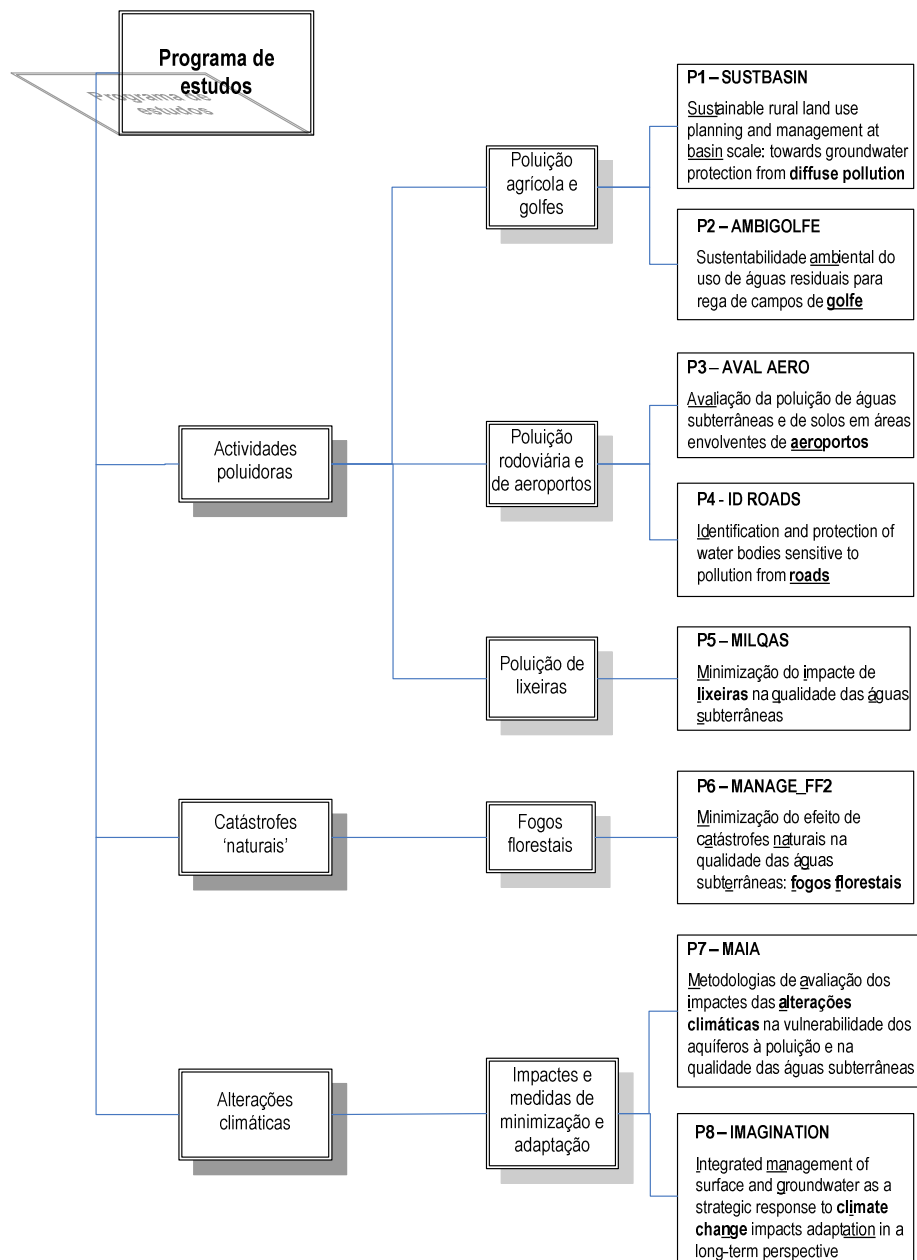


Fig. 2 - Organograma dos Programas de Estudos propostos (nota: a sublinhado estão as letras que deram origem ao acrónimo e a negrito está a pressão analisada no programa) (Leitão, 2008)

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O antigo provérbio do Quénia com que se começou o Programa condensa a ideia subjacente aos seus objectivos, ao pretender-se contribuir para uma gestão integrada e sustentável da qualidade das águas subterrâneas em Portugal: "se queres ir rápido, vai sozinho; se queres ir longe, junta-te a outros"!

Efectivamente, a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos - objecto de análise nos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica em curso - é um processo complexo, na medida em que implica que se conjuguem requisitos legais com exequibilidade técnica, conhecimento científico e aspectos socioeconómicos, o que exige a consulta e a interligação entre múltiplos actores que actuam num mesmo domínio físico (políticos, administração central e local, investigadores, actores (*stake-holders*), indústria, agricultura, ONG's, entre outros).

Este modelo exige uma transparente e solidária articulação das políticas públicas e uma clara definição das competências e coordenação de iniciativas dos vários responsáveis pela administração do território, onde se reconheçam as dimensões de natureza ambiental, ética, social e económica.

A função dos investigadores é dar a conhecer o funcionamento do sistema de forma a permitir aos decisores e gestores tomarem as decisões de forma científica e tecnicamente fundamentada. Procurou-se que este programa fosse ao encontro dos aspectos fundamentais da poluição de águas subterrâneas, em termos das principais forças motrizes e pressões a que estão sujeitos, e da análise das principais lacunas de conhecimento que impedem a tomada de respostas adequadas. Através do Programa de Estudos e de Pós-graduação apresenta-se um exercício prospectivo no sentido elencar as principais linhas de actuação que, em nosso entender, devem ser porfiadas para obter a informação necessária para agir, para dar resposta. Nesse contexto, o conceito DPSIR [*Driving Force* (Força Motriz) - *Pressure* (Pressão) - *State* (Estado) - *Impact* (Impacte) - *Response* (Resposta)] foi seleccionado para os programas, no sentido que se pretendeu que o ciclo de análise fosse fechado com respostas e não apenas com diagnósticos.

Os problemas ambientais estão a tornar-se cada vez mais complexos, exigindo, para a sua resolução, conhecimentos cada vez mais específicos, bem como a eficiente integração de diversos esforços entre diferentes áreas de conhecimento. Urge acelerar o reforço da colaboração e coordenação entre instituições, os seus programas e projectos de investigação e desenvolvimento, permitindo que alcancem os vários níveis de decisão, promovendo adequadas formas de governança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATES, B.C., KUNDZEWICZ, Z., WU, S., e PALUTIKOF, J., 2008 - *Climate Change and Water*. Grupo de Trabalho II do Intergovernmental Panel on Climate Change, Secretariado do IPCC, Geneva, 210 pp.

CUNHA, L.V., RIBEIRO, L., OLIVEIRA, R.P. e NASCIMENTO, J., 2006 - *Recursos Hídricos*, in "Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação". Projecto SIAM II, eds. F.D. SANTOS e P.MIRANDA, pp. 115-168.

FOLKESON, L., BAEKEN, T., BREŇIČ, M., DAWSON, A., FRANCOIS, D., KURIMSKA, P., LEITÃO, T., LIČBINSKY, R., VOJTEČEK, M., 2007 - Capítulo 6 "Contaminants of Water in the Pavement". In: Dawson, 2008: "Water Movement in Road Pavements and Embankments". Springer Verlag, pp. 107-146.

FREEZE, R. A. e CHERRY, J. A., 1979 - *Ground Water*. Prentice-Hall Inc., USA, New Jersey, 604 pp.

GLEICK, P.H., SINGH, A. e SHI, H., 2001 - *Threats to the World's Freshwater Resources*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security (<http://www.pacinst.org> e <http://www.worldwater.org>), Oakland, California, 59 pp.

INAG, 2005 - *Relatório Síntese sobre a Caracterização das Regiões Hidrográficas prevista na*

Directiva-Quadro da Água. Lisboa, Instituto da Água, 2005.

INAG, 2007 - *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais. Sistemas Públicos Urbanos. Campanha INSAAR 2005*. Instituto da Água, Abril de 2007, 150 pp.

IPCC, 2007 - *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

JAMES, C., 1999 – *The Impact of Pollutants from Roads and Vehicles on the Local Environment*. POLMIT Project Report, PR/SE/603/99, RO-97-SC.1027, Transport Research Laboratory, 131 pp.

LEITÃO, T. E., LEHMANN, N., SMETS, S., LOBO FERREIRA, J. P. C. e HOLM, P., 2000 - *WP2/4 Pollution from Roads and Vehicles and Dispersal to the Local Environment: Mass Flux and Mass Balance Calculations; Assessment of Pollution of Groundwater and Soils by Road and Traffic Sources*. LNEC e VKI, 47 pp.

LEITÃO, T.E., 2008 - *Gestão Integrada e Sustentável da Qualidade das Águas Subterrâneas em Portugal. Contributos para um Bom Estado em 2015*. Trabalho apresentado para obtenção do Título de Habilitado para o exercício de funções de coordenação de investigação científica, 350 pp.

LOBO FERREIRA, J.P., 2000 - *Inventariando, Monitorizando e Gerindo de Forma Sustentável Recursos Hídricos Subterrâneos. A Situação Portuguesa, os Desafios da União Europeia e a Globalização*. Lisboa, LNEC, Teses e Programa de Investigação n.º 14, 431 pp.

NASCIMENTO, J., RIBEIRO, L., CUNHA, L.V. e OLIVEIRA R., 2004 - *Impacto das Alterações Climáticas nos Recursos Hídricos Subterrâneos de Portugal Continental. Alguns resultados preliminares*. 7.º Congresso da Água, organizado pela Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2004, 15 pp.

NASCIMENTO, J., RIBEIRO, L., CUNHA, L.V., e OLIVEIRA, R., 2005 - *Efeitos das Alterações Climáticas na Disponibilidade Hídrica e na Qualidade da Água Subterrânea da Região Alentejo*. Comunicação apresentada ao 7.º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Évora, 16 pp.

NOVO, M. E., 2007 - *Alterações Climáticas e seus Impactos nos Recursos Hídricos Subterrâneos em Ilhas de Pequena Dimensão (Caso de Estudo: Açores – Ilha Terceira)*. Tese de Doutoramento em Engenharia do Ambiente, Angra do Heroísmo, Fevereiro de 2007, 290 pp.

OLIVEIRA, M.M., NOVO, M.E., LOBO FERREIRA, J.P., 2007 - *Models to predict the impact of the climate changes on aquifer recharge*. In Lobo Ferreira, J.P; Vieira, J. (eds) – "Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability", IAHS Red Books, London, IAHS Publication 310, ISBN 978-1-901502-88-6, pp. 103-110.

OLIVELLA, M.A., RIBALTA, T.G., FEBRER, A.R., MOLLET, J.M., LAS HERAS, F.X.C., 2005 - *Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Riverine Waters after Mediterranean Forest Fires*. The Science of the Total Environment 355, 156-166.

PDR 2007-2013 - *Plano Estratégico Nacional do Desenvolvimento Rural 2007-2013*, MADRP, 2007, 93 pp.

PEAASAR, 2006 - PEAASAR 2007/13 - *Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais*, 171 pp.

PNPOT PA, 2006 - *Programa de Acção do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território*, MAOTDR, Fevereiro de 2006, 96 pp.

PNPOT, 2006 - *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território*, anexo à Lei n.º 58/2007, de 4 de Setembro, 155 pp.

PNUEA, 2001 - *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, Versão Preliminar*. Estudo elaborado

pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) com o apoio do Instituto Superior de Agronomia (ISA). Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território e Instituto da Água, 212 pp.

PHOENIX, 2007 - *Possible Research Directions in Natural Hazards Research*. Wildfire research (in the context of climate change and multi-hazard perspectives).

QUEVAUVILLER, P., 2005 - *Groundwater monitoring in the context of EU legislation: reality and integration needs*. Journal of Environmental Monitoring.

Vall, M.P. e Vidal, C., 1999 - *Nitrogen in agriculture*.

http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/report/en/nitro_en/report.html.

VRBA, J. and LIPPONEN, A., 2007 – *Groundwater Resources Sustainability Indicators*. International Hydrological Programme – VI. Series on Groundwater, n.º 14, UNESCO, IHP/2007/GW-14.

WWDR, 2003 - *Water for People, Water for Life*. The United Nations World Water Development Report, 36 pp. (<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf>).

WWDR 2, 2006 - *Water a Shared Responsibility* - The United Nations World Water Development Report 2, 601 pp. (<http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/>).