

# AVALIAÇÃO DO RISCO DE POLUIÇÃO ACIDENTAL NAS ÁREAS DOS PLANOS DE BACIA DO TEJO E DAS RIBEIRAS DO OESTE

**Teresa E. LEITÃO**

*Doutora em Hidrogeologia, Investigadora Principal com Habilitação do Núcleo de Águas Subterrâneas – LNEC/DHA, Av. do Brasil, 101 P-1700-066 Lisboa, Tel: 218 443 802, Email: [tleitao@lnec.pt](mailto:tleitao@lnec.pt)*

**João Paulo LOBO FERREIRA**

*Doutor em Engenharia Civil, Investigador-Coordenador e Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas- LNEC/DHA, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Tel: 218 443 609, Email: [lferreira@lnec.pt](mailto:lferreira@lnec.pt)*

**Gonçalo LEAL**

*Engenheiro Agrónomo (ISA), M. Sc. in Soil Science and Water Management (Wageningen), HIDROPROJECTO - Engenharia e Gestão, S.A., Rua Quinta das Romeiras, Edifício Eduardo Viana, 104 – 7.º, 1495-236 Miraflares Algés Tel: 21 751 30 00, Email [galeal@hidroprojecto.pt](mailto:galeal@hidroprojecto.pt)*

**Manuel MENDES OLIVEIRA**

*Doutor em Hidrogeologia, Investigador Auxiliar do Núcleo de Águas Subterrâneas – LNEC/DHA, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Tel: 218 443 436, Email: [moliveira@lnec.pt](mailto:moliveira@lnec.pt)*

**Maria José HENRIQUES**

*Licenciada em Geologia Aplicada e Ambiente, Técnica Superior do Núcleo de Águas Subterrâneas- LNEC/DHA, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Tel: 218 443 443, Email: [mjhenriques@lnec.pt](mailto:mjhenriques@lnec.pt)*

**Andrea IGREJA**

*Licenciada em Tecnologias de Informação – Ambiente, HIDROPROJECTO - Engenharia e Gestão, S.A. Rua Quinta das Romeiras, Edifício Eduardo Viana, 104 – 7.º, 1495-236 Miraflares Algés, Tel: 21 751 30 00, Email [aigreja@hidroprojecto.pt](mailto:aigreja@hidroprojecto.pt)*

## RESUMO

No âmbito da elaboração dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo e das Ribeiras do Oeste, pelo consórcio Hidroprojecto/LNEC/ICCE (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a e b), uma das componentes examinada para a caracterização e análise de vulnerabilidades da área das bacias foi a análise dos riscos de poluição accidental.

A delimitação das áreas sujeitas a risco de poluição accidental tem por objectivo permitir planear e preparar acções de prevenção e de minimização a implementar, independentemente do tipo e método de minimização a adoptar em cada situação. A finalidade mais óbvia de tal delimitação é o conhecimento e sensibilização das autoridades de protecção civil, entidade a quem caberá, em primeira instância, desencadear os meios visando atenuar os episódios de poluição accidental.

Como o próprio nome indica, a poluição accidental resulta de episódios imprevisíveis. Destaca-se a ruptura de infra-estruturas que armazenam ou transportam substâncias potencialmente perigosas e que podem migrar para o meio hídrico subterrâneo através da infiltração de poluentes no solo, quer a partir de efluentes líquidos quer de resíduos sólidos. Assim, muitos dos potenciais riscos de poluição accidental estão associados às próprias pressões identificadas, em especial às associadas a indústrias com sistemas de retenção de efluentes líquidos ou sólidos passíveis de sofrerem rupturas accidentais.

O risco traduz a forma como o meio é afectado por uma carga poluente. É, por isso, definido como uma combinação dos efeitos da carga poluente, contínua ou accidental, com as características do meio (traduzidas pela vulnerabilidade do meio).

No que respeita à delimitação das áreas sujeitas a poluição accidental, optou-se por classificá-las em cinco graus de risco, definido este de acordo com a confluência de proximidade de duas situações: (i) actividades/ocupações do solo potencialmente indutoras de picos de poluição, na sequência de hipotéticos acidentes de origem natural ou artificial; (ii) locais especialmente sensíveis a tais picos de poluição, a saber, captações de água para consumo humano e áreas sensíveis.

Por outro lado, e atendendo ao facto de as estradas serem os locais onde existe maior risco de ocorrência de acidentes de poluição durante o transporte, elaborou-se uma metodologia para a definição desse risco, com base numa simplificação do trabalho apresentado em Leitão *et al.* (2005) e no índice IFI, desenvolvido por Oliveira e Lobo Ferreira (2002a e b).

**Palavras-chave:** Risco, poluição accidental, estradas, PGRH Tejo; PBH Oeste.

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição accidental é um tipo de poluição que, como o próprio nome indica, resulta de episódios imprevisíveis. Como qualquer outro tipo de poluição da água, também esta pode provocar problemas nos ecossistemas aquáticos e nas massas de água localizados a jusante do acidente.

De entre os principais tipos de poluição accidental destaca-se a ruptura de infra-estruturas que armazenam ou transportam substâncias potencialmente perigosas e que podem migrar para o meio hídrico subterrâneo através da infiltração de poluentes no solo, quer a partir de efluentes líquidos quer de resíduos sólidos. São disso exemplo a ruptura ou o derrame de substâncias perigosas transportadas pelas vias de comunicação rodoviárias e ferroviárias, de sistemas de drenagem de águas residuais e industriais e de infra-estruturas de armazenamento de efluentes, p.e. tanques ou bacias de retenção de suiniculturas ou de explorações mineiras.

Como se pode depreender da caracterização sumária apresentada, muitos dos potenciais riscos de poluição accidental estão associados às próprias pressões identificadas, muito em especial às associadas a indústrias com sistemas de retenção de efluentes líquidos ou sólidos passíveis de sofrerem rupturas accidentais.

Outro tipo de poluição accidental pode estar relacionado com a ocorrência de fenómenos accidentais abrangentes que podem ter consequências ao nível da qualidade dos recursos, como por exemplo o caso dos fogos florestais e as suas implicações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos de jusante.

Este tipo de poluição pode ser potenciado ou mesmo causado por outros riscos naturais. Por exemplo numa região mais sísmica que outra, a probabilidade de ruptura de infra-estruturas de armazenamento e/ou transporte é também maior. Numa região sujeita a cheias, se se der a coincidência de haver um derrame accidental numa altura de cheia, a propagação de poluentes pode ter uma dispersão muito mais alargada do que teria em condições meteorológicas normais. Por outro lado, no caso da poluição accidental dos meios hídricos subterrâneos, as consequências dos acidentes que ocorram em situações de cheia (ou simplesmente em situações de pluviosidade superior à média) poderão ser consideravelmente mitigadas, seja pelo factor diluição, seja pelo facto de a taxa de infiltração das camadas superficiais do solo se encontrar no seu mínimo, consequência directa de o solo estar em situação de quase saturação.

No caso da poluição accidental, os usuais meios de controlo, a jusante de potenciais fontes de poluição, não são física e economicamente viáveis, dada a imponderabilidade intrínseca do processo dificultar a localização de pontos de medição, bem como a selecção dos parâmetros a analisar.

A delimitação das áreas sujeitas a risco de poluição accidental permite planear e preparar as acções de prevenção e minimização a implementar, independentemente do tipo e método de minimização a adoptar em cada situação. A finalidade mais óbvia de tal delimitação – mas seguramente não a única – é o conhecimento e a sensibilização das autoridades de protecção civil, entidade a quem caberá, em primeira instância, desencadear os meios visando atenuar os episódios de poluição accidental.

## 2. CONCEITOS DE RISCO DE POLUIÇÃO ACIDENTAL E SUA MINIMIZAÇÃO

### 2.1 Análise do risco de poluição accidental

No contexto do exposto, o mais usual é analisar-se o risco associado à probabilidade de ocorrência de um episódio de poluição. O risco de poluição é obtido cruzando a informação da localização das infra-estruturas que oferecem um determinado potencial de poluição com a vulnerabilidade à poluição do meio nas zonas onde se situam essas infra-estruturas. Assim, a magnitude do perigo e do tipo de impactes expectáveis resultam das características físico-químicas dos

elementos libertados, da vulnerabilidade do meio e da distância ao alvo que se pretende proteger, e.g. captação para abastecimento público.

Os tipos de acidentes mais graves estão associados ao derrame de produtos do petróleo e produtos químicos, não só pela dificuldade na sua reabilitação mas também porque os elementos que libertam são tóxicos para os animais e para as plantas mesmo em muito baixas concentrações, podendo causar a eutrofização e o aparecimento de zonas mortas de forma irreversível para os ecossistemas aquáticos.

O risco traduz a forma como o meio é afectado por uma carga poluente. É, por isso, definido como uma combinação dos efeitos da carga poluente contínua (e.g., por más práticas agrícolas) ou accidental, com as características do meio (traduzidas pela vulnerabilidade do meio). O risco de poluição depende não só da vulnerabilidade mas também da existência de cargas poluentes significativas que possam entrar no ambiente subterrâneo.

O meio pode atenuar a concentração do poluente, reduzindo-a a um valor aceitável. Assim, é possível ter uma situação de risco baixo se, apesar de a carga poluente ser elevada, a vulnerabilidade do meio for reduzida. Pode também existir uma situação de baixo risco, se, independentemente da vulnerabilidade (mesmo que seja elevada), a carga poluente for reduzida. Um meio de vulnerabilidade elevada e sujeito a uma carga poluente elevada confere uma situação de risco elevado.

Os métodos para caracterização do risco podem ser de previsão ou de resposta. Os primeiros podem caracterizar o risco por dois processos: um que considera o cálculo, em separado, da vulnerabilidade e da carga poluente; e outro que acopla a carga poluente e as características intrínsecas do meio. Os métodos de resposta usam a composição da água subterrânea para afirmar se determinada área em análise tem boas ou más condições de preservação das características actuais da qualidade da água, i.e., que o risco é baixo ou que o risco é elevado.

Nos métodos de previsão, além do tempo de percurso, interessam as propriedades relacionadas com a circulação do poluente no meio, como as propriedades de retardamento do meio, a carga poluente e a perigosidade do poluente.

O risco pode ser definido em relação a uma captação ou conjunto de captações de águas subterrâneas, ou ser definido em relação à totalidade de uma massa de águas subterrâneas. Na Figura 1 exemplifica-se a aplicação do método USGS para mapeamento do risco de poluição da zona não saturada de um caso de estudo publicado por Lobo-Ferreira *et al.* (2006). No exemplo apresentado, 70% da área foi classificada entre 56 e 73, o que corresponde a um risco intermédio da zona não saturada. Outros métodos podem ser utilizados, tais como a modelação numérica do escoamento e do transporte de águas subterrâneas a duas dimensões (x, y - 2D) ou a três dimensões (x, y, z - 3D).

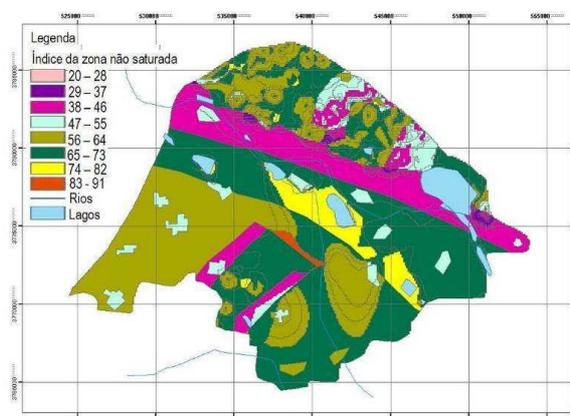


Figura 1 – Exemplo de aplicação do método USGS para mapeamento do risco de poluição da zona não saturada (Lobo Ferreira *et al.*, 2006)

## 2.2 Métodos de minimização da poluição accidental

No Quadro 1 apresentam-se diferentes tipos de minimização da poluição accidental a considerar, atendendo à localização do problema.

Quadro 1 – Métodos de minimização da poluição (Brenčić *et al.*, 2008, in Leitão, 2010)

Tipo de minimização	Método de minimização	
	<i>Ex-situ</i>	<i>In situ</i>
Minimização na origem	Prevenir	Prevenir
	Evitar	Reduzir
Minimização no percurso	Reorientar	Interceptar
Minimização no destino	Compensar	Reabilitar

A **minimização na origem** pode ser efectuada através de métodos destinados a prevenir, evitar e reduzir a contaminação. Os primeiros são geralmente aplicados para anular a emissão de contaminantes para o ambiente em áreas ambientalmente sensíveis, como o caso de áreas de habitats sensíveis decretados pelas áreas NATURA 2000.

Um dos aspectos importantes para prevenir e/ou reduzir o risco de poluição accidental na origem é manter em bom estado a qualidade do equipamento que armazena os produtos perigosos, procedendo à monitorização de forma a que, se houver um derrame, este possa ser descoberto e contido imediatamente, juntamente com acções para recuperá-lo. Por exemplo, actualmente nas bombas de gasolina (uma das origens de poluição accidental mais comum) os contentores de armazenamento são de parede dupla com um sistema eléctrico que detecta se houver uma fuga do primeiro. O armazenamento subterrâneo de resíduos perigosos deve ser efectuada em sistemas que permitam uma evacuação intermédia de eventuais fugas, com caixas de visita para inspecções periódicas.

A **minimização durante o percurso** pode ser conseguida através de métodos de reorientação e de intercepção. Os primeiros permitem divergir à partida a libertação de efluentes de uma área sensível para fora do local, p.e. até uma infra-estrutura de tratamento. Os segundos são medidas técnicas que permitem a intercepção de escorrências poluídas. Essas intercepções podem ser infra-estruturas de tratamento, como bacias de retenção ou de infiltração. Um caso típico desta minimização é a presença de bacias de retenção junto a bombas de gasolina, preparadas para receber eventuais derrames que ocorram, sem que haja rejeições directas para o ambiente hídrico.

No caso de um determinado poluente atingir o seu destino final (massa de água, neste caso), o seu impacto pode ser reduzido através de **metodologias de minimização no destino** que incluem a reabilitação e métodos de compensação.

A utilização de metodologias de reabilitação apenas é possível quando se observa um efeito adverso num compartimento ambiental que se pretendia proteger, por exemplo a qualidade da água imprópria para consumo humano ou a morte de peixes num rio. Uma forma drástica de reabilitação é a própria substituição do solo e outras áreas contaminadas por material limpo, embora esta opção deva ser tomada após outras tentativas de tratamento. Por outro lado, a reabilitação não é uma medida de actuação contínua, mas serve sim para resolver uma situação determinada e finita no tempo.

Os métodos de compensação encontram-se no fim da linha de actuação, isto é, representam medidas económicas ou processos alternativos que visam recompensar os danos causados.

Os métodos de minimização apresentados podem ser vistos de duas perspectivas diferentes, consoante o domínio físico em que são aplicados:

- métodos *ex-situ* – implementados como medidas, não técnicas ou técnicas, aplicadas fora do ambiente onde ocorrem;
- métodos *in situ* – implementados na vizinhança do local do acidente. Estes métodos podem ser definidos como medidas de intervenção ou de não-intervenção.
  - As medidas de intervenção implicam a acção humana, quer quando um problema é detectado ou por normal manutenção de um sistema (p.e. remoção de lixo à saída de um colector).
  - As medidas de não-intervenção baseiam-se na instalação de equipamento que funciona durante parte da vida útil de um determinado projecto. Em geral são mais caras que as medidas activas quando se prevê funcionarem apenas para um ano ou dois, mas se se considerar o investimento para um funcionamento de longo prazo, já apresentam vantagem em relação às medidas activas.

### 3. METODOLOGIAS CONSIDERADAS NO PLANO DE GESTÃO DE BACIA

#### 3.1 Risco de poluição accidental

Na análise do risco de poluição accidental efectuada no âmbito dos planos foram considerados diversos aspectos relevantes. Uma medida abrangente e fundamental para proteger as águas subterrâneas de poluição accidental é a implementação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas para consumo humano. Este é um exemplo paradigmático de como evitar a produção de poluentes na origem que, de acordo com o Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de Setembro, estabelece um conjunto de restrições de utilidade pública ao uso e transformação do solo, em função das características pertinentes às formações geológicas, como forma de salvaguardar a protecção da qualidade dessas águas subterrâneas.

Como é natural, o objectivo da delimitação dos perímetros de protecção de captações excede, em muito, a minimização dos riscos de poluição accidental. Contudo, entende-se que estes perímetros, mesmo quando não associados a nenhum risco específico de poluição accidental, constituem o primeiro patamar para protecção desse risco, na medida em que a mobilidade da poluição causada por ocorrências accidentais poderá causar sempre algum risco de contaminação.

No que respeita à delimitação das áreas sujeitas a poluição accidental, optou-se por classificá-las em cinco graus de risco (Quadro 2), definido este de acordo com a confluência de proximidade de duas situações: (i) actividades/ocupações do solo potencialmente indutoras de picos de poluição, na sequência de hipotéticos acidentes de origem natural ou artificial; (ii) locais especialmente sensíveis a tais picos de poluição, a saber, captações de água para consumo humano e áreas sensíveis.

As actividades ou ocupações do solo onde se admite que hipotéticos acidentes poderão causar episódios de poluição susceptíveis de contaminar, não só os meios hídricos superficiais, mas também as massas de águas subterrâneas, são as seguintes:

- Aterros sanitários mal isolados, lixeiras e fossas sépticas colectivas;
- Solos contaminados;
- Áreas industriais abandonadas, contendo substâncias perigosas;
- Áreas mineiras contendo substâncias perigosas ou radioactivas;
- Indústrias abrangidas pelos regulamentos PRTR (registo de emissões e transferências de poluentes) e IPPC (regime de prevenção e controlo integrado da poluição);
- Pecuárias intensivas (explorações suínicas e bovinas);
- Lagares e matadouros com processos de rejeição não adequados;
- Vias de comunicação rodoviária e ferroviária.

Como se disse, os locais particularmente sensíveis à poluição accidental, são os seguintes:

- Áreas de implantação de captações de água para consumo humano, quer tenham ou não os respectivos perímetros de protecção já delimitados;
- Áreas Sensíveis, de acordo com as definições adoptadas pelos diplomas legais: (i) Decreto-Lei n.º 19/93 de 23 de Janeiro (parques nacionais, reservas naturais, parques naturais, monumentos naturais, paisagens protegidas e sítios de interesse biológico); e (ii) Decreto-Lei n.º 227/98 de 17 de Julho (reservas marinhas e parques marinhos).

O cruzamento dos dois tipos de situações foi feito de acordo com o esquema ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Grau de risco dos focos potenciais de poluição accidental e áreas afectadas

Grau de Risco	Focos de potencial poluição accidental	Áreas afectadas
Grau 1	Distância inferior a 1 km	Captações de abastecimento humano
Grau 2	Distância inferior a 1 km	Áreas sensíveis
Grau 3	Distância inferior a 1 km	Restantes áreas
Grau 4	Distância superior a 1 km	Captações de abastecimento humano
Grau 5	Distância superior a 1 km	Áreas sensíveis e restantes áreas

A cartografia dos graus de risco de poluição accidental foi feita da seguinte forma:

Em torno de cada uma das actividades ou ocupações do solo onde se admite que hipotéticos acidentes poderão causar episódios de poluição foi marcado um círculo com 1 km de raio.

- Os círculos ou as partes desses círculos que ficaram sobrepostos com as áreas de implantação de captações de água para consumo humano foram classificados no Grau 1.
- Os círculos ou as partes desses círculos que ficaram sobrepostos com Áreas Sensíveis foram classificados no Grau 2.
- Os círculos ou as partes desses círculos que não ficaram sobrepostos com nenhum dos locais anteriores foram classificadas no Grau 3.
- As áreas de implantação de captações de água para consumo humano, quando não sobrepostas aos círculos anteriores, foram classificadas no Grau 4.
- Todas as outras áreas não abrangidas, quer pelos círculos desenhados, quer pelas áreas de implantação de captações de água para consumo humano e respectivos perímetros de protecção, foram classificadas no Grau 5.

De referir que o conceito de “áreas de implantação de captações” foi densificado mediante a adopção de um raio de 280 metros centrado no local da captação. Este valor é comparável com o valor máximo previsto para a zona de protecção intermédia prevista legalmente.

### 3.2 Risco de poluição accidental por transporte rodoviário

A acrescentar à análise acima apresentada, onde se estabelece uma metodologia de avaliação do risco de poluição accidental ligado a infra-estruturas fixas, o risco de poluição accidental durante o transporte de substâncias potencialmente perigosas é um outro elemento importante neste tipo de avaliação. Atendendo ao facto de as estradas serem os locais onde existe maior risco de ocorrência de acidentes de poluição durante o transporte, propôs-se uma metodologia para a definição desse risco, com base numa simplificação do trabalho apresentado em Leitão *et al.* (2005).

Os autores apresentam um conceito de zonas hídricas sensíveis aos poluentes rodoviários que define zonas do domínio hídrico interior - subterrâneo e superficial, de transição e costeiro que, pelas suas características físicas e químicas intrínsecas, pelos seus usos e pelos ecossistemas que

suportam constituem, separadamente ou cumulativamente, áreas mais sensíveis à poluição gerada pela circulação rodoviária.

As zonas sensíveis são entendidas como áreas a proteger, para onde não se devem fazer descargas directas de águas de escorrência de estradas (e, portanto, também muito sensíveis a derrames accidentais de quaisquer substâncias estranhas à actividade rodoviária), e onde se devem implementar sistemas de tratamento adequados, promovendo a diminuição da poluição proveniente das estradas para níveis aceitáveis, antes da descarga.

A aplicação simplificada deste conceito, que tem por base a análise de um conjunto de características intrínsecas do meio hídrico receptor, para uma análise expedita de riscos de poluição accidental para os Planos visa definir as estradas onde haverá maior risco de poluição no caso de ocorrer um acidente, que correspondem a áreas intrinsecamente mais sensíveis e/ou com restrições legais de uso relativas a estradas (zonas em risco) e áreas de menor risco (outras zonas).

A aplicação desta metodologia no contexto do Plano diz respeito apenas à componente de águas subterrâneas, e foi efectuada através da aplicação do fluxograma da Figura 2 (adaptado de Leitão *et al.*, 2005).

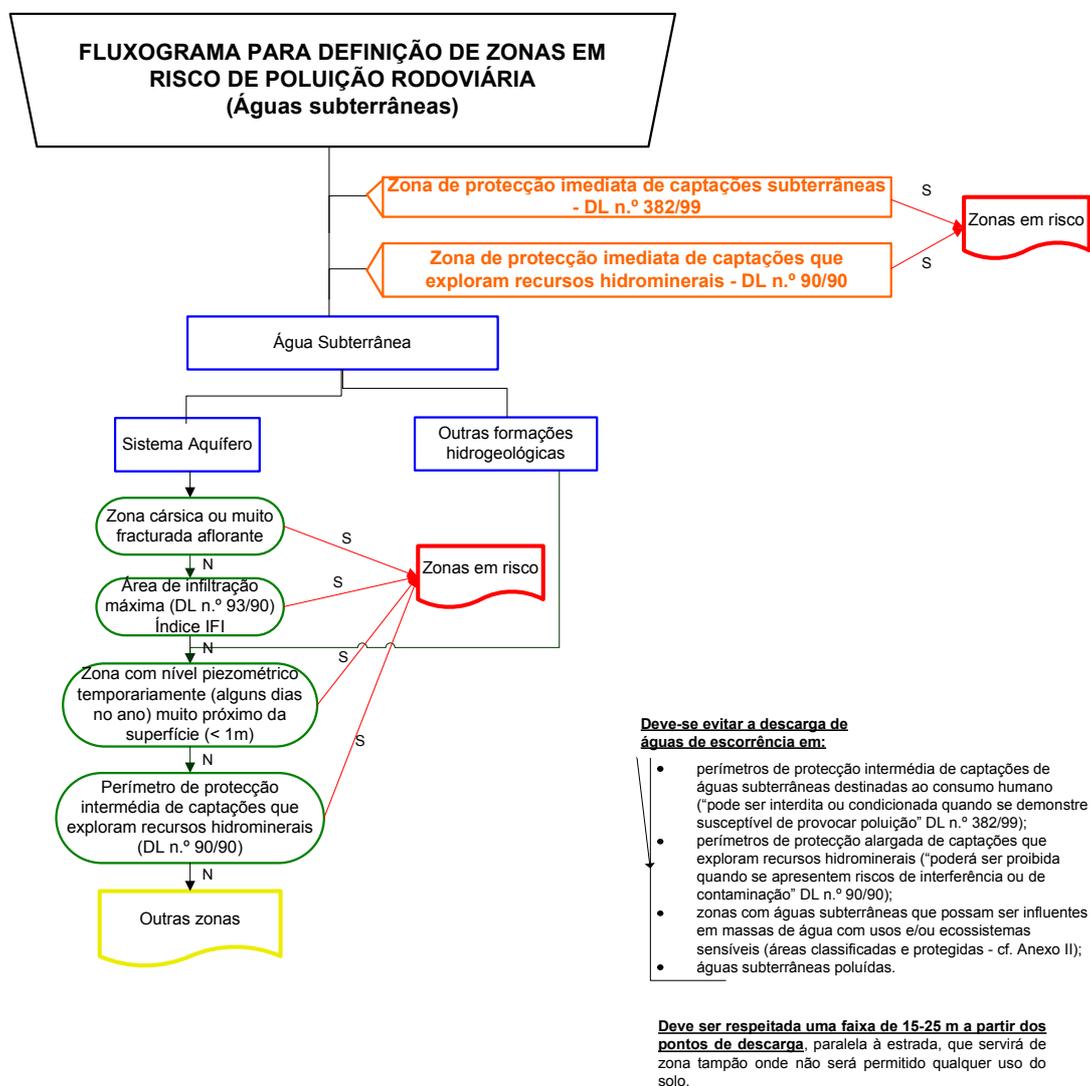


Figura 2 – Fluxograma para a definição de zonas em risco de poluição rodoviária, componente águas subterrâneas (adaptado de Leitão *et al.*, 2005)

As situações contempladas no fluxograma são brevemente explicadas nos parágrafos seguintes.

As duas situações concretas onde passou a ser proibida a construção de estradas, atendendo à necessidade de protecção dos recursos hídricos subterrâneos são: a zona de protecção imediata de captações de águas subterrâneas para consumo humano e de captações que exploram recursos hidrominerais, Decretos-Lei n.º 382/99 e 90/90, respectivamente. As estradas que se encontram nessa situação (construídas antes destes decretos serem publicados) são zonas de risco.

Para a caracterização da sensibilidade do meio hídrico subterrâneo aos poluentes rodoviários devem-se distinguir as áreas hidrogeológicas de importância regional, classificadas em sistemas aquíferos e outras formações hidrogeológicas. São as primeiras que merecem uma atenção especial na medida em que habitualmente constituem fontes de abastecimento privilegiadas.

As principais características do meio hídrico subterrâneo, que condicionam a maior ou menor facilidade de migração dos poluentes, são a capacidade de infiltração e de circulação da água no meio. Consideram-se duas hipóteses: 1) a existência de **meios carsificados ou muito fissurados**, onde as fracturas se encontram interligadas e contínuas em profundidade, aflorando estes meios à superfície ou 2) os restantes meios.

Nos primeiros existem caminhos preferenciais de infiltração profunda, facilitando a chegada de qualquer poluente à zona saturada, desde que haja água de recarga, pelo que são zonas em risco.

Embora os meios carsificados e os muito fissurados constituam meios de evidente sensibilidade à poluição, há outras situações hidrogeológicas onde a elevada facilidade de infiltração pode determinar a classificação de zonas em risco. As **áreas de infiltração máxima** são um dos exemplos e as zonas com o **nível piezométrico temporariamente muito próximo da superfície**, outro.

As áreas de infiltração máxima, tal como vêm definidas no Decreto-Lei n.º 93/90, são todas as "áreas em que, devido a natureza do solo e do substrato geológico e ainda às condições de morfologia do terreno, a infiltração das águas apresenta condições favoráveis, contribuindo assim para a alimentação dos lençóis freáticos". Adoptou-se o índice IFI, de Oliveira e Lobo Ferreira (2002a e b).

As zonas com o nível piezométrico temporariamente muito próximo da superfície são áreas onde a possibilidade da superfície piezométrica aflorar, mesmo que apenas alguns dias no ano, retira o efeito tampão da zona vadosa (não saturada) do solo ao permitir transportar os poluentes acumulados no solo, aumentando assim drasticamente a vulnerabilidade do meio hídrico subjacente. Nesta avaliação esta componente não foi considerada uma vez que a informação temporária de níveis piezométricos é muito incompleta para esta escala de análise.

Finalmente importa ainda considerar para a definição de zonas em risco, os condicionamentos legais relativos à protecção dos usos de águas subterrâneas. Assim, de acordo com o Decreto-Lei n.º 90/90, relativo aos recursos hidrominerais (águas minerais naturais ou águas mineroindustriais), **é proibida a construção de estradas na zona de protecção intermédia, "salvo quando devidamente autorizadas pela entidade competente da Administração, se da sua prática, comprovadamente, não resultar interferência no recurso ou dano para a exploração"** (art.º 43.º). Este perímetro é uma zona sensível, a não ser que o contrário seja provado, com base em estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade à poluição.

Há um conjunto de outras situações onde deve ser evitada a descarga de águas de escorrência, brevemente referidas na Figura 2. Esta e outras análises mais detalhadas são apresentadas no documento original da metodologia (Leitão *et al.*, 2005).

Para o efeito desta análise de risco de poluição acidental, simplificou-se o método apresentado tendo-se dividido a escala do índice IFI (de 3 a 30) em 4 classes de risco, respectivamente:

- 3 a 15 – Baixo
- 16 a 20 – Médio
- 21 a 25 – Alto
- 26 a 30 – Muito Alto

## 4. RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 Risco de poluição accidental

Nas Figura 3 e Figura 4 apresenta-se o resultado da aplicação da metodologia referida em 3.2 para a classificação do território analisado, de acordo com o grau de risco de poluição accidental, para as áreas do PGRH Tejo e PBH Oeste, respectivamente.

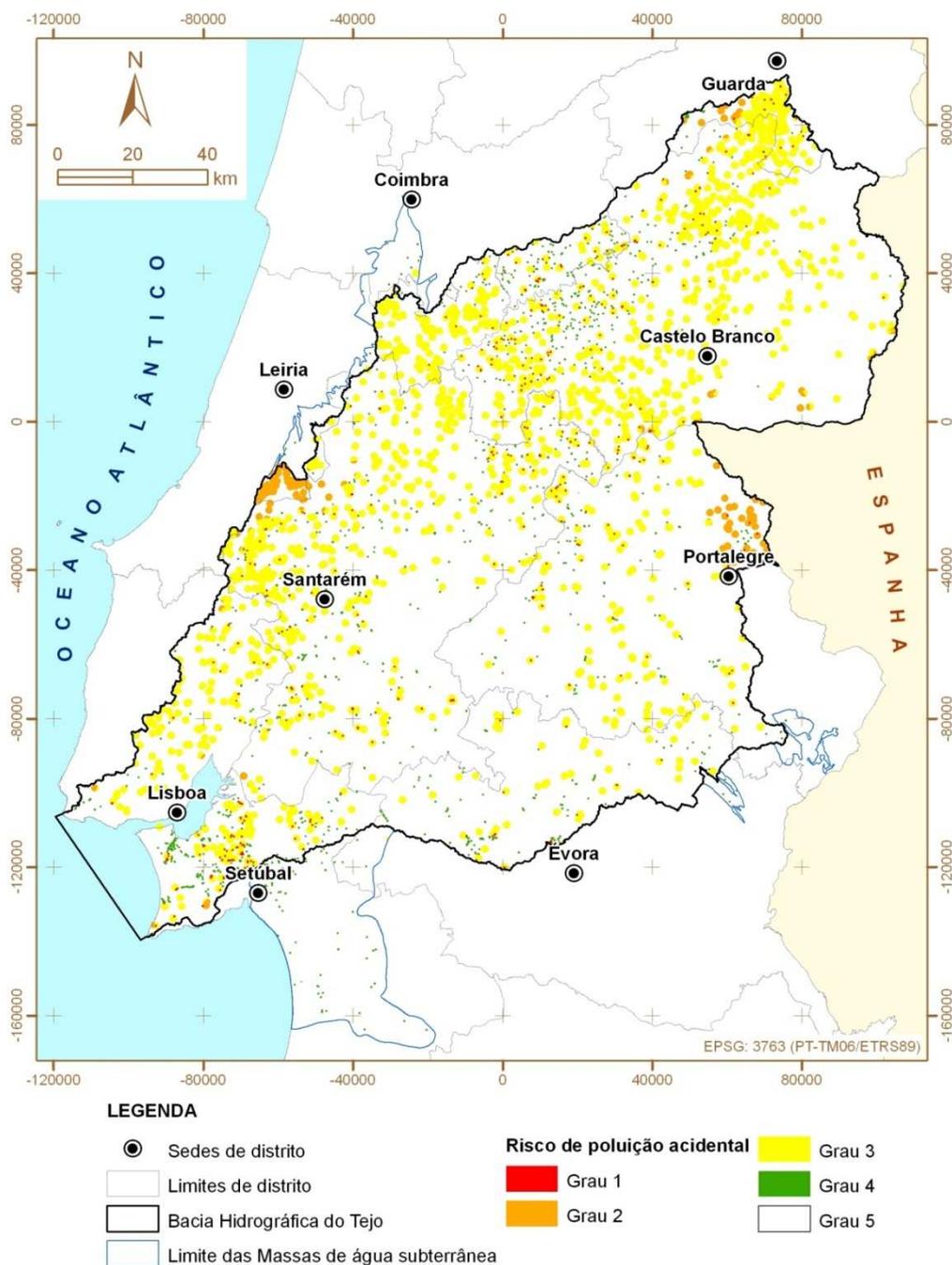
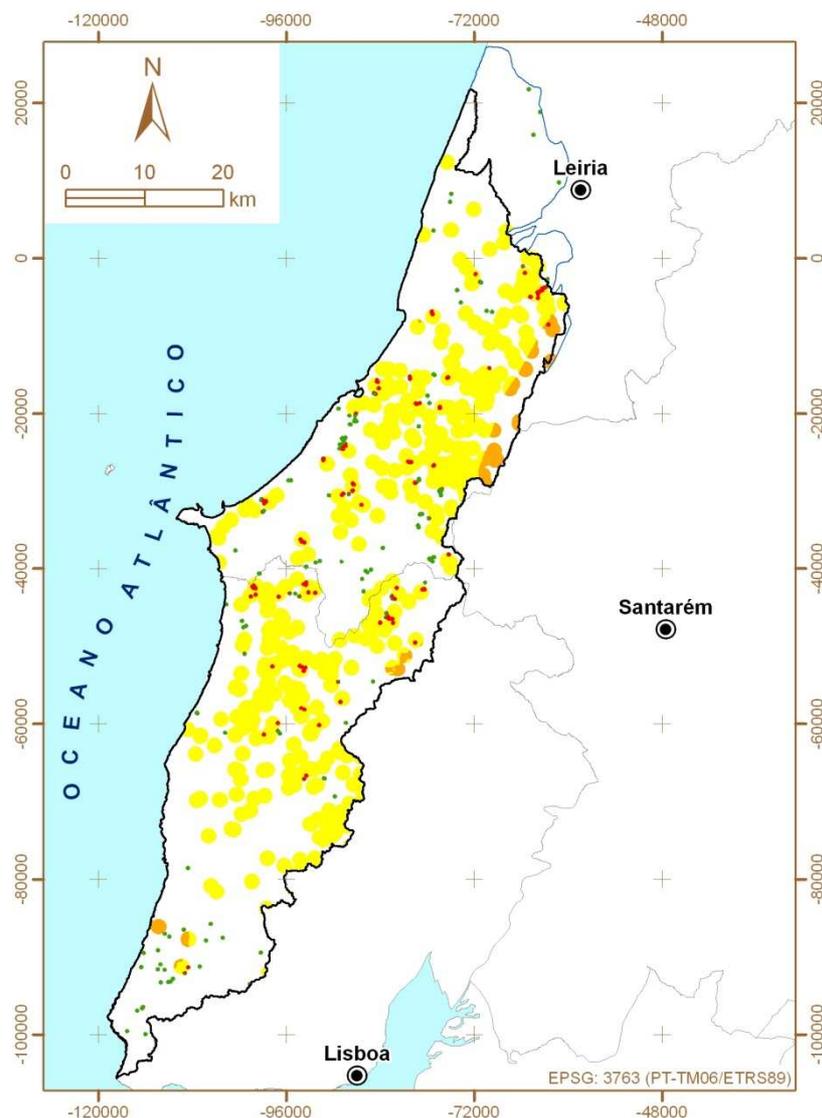


Figura 3 – Mapa da classificação do território do plano, de acordo com o grau de risco de poluição accidental para a área do PGRH Tejo (Lobo-Ferreira *et al.*, 2011a)

**LEGENDA**

- Sedes de distrito
- Limites de distrito
- Bacia hidrográfica das Ribeiras do Oeste
- Limite das Massas de água subterrânea
- Risco de poluição acidental**
- Grau 1
- Grau 2
- Grau 3
- Grau 4
- Grau 5

Figura 4 – Mapa da classificação do território do plano, de acordo com o grau de risco de poluição acidental para a área do PBH Oeste (Lobo-Ferreira *et al.*, 2011b)

## 4.2 Risco de poluição accidental por transporte rodoviário

Nas Figura 5 e Figura 6 apresenta-se a análise efectuada sobrepondo ao mapeamento IFI a rede de estradas, zonas de protecção de captações e nascentes hidrominerais, para as áreas do PGRH Tejo e PBH Oeste, respectivamente.

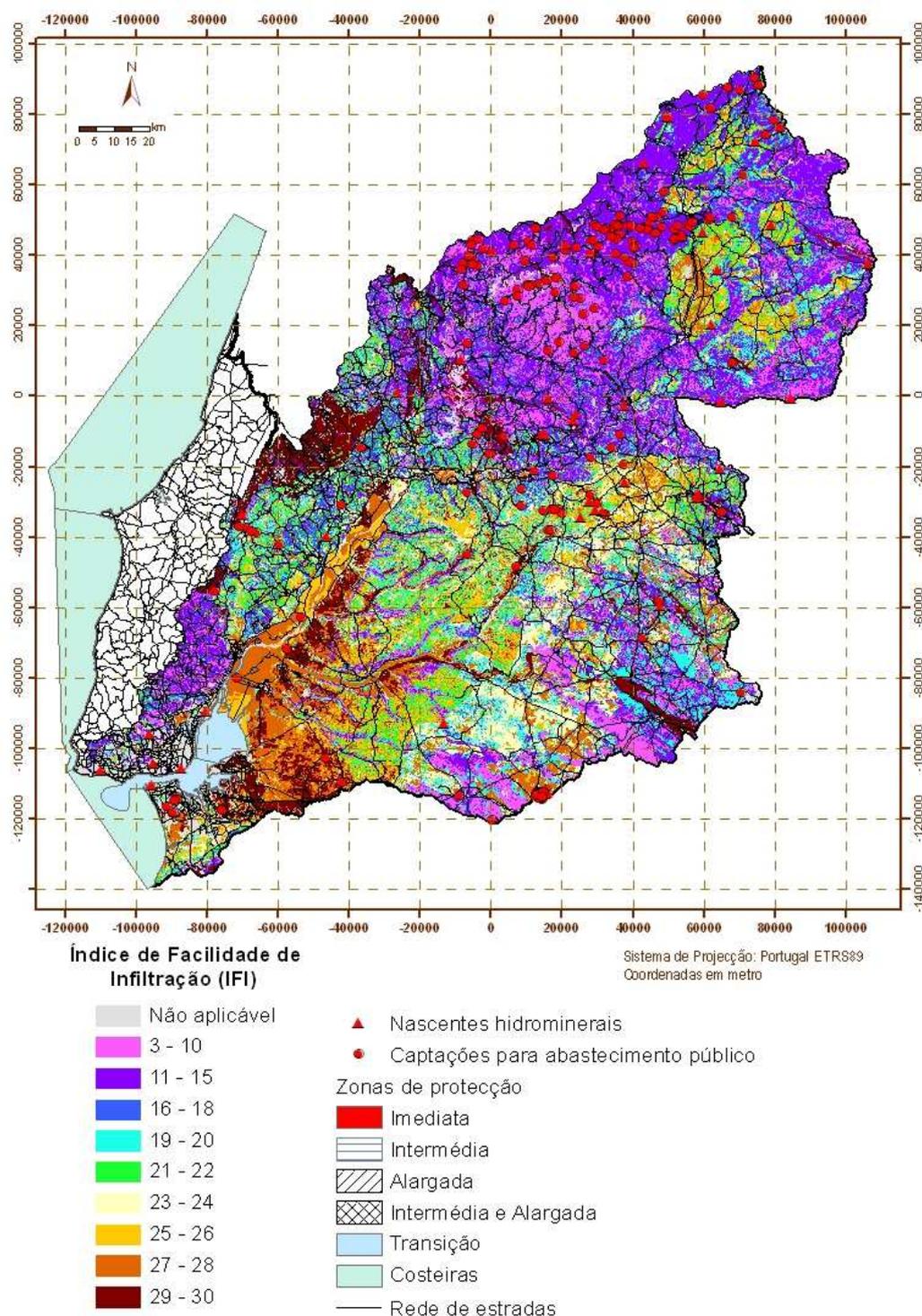


Figura 5 – Mapa IFI do risco de poluição accidental associado a estradas para a área do PGRH Tejo (Lobo-Ferreira *et al.*, 2011a)

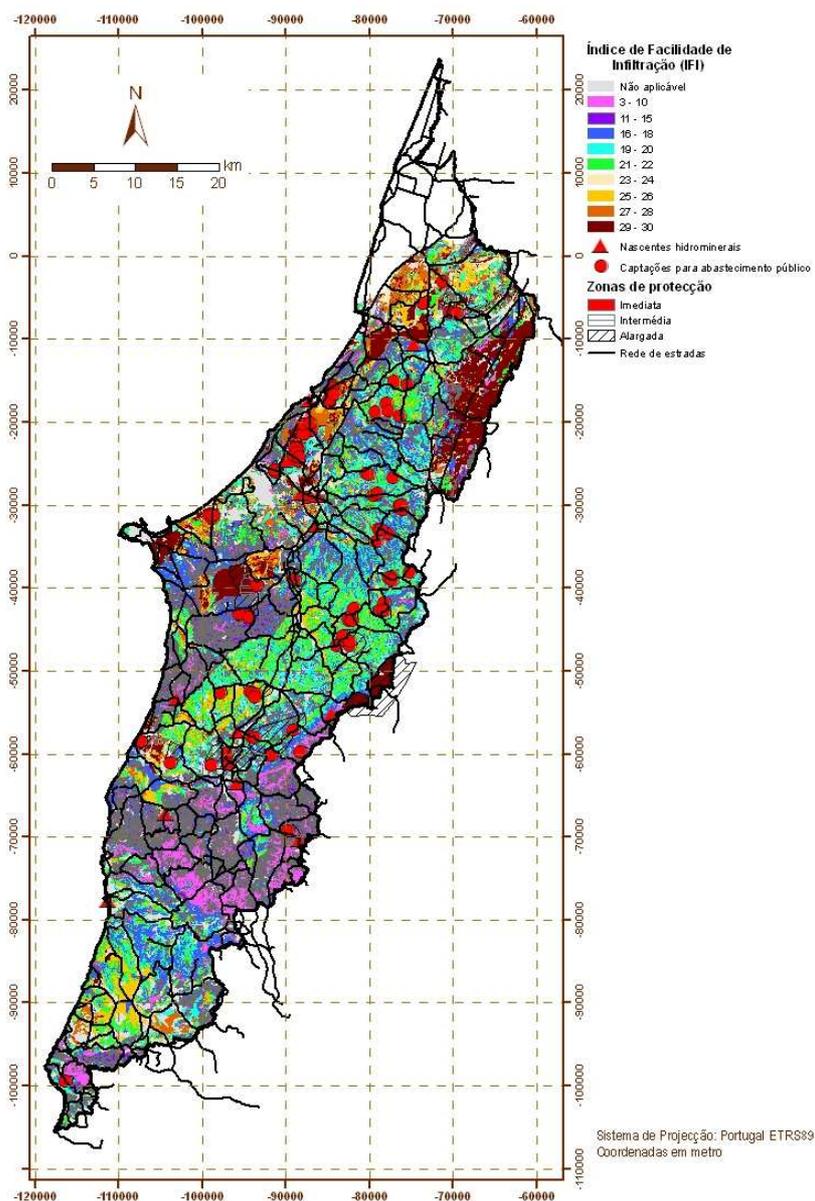


Figura 6 – Mapa IFI do risco de poluição acidental associado a estradas para a área do PBH Oeste (Lobo-Ferreira *et al.*, 2011b)

As Figura 7 e Figura 8, que apresentam o eixo das estradas e uma zona adjacente de 1 km, permitem classificar, de acordo com o esquema apresentado na Figura 2, o risco de poluição acidental proveniente de estradas, para as águas subterrâneas, nas quatro classes acima referidas, para as áreas do PGRH Tejo e PBH Oeste, respectivamente. Podem ser classificadas como “zonas em risco” as correspondentes às classes Alto e Muito Alto.

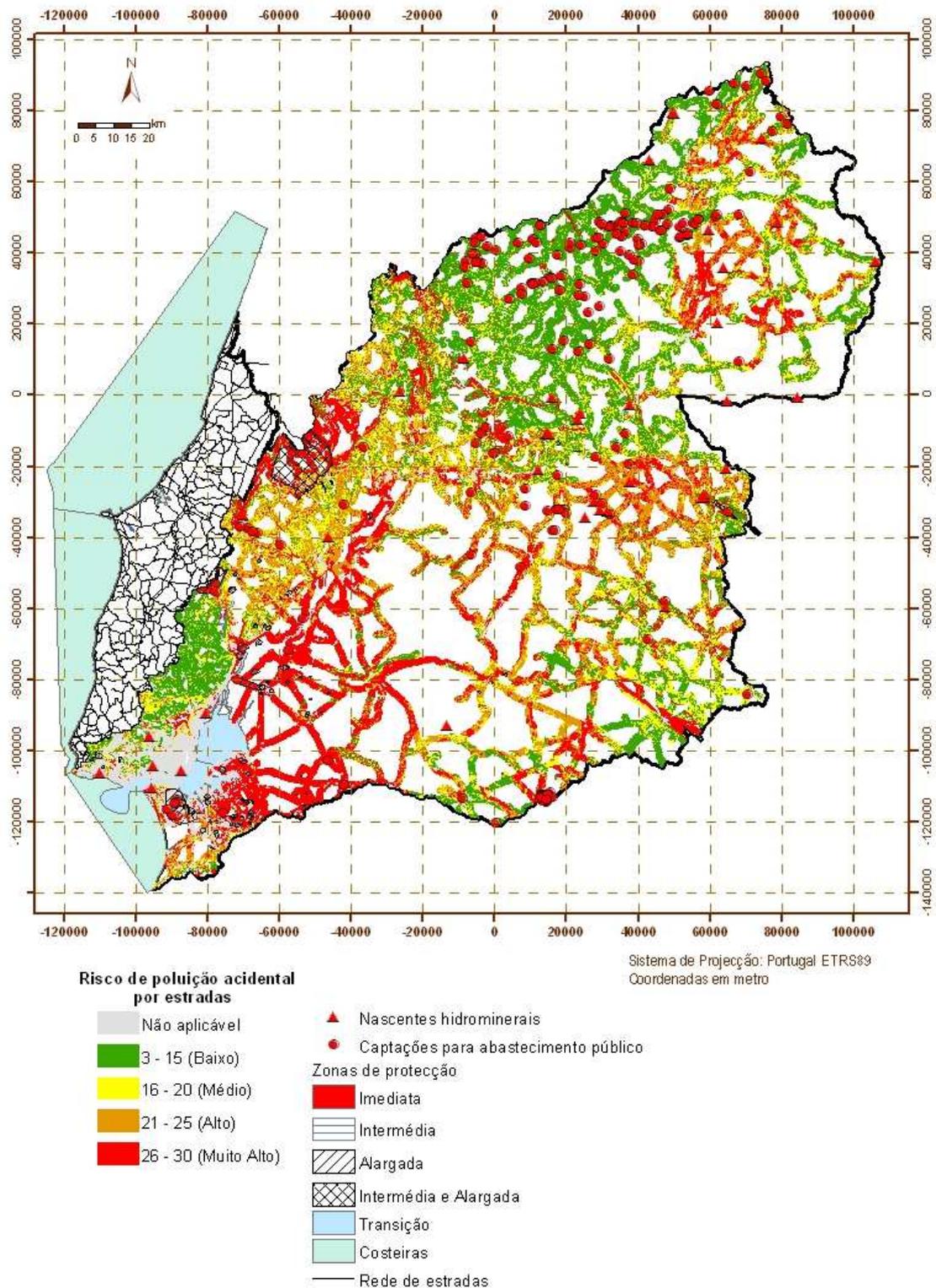


Figura 7 – Mapa da classificação do risco de poluição accidental associado a estradas para a área do PGRH Tejo (Lobo-Ferreira *et al.*, 2011a)

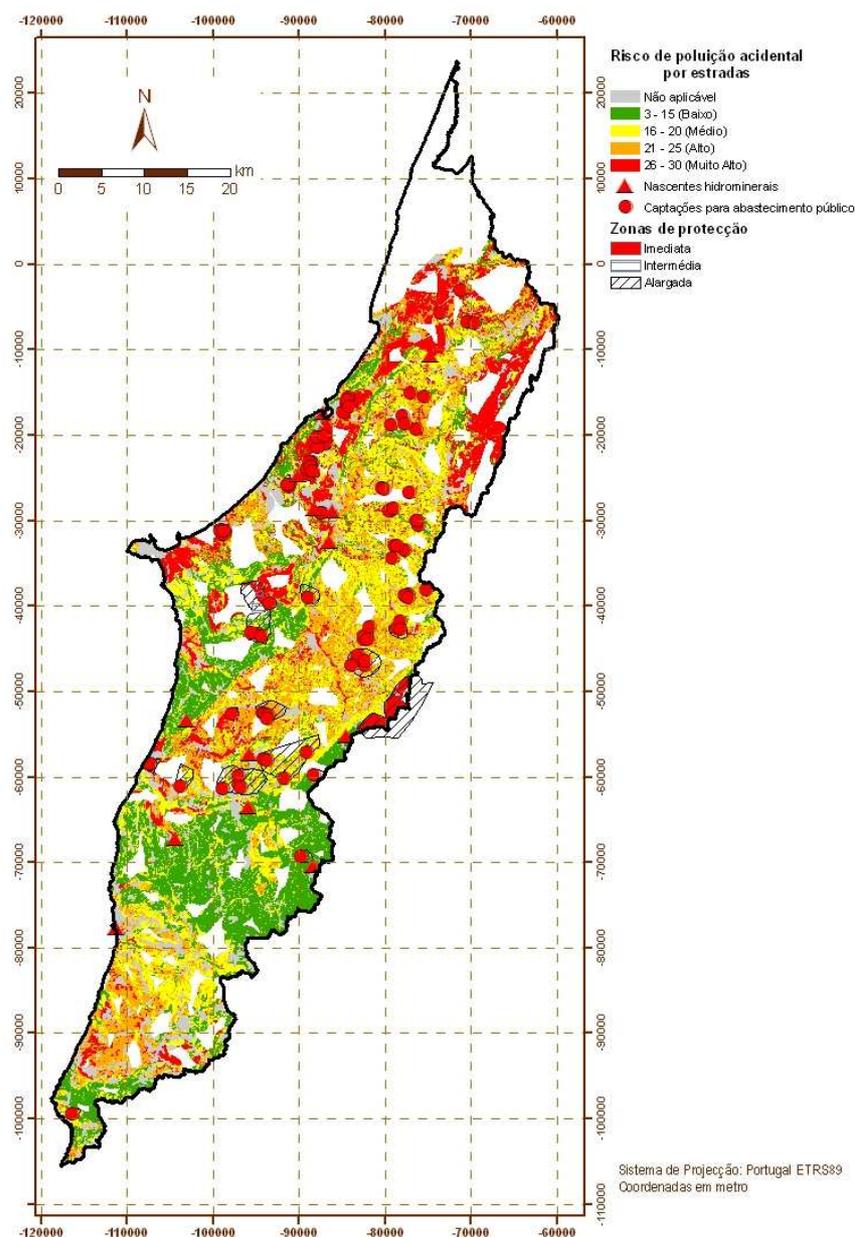


Figura 8 – Mapa da classificação do risco de poluição accidental associado a estradas para a área do PBH Oeste (Lobo-Ferreira *et al.*, 2011b)

## 5. CONCLUSÕES

Neste artigo apresentam-se as metodologias e os resultados obtidos na caracterização dos riscos de poluição accidental da área dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo e das Ribeiras do Oeste, cuja componente de águas subterrâneas foi elaborada pelo consórcio Hidroprojecto/LNEC/ICCE (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a e b), para a Administração de Região Hidrográfica do Tejo.

Esta análise tem como objecto principal delimitar as áreas sujeitas a maior risco de poluição accidental, dando a conhecer às autoridades, nomeadamente de protecção civil, alguns dos aspectos para que devem estar sensibilizadas. Visa, portanto, ajudar a planear e a preparar acções de

prevenção e de minimização a implementar, independentemente do tipo e do método de minimização a adoptar em cada situação.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Plano de Gestão da Região Hidrográfica do rio Tejo e do Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste – Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Proc. LNEC 0607/11/17628) e dos estudos “Protecção e Gestão Sustentável Qualitativa dos Recursos Hídricos Subterrâneos” (Proc. LNEC 0607/11/17761) do Plano de Investigação Programada do LNEC para o quadriénio 2009-2012.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brenčič, M., Baeken, T., Dawson, A., Francois, D., Folkesson, L., Leitão, T. (2008). "Pollution Mitigation", in "Water Movement in Road Pavements and Embankments". Capítulo 12. Ed. Dawson, 2007, Springer Verlag, pp. 283-298.

Leitão, T.E., Barbosa, A. E., Telhado, A. (2005). "Proposta de uma Metodologia para a Identificação de Zonas Hídricas Sensíveis aos Poluentes Rodoviários". In 7.º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Évora, 30 Maio a 2 de Junho 2005.

Leitão, T.E. (2010). "Gestão Integrada e Sustentável da Qualidade das Águas Subterrâneas em Portugal. Contributos para um Bom estado em 2015". LNEC, Trabalho apresentado para obtenção do Título de Habilitado para o exercício de funções de coordenação de investigação científica, Teses e Programas de Investigação do LNEC, TPI 63, ISBN 978-972-49-2191-4, 346 pp.

Lobo Ferreira, J.P.C., Oliveira, M.M., Diamantino, C., Novo, M.E., Moinante, M.J., Yuanyuan, M. (2006). "Organigramas para Selecção de Métodos para Zonamento e Protecção de Recursos Hídricos Subterrâneos e de Superfície". 8.º Congresso da Água: "Água, Sede de Sustentabilidade!", APRH, Publicação em CD-ROM, Figueira da Foz, 13 a 17 de Março de 2006.

Lobo Ferreira, J.P., Vaz Pinto, I., Monteiro, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T.E., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Nunes, J.F., Leal, G., Pombo, S., Silva, M.F., Igreja, A., Henriques, M.J., Silva, D., Oliveira, L., Martins, T., Martins, J., Braceiro, A., Henriques, R.S., Martins, R. (2011a). "Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Versão de Agosto de 2011)". Consórcio Hidroprojecto/LNEC/ICCE. Rel. LNEC 289/2011 – NAS, 1056 pp.

Lobo Ferreira, J.P., Vaz Pinto, I., Monteiro, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T.E., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Pombo, S., Silva, M.F., Igreja, A., Nunes, J.F., Leal, G., Henriques, M.J., Silva, D., Oliveira, L., Martins, T., Martins, R., Monte, M., Martins, J., Braceiro, A., Henriques, R.S., Quaresma, M. (2011b). "Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Versão de Agosto de 2011)". Consórcio Hidroprojecto/LNEC/ICCE. Rel. LNEC 290/2011 – NAS, 597pp.

Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P.C. (2002a). "Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima". Comunicação apresentada no 6.º Congresso da Água: A Água é d'Ouro, organizado pela Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), Centro de Congressos da Alfândega, Porto, 18 a 22 de Março de 2002, 16 pp.

Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P.C. (2002b). "Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima". Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Revista Recursos Hídricos, Vol. 23 n.º 1, Maio 2002 pp. 63-74.