

## ÍNDICE

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO                                        | 2  |
| 2. PRINCÍPIOS BÁSICOS                                | 2  |
| 3. METODOLOGIA APLICADA                              | 3  |
| 4. APLICAÇÕES AO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO       | 5  |
| 5. APLICAÇÕES AO CONCELHO DA PRAIA DA VITÓRIA        | 8  |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS                              | 8  |
| 7. BIBLIOGRAFIA                                      | 10 |
| <br>                                                 |    |
| ANEXO I (Zonas de protecção imediata e intermédia)   | 11 |
| ANEXO II (Zona de protecção alargada)                | 26 |
| ANEXO III (Zonas de protecção imediata e intermédia) | 34 |
| ANEXO IV (Zona de protecção alargada)                | 52 |

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta as áreas de protecção relativas às captações de água subterrânea dos concelhos de Angra do Heroísmo e da Praia da Vitória, desenvolvidas no âmbito do projecto de definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de Terceira. O referido trabalho foi solicitado pela Direcção Regional de Ordenamento de Território e Recursos Hídricos da Secretaria Regional do Ambiente do Governo Regional dos Açores (DROTRH/SRA) ao Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos da Universidade dos Açores.

Neste contexto, são definidos os referidos perímetros de protecção relativos às captações de água subterrânea dos dois concelhos da ilha, para o que se contou com o apoio das respectivas autarquias aquando da execução dos trabalhos.

A definição de perímetros de protecção das captações de água subterrânea, cuja obrigatoriedade legal foi estabelecida pelo decreto-lei nº 382/99, de 22 de Setembro, constitui um dos pilares essenciais à preservação da qualidade da água subterrânea, na medida em que este recurso é imprescindível ao desenvolvimento regional.

## 2. PRINCÍPIOS BÁSICOS

O presente relatório foi precedido de um relatório preliminar (DTC78/CVARG/06, elaborado por Coutinho *et al.*, 2006), onde foram estabelecidos os princípios básicos da metodologia a seguir devidamente sustentados nas devidas considerações técnicas. Desta forma, todas as considerações de base, relativas à explanação da metodologia podem ser consultadas no documento acima referido

No decreto-lei nº 382/99 são definidas três zonas contíguas de protecção, a saber:

- Zona de Protecção Imediata - imediatamente junto da captação de água subterrânea, deve promover a protecção directa das próprias instalações da captação.
- Zona de Protecção Intermédia - área exterior contígua à zona de protecção imediata, de forma a promover a eliminação ou redução da poluição da água subterrânea, mediante a limitação, ou mesmo proibição, de actividades e/ou instalações susceptíveis de ter um impacto negativo sobre a qualidade da água subterrânea. Estas actividades correspondem a acções directas, relacionadas com a percolação de poluentes, ou indirectas, por modificação do fluxo natural para a captação ou das condições de infiltração junto do ponto de água.

- Zona de Protecção Alargada - área exterior contígua à zona de protecção intermédia, definida de forma a promover a protecção da água subterrânea face a poluentes persistentes, de difícil atenuação natural (compostos orgânicos, substâncias radioactivas, metais pesados, hidrocarbonetos e nitratos). Tal como na área de protecção anterior, as actividades humanas podem ser condicionadas e/ou interditas, atendendo às características do foco de poluição (modo de descarga e volume de poluentes rejeitados) e dos poluentes (natureza) e às condicionantes geológicas e hidrogeológicas.

### 3. METODOLOGIA APLICADA

Sinteticamente, a metodologia considerada adapta o disposto no estudo piloto do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, 1990), de forma a reflectir, tanto quanto possível, as características geológicas das formações aquíferas drenadas pelas nascentes.

Deste modo, o primeiro passo da abordagem metodológica delineada consistiu em realizar um levantamento exaustivo das captações de água subterrânea, com o apoio dos serviços técnicos dos municípios, e respectiva cartografia à escala de trabalho acordada com a DROTRH.

Com base nos sistemas tipo considerados, estabelecidos em função dos critérios discutidos em Coutinho *et al.* (2006), considera-se que a zona de protecção imediata é consubstanciada por um círculo cujo raio é indicado no decreto-lei nº 382/99: raio igual a 30 m para as nascentes que drenam aquíferos porosos, constituídos por materiais piroclásticos não consolidados, e raio igual a 60 m para as emergências que drenam aquíferos fissurados, formados por escoadas lávicas.

Para a definição da zona de protecção intermédia optou-se por determinar a velocidade linear do escoamento subterrâneo, de forma a adaptar a abordagem proposta no estudo piloto às condições hidrogeológicas. A velocidade linear da água subterrânea ( $v$ ), que corresponde à razão entre o caudal que atravessa uma secção perpendicular à direcção de fluxo e a área unitária relativa aos poros conectados, é dada por (Domenico e Schwartz, 1998):

$$v = \frac{Ki}{n_e}$$

Em que:

K, condutividade hidráulica

i, gradiente hidráulico

$n_e$ , porosidade eficaz

Conhecendo o valor das variáveis indicadas, podemos então estimar a velocidade linear de fluxo e, a partir deste resultado, estimar a distância longitudinal máxima ao longo das linhas de fluxo para a zona de protecção intermédia (ZPI), projectada para um tempo de depuração de 50 dias.

Assim, para as nascentes em escoadas lávicas:

- $K = 100$  m/d
- $i = 0.02$  (LNEC, 1990)
- $n_e = 0.1$  (valor máximo em basaltos vacuolares; decreto-lei nº 382/99, segundo Custódio e Llamas, 1983)

Como a velocidade linear obtida é igual a 20 m/d, para um intervalo de tempo igual a 50 dias estima-se uma distância máxima de 1000 metros.

Para as emergências em piroclastos podem tomar-se os seguintes valores:

- $K = 100$  m/d
- $i = 0.02$  (LNEC, 1990)
- $n_e = 0.2$  (valor máximo em piroclastos; decreto-lei nº 382/99, segundo Custódio e Llamas, 1983)

Com os valores atrás indicados estima-se uma velocidade linear igual a 10 m/d, que para 50 dias de tempo de percolação conduz a uma distância de protecção de 500 metros.

O valor de K utilizado nos cálculos foi estabelecido com base nos elementos compilados em Coutinho *et al.* (2006). Neste trabalho, para a ilha de São Miguel, são calculados alguns valores estatísticos da condutividade hidráulica, que apontavam para uma média igual a 250 m/d e uma mediana igual a 5.84 m/d. Atendendo ao facto dos valores deste parâmetro hidráulico sugerirem uma distribuição log-normal, optou-se por considerar um valor de K mais baixo que a média.

Em resumo, a zona de protecção intermédia poderá ser materializada de acordo com o seguinte esquema:

- Eixo maior medido a partir da emergência, para montante e segundo a direcção mais provável das linhas de fluxo subterrâneo, com uma magnitude de 500 m ou 1000 m consoante a emergência seja em depósitos piroclásticos ou escoadas lávicas, respectivamente.
- 50 m para jusante, medida a partir do local da emergência.
- 100 m na direcção perpendicular às linhas de fluxo, ou seja ao eixo maior, e medidos para ambos os lados do ponto de água a proteger.

Note-se que a interpretação da direcção mais provável das linhas de fluxo subterrâneo só é possível a partir da análise cartográfica e *in situ* do declive do terreno circundante à nascente a proteger.

Para a definição da zona de protecção alargada (ZPA) o estudo piloto (LNEC) propõe aproximar as bacias de escoamento subterrâneo mediante a análise das bacias de escoamento superficial, não obstante o erro que se comete ao assumir uma identidade entre ambas (LNEC, 1990; Cruz et al., 2001; Coutinho, e *tal.*, 2006).

Contudo, na ausência de uma metodologia mais eficaz e considerando que não existe um registo robusto do volume drenado em média por cada nascente, optou-se por manter aquela abordagem, admitindo-se rever a dimensão desta zona quando outros estudos permitirem obter dados mais concretos, de forma a sustentar tecnicamente a reformulação da cartografia realizada.

A cartografia das zonas de protecção imediata e intermédia foi realizada numa escala variável de modo a permitir visualizar o perímetro de protecção alargada de cada captação, implantados em ortofotomapas ou na base da Carta Militar de Portugal, dos SCE.

#### **4. APLICAÇÕES AO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO**

Com o apoio dos Serviços Municipalizados da Câmara Municipal de Agra do Heroísmo realizou-se um inventário dos pontos de água subterrânea captados para abastecimento público. Cartografaram-se 37 nascentes e 6 furos, correspondendo a emergências localizadas nos sistemas aquíferos de Santa Barbara inferior e superior, de Biscoitos –

Terra-Chã, Central e da Caldeira de Guilherme Moniz (DROTRH-INAG, 2001; Coutinho, *et al.* 2006).

Da aplicação da metodologia proposta, efectuou-se as zonas de protecção imediata e intermédia (Anexo I). Sobre a base topográfica de escala variável foram implantados os limites da zona de protecção alargada (Anexo II).

Em qualquer dos casos, dada a proximidade de muitos dos pontos de água houve necessidade de agrupar as nascentes, de modo a compatibilizar a eficácia das zonas de protecção, o seu enquadramento legal e os sistemas de abastecimento considerados pela Câmara Municipal de Angra do Heroísmo.

Relativamente às zonas de protecção estabelecidas para os furos, foi considerado o modelo analítico disponibilizado pela “*Environmental Protection Agency*” (EPA), que correspondem a um dos métodos de uso mais recorrente e pressupõe o conhecimento dos parâmetros hidrogeológicos. Este programa informático (WHPA 2.0) permite simular o escoamento da água subterrânea e consequente área de protecção e é disponibilizado por aquela instituição de referência como software de domínio público (EPA, 1993).

Para a definição da zona de protecção intermédia e alargada optou-se por realizar uma série de simulações, utilizando diferentes valores de caudal ( $m^3/d$ ), de transmissividade ( $m^2/d$ ) e da espessura saturada, retirados de Rodrigues (2002) e de diferentes valores de porosidade e de gradiente hidráulico indicados na legislação referente à delimitação dos perímetros de protecção (Decreto-Lei n.º 382/99). Assim, se atinge um compromisso em relação aos seguintes valores:

- Caudal ( $Q$ ) =  $440 m^3/d$
- Transmissividade ( $T$ ) =  $316.22 m^2/d$
- Espessura captada ( $H$ ) = 34 m
- Porosidade ( $n_e$ ) = 5%
- Gradiente Hidráulico ( $i$ ) = 0,1%

Com base nestes dados determina-se que, para tempos de depuração de 50 dias (Fig. 1) e 3500 dias (Fig.2), os eixos maiores das zonas de protecção intermédia e alargada serão respectivamente iguais a 129.84 m e 1599.33 m. No programa WHPA 2.0 é preciso definir previamente a direcção de fluxo, pelo que se assume neste trabalho que o desenvolvimento espacial destas áreas de protecção depende da análise cartográfica prévia, no intuito de extrapolar a direcção mais provável do escoamento subterrâneo a partir do declive regional.

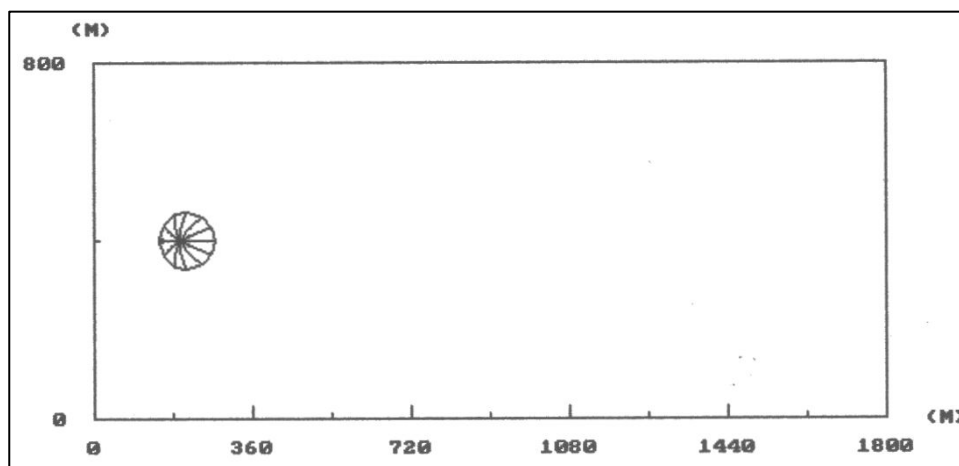


Fig. 1 – Resultado do perímetro de protecção intermédio, calculado a partir do modelo analítico, para um tempo de depuração de 50 dias.

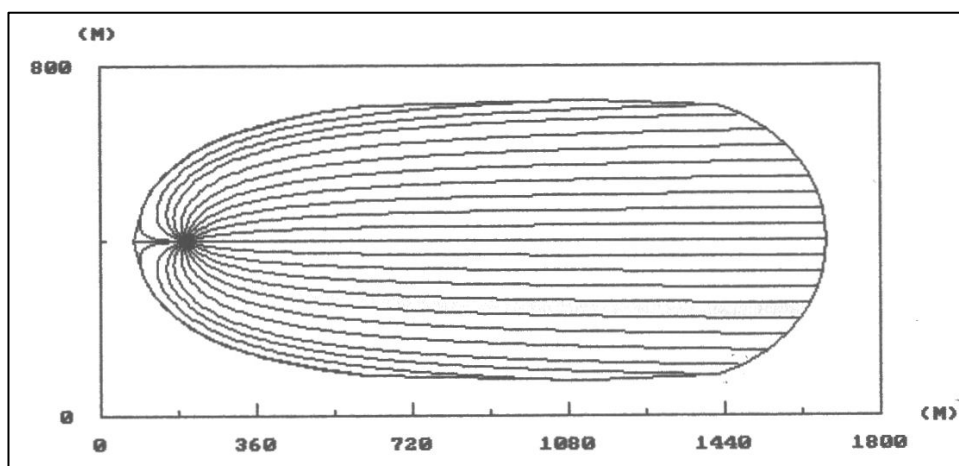


Fig. 1 – Resultado do perímetro de protecção alargado, calculado a partir do modelo analítico, para um tempo de depuração de 3500 dias.

Nos casos particulares dos furos da Canada de Santana e da Canada do Mato optou-se pela utilização do raio fixo, cujos valores se encontram estabelecidos no Decreto –Lei n.º 382/99, devido aos dois furos se localizarem em zonas relativamente planas, o que permite estabelecer uma protecção mais eficaz atendendo à área de recarga do aquífero.

Da aplicação da área de protecção alargada, obtida a partir do modelo analítico para os furos, no caso particular dos furos do Farroco (F1) e da Vinha Brava (F2), verifica-se que esta ultrapassa os limites das bacias hidrográficas, onde se localizam os mesmos. Nestes casos, estabelece-se que a área a proteger coincide com os limites da bacia, metodologia coerente com a protecção alargada aplicada nas nascentes captadas para abastecimento público.

## 5. APLICAÇÕES AO CONCELHO DA PRAIA DA VITÓRIA

No levantamento do inventário dos pontos de água subterrânea captados para abastecimento público no concelho da Praia da Vitória, também se contou com o apoio dos Serviços Municipalizados da Câmara Municipal da Praia da Vitória. Cartografaram-se 20 nascentes e 10 furos, correspondendo a emergências localizadas no Complexo Vulcânico dos Cinco Picos.

A metodologia aplicada no concelho da Praia da Vitória é a mesma utilizada no Concelho anterior, pelo que as áreas de protecção imediata e intermédia se encontram no anexo III e a protecção alargada no anexo IV. A protecção imediata e intermédia das nascentes das Gatas 1 e 2 encontram-se neste último anexo (IV).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sugerem-se em seguida uma série de acções a desenvolver a curto e médio prazo, no intuito de sustentar a adopção das áreas de protecção agora projectadas:

- Adaptação regional do decreto-lei nº 382/99, de forma a servir de base legal à selecção das captações a proteger efectivamente.
- Arranque célere de medidas tendentes à medição do caudal drenado nas emergências, de forma a servir de instrumento de apoio na selecção de captações a proteger, nomeadamente aquelas que numa primeira fase não sejam contempladas.
- Fiscalização efectiva das restrições ao uso do solo, designadamente nas zonas de protecção imediata e intermédia, que se consideram estratégicas para a defesa da qualidade da água subterrânea.
- Controle sazonal da qualidade da água, em pontos de água seleccionados, de forma a aquilatar a fiabilidade das áreas de protecção consideradas.
- Melhoria das condições de acessibilidade às nascentes, imprescindível às tarefas atrás mencionadas.
- Melhoria das condições sanitárias das captações, promovendo a edificação de estruturas em alvenaria, convenientemente fechadas, arejadas e limpas, e recuperação das existentes.



- Realização de acções de divulgação, devotadas ao público em geral e, em particular, às classes profissionais mais afectadas pelas restrições ao uso do solo decorrentes da delimitação das áreas de protecção.

## 7. BIBLIOGRAFIA

EPA (1993) – Addendum to the WHPA code version 2.0 user's guide: implementation of hydraulic head computation and display into the WHPA code. U.S. Env. Prot. Agency, Washington, 268 p.

**<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/wapa/whpa.html>**.

Coutinho, R., Antunes, P., Freire, P. (2006) - Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha Terceira (Açores). Relatório Técnico-Científico 78/CVARG/06, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 61p.

Cruz, J.V., França, Z. e Goulart, C. (2001) – Definição de perímetros de protecção às captações de água subterrânea da ilha de São Miguel (Açores). Relatório preliminar. Relatório Técnico-Científico 08/DGUA/01, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 74 p.

Custodio, E. e Llamas, M.R. (1983) - Hidrologia subterranea. Ed. Omega S.A., 2º Ed., 2 Vol., Barcelona, 2350 p.

Domenico, P.A. e Schwartz, F.W. (1998) - Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, 2<sup>nd</sup> ed., New York, 506 p.

DROTRH-INAG (2001) - Plano Regional da Água – Relatório Técnico, Versão para consulta Pública, Ponta Delgada. 414p.

LNEC (1990) – Protecção das nascentes e captações da ilha de São Miguel – Açores. Relatório 83/90–NP, LNEC, Lisboa, 64 p.

## **ANEXO I**

### **(Zonas de protecção imediata e intermédia)**

## **ANEXO II**

### **(Zonas de protecção alargada)**

## **ANEXO III**

### **(Zonas de protecção imediata e intermédia)**

## **ANEXO IV**

### **(Zonas de protecção alarga)**