

CARTOGRAFIA APLICADA NA ÁREA DO SISTEMA HIDROMINERAL DAS CALDAS DA CAVACA: IMPLICAÇÕES HIDROGEOLÓGICAS

APPLIED MAPPING OF THE CALDAS DA CAVACA HYDROMINERAL SYSTEM: HYDROGEOLOGICAL IMPLICATIONS

Cerqueira, Anabela, *Dep. de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal; estudante de mestrado no Centro de Minerais Industriais e Argilas (MIA)/Dep. de Geociências, Universidade de Aveiro, anabela_cerqueira@hotmail.com*

Teixeira, José, *Centro de Minerais Industriais e Argilas (MIA)/Dep. de Geociências, Universidade de Aveiro, Portugal*

Carvalho, José Martins, *Dep. de Engenharia Geotécnica, ISEP, Porto, Portugal*

Afonso, Maria José, *Dep. de Engenharia Geotécnica, ISEP, Porto, Portugal*

Chaminé, Helder I., *Dep. de Engenharia Geotécnica, ISEP, Porto, Portugal; e Centro de Minerais Industriais e Argilas (MIA), Universidade de Aveiro, Portugal, hic@isep.ipp.pt*

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma síntese cartográfica da susceptibilidade aos riscos naturais e geológicos na área envolvente ao sistema hidromineral das Caldas da Cavaca (Aguiar da Beira). Integrado numa campanha de prospecção hidrogeológica, realizada com o objectivo de melhorar as condições de captação de água mineral e de água potável para abastecer o complexo termal, foi realizada, uma exaustiva prospecção geológica de campo. Os trabalhos desenvolvidos assentaram numa perspectiva integradora dos constrangimentos geotectónicos e hidrogeológicos, visando uma cartografia aplicada ambiental. Apresenta-se ainda um ensaio de caracterização da cartografia de susceptibilidade hidrogeológica da área. A utilização destas técnicas, em especial aquelas que são baseadas na hidrogeologia e na geotecnia ambiental para avaliação da susceptibilidade geológica, contribui para a gestão sustentável do georrecurso hidromineral das Caldas da Cavaca.

ABSTRACT

This work presents a susceptibility mapping synthesis to the natural and geological hazards in the surrounding area of the Caldas da Cavaca hydromineral system (Aguiar da Beira, Central Portugal). A geological exploration was carried out, integrated on a hydrogeological campaign, with the aim of increasing the mineral water quality and yield and to obtain drinkable water to supply the spa complex. A multidisciplinary perspective of the geotectonic and hydrogeological constraints was followed, aiming an environmental applied mapping. In addition, an attempt of the hydrogeological susceptibility mapping of the area is also presented. The use of these techniques, particularly of those based on applied hydrogeological and environmental geotechnics to assess geological hazards, contributes to improve the sustainable management of the geo-resource from the Caldas da Cavaca hydromineral system.

1. INTRODUÇÃO

A susceptibilidade pode ser definida como a possibilidade de uma zona ser afectada por determinados processos, expressa em diversos graus qualitativos e relativos (e.g., Varnes [1], Bell [2], Smith [3]). Depende essencialmente dos factores que controlam a ocorrência dos processos que podem ser intrínsecos aos próprios materiais geológicos externos. Os mapas de susceptibilidade são baseados em (e.g., Bell [2], Smith [3], Rebelo [4], Bateira e Abreu [5], Garcia e Zêzere [6]): i) mapas de inventário (zonas que sofreram ou podem vir a sofrer a ocorrência de processos geodinâmicos); ii) mapas de factores (áreas em que convergem determinados factores que condicionam a ocorrência dos processos numa determinada zona, mesmo que ainda não tenha ocorrido poderão vir a manifestar-se no futuro). Neste último caso, a metodologia a seguir consiste, basicamente, na preparação de mapas temáticos dos factores condicionantes e na sobreposição dos mesmos, de modo a estabelecer graus de susceptibilidade em função do peso relativo atribuído a cada factor. Estes mapas são elaborados com base em técnicas SIG (Sistemas de Informação Geográfica) que permitem uma análise automática dos dados (Bell [2], Smith [3], González de Vallejo *et al.* [7]).

Os termos *perigosidade* (“hazard”) e *risco* (“risk”) são por vezes confundidos, uma vez que os termos “hazard” e “risk” se podem traduzir ambos para português por *risco*. dependendo do modo como o risco é definido, este pode ser expresso, por exemplo, em termos de perdas económicas, de número de vidas ou de danos no edificado (Garcia e Zêzere [6]).

2. O CASO DE ESTUDO: O SISTEMA HIDROMINERAL DAS CALDAS DA CAVACA

2.1 Considerações gerais

O presente estudo constitui uma síntese dos estudos de prospecção hidrogeológica desenvolvidos na região das Caldas da Cavaca (Aguiar da Beira, Portugal Central), onde existe uma forte tradição da prática do termalismo (Acciaiuoli [8]). A campanha de prospecção foi desenvolvida com o intuito de reforçar a actual captação de água mineral e de captar água potável para abastecer o complexo termal. Para o efeito, foram realizadas extensivas operações de prospecção hidrogeológica de campo cuja informação foi cruzada, nomeadamente, com a interpretação fotogeológica e aerofotogramétrica, litológica, geológico-estrutural, geomorfológica e cartográfica à escala regional e local. Os trabalhos desenvolvidos assentaram numa perspectiva integradora dos constrangimentos geológicos, morfotectónicos, hidroclimatológicos e hidrogeológicos, visando o estabelecimento de um modelo hidrogeológico conceptual (pormenores em Carvalho *et al.* [9]).

O reconhecimento geológico-geotécnico e a cartografia hidrogeológica de pormenor efectuada na área em estudo permitiram caracterizar em afloramento, principalmente a heterogeneidade litológica, o estado de alteração e o grau de fracturação local do maciço. Procedeu-se igualmente à execução de um estudo hidrogeológico aplicado, a diferentes escalas, de modo a entrosar-se toda a informação disponível e recolhida durante os trabalhos de campo, quer da área de prospecção fundamental quer da zona envolvente.

Na caracterização geológica pormenorizada da área recorreu-se às técnicas básicas da geologia, da geotecnica e da hidrogeologia aplicada (e.g., Ingebritsen e Sanford [10], Fetter [11], González de Vallejo *et al.* [7]). No estudo da fracturação e da alteração local procedeu-se ao levantamento sistemático das descontinuidades (diaclases, falhas, etc.) em afloramento, com base na terminologia e nos critérios definidos e recomendados, quer pela ‘*International Society of Rock Mechanics*’ (ISRM [12], [13]) quer pelo ‘*Committee on Fracture Characterization and Fluid*

Flow' (CFCHF [14]), para estudos da compartimentação de maciços rochosos em meios fissurados.

2.2 Breve enquadramento geológico e hidrogeológico

A região das Caldas da Cavaca enquadra-se na unidade geomorfológica dos Planaltos Centrais, distinguida por Brum Ferreira [15] na região do Norte da Beira, com uma altitude média de 850m, caracterizada pela existência de relevos suaves. A povoação das Caldas da Cavaca localiza-se na sub-bacia do rio Dão, no vale tectónico da Ribeira de Côja, com orientação geral NNE-SSW, a cerca de 530m de altitude. Na área do estabelecimento termal, este vale é moderadamente encaixado, apresentando encostas de perfil convexo e caracterizando-se por desníveis que rondam os 200m.

Em termos geológicos foram distinguidos dois sub-sectoros: i) sub-sector 1 — correspondente a uma área composta por rochas granitóides e rochas filonianas; ii) sub-sector 2 — definido por uma área exígua, relativamente aplanada, respeitante às aluviões das Caldas da Cavaca, sendo esta composta por vários terrenos de cultivo.

O sub-sector 1 localiza-se numa vasta mancha granítica, genericamente designada por granito das Caldas da Cavaca. Em afloramento, este granito é de cor cinzenta clara, de duas micas, porfiróide, de grão médio a grosseiro. Este maciço granítico, que aflora na área do estabelecimento termal das Caldas da Cavaca e na maior parte da área envolvente, encontra-se medianamente alterado a alterado (W_3 a W_4) e, por vezes, desagregado a arenizado. Este aspecto está patente nos taludes dos estradões e caminhos de pé-posto, nas imediações das Caldas da Cavaca, registando-se, geralmente, um horizonte de alteração algo intenso podendo considerar-se em muitos pontos um saibro granítico grosseiro (W_5). Esta última situação ocorre especialmente próxima a contactos tectónicos de natureza frágil (falhas) com movimentação associada.

A megaestrutura frágil, com orientação geral NNE-SSW, designada por 'Falha da Ribeira de Côja' apresenta uma expressão cartográfica regional e, localmente, são observáveis aspectos de esmagamento e de argilificação consideráveis. Poder-se-á admitir que este contacto litológico-estrutural funcionará como uma importante armadilha hidrogeológica, a qual condicionará, sem dúvida, o circuito hidráulico subterrâneo local através de uma estrutura barreira. As estruturas secundárias de orientação NE-SW a E-W têm uma importância acrescida em especial nos locais de intersecção com a estrutura maior referida anteriormente, funcionando como nós tectónicos que poderão constituir alvos hidrogeológicos a despistar. Os estudos geofísicos (método electromagnético) efectuados por GeoSonda [16], na zona de descarga, confirmaram a existência das estruturas de orientação próxima a N-S e um horizonte de alteração com uma espessura que rondará os 50 metros. O sistema de fracturação principal do maciço é sub-vertical (localmente pode apresentar inclinações na ordem dos 70-80° SW, em geral relacionadas com megaestruturas frágeis), com orientação média NNE-SSW a N-S (geralmente sistemas de diaclases com abertura centimétrica, 6-20cm, $F_{4.5}$) a NE-SW. Existe ainda um outro sistema de fracturação sub-horizontal, com abertura milimétrica e um preenchimento com material de esmagamento e argiloso. Verificou-se, ainda, que, nas zonas mais afectadas pela deformação com orientação média NE-SW, o granito se encontra arenizado e caulinzado, sendo frequente a existência de filonetes de quartzo. É de realçar o facto de esta alteração do granito caracterizar o sistema de fracturas com azimute N20°E a N30°E (esta atitude geológica já tinha sido referenciada nos estudos pioneiros de geohidrologia por Freire de Andrade [17], [18]), o qual está presente na zona das captações de água mineral.

Relativamente às rochas filonianas, foram reconhecidos alguns afloramentos, sem expressão cartográfica, de estruturas aplíticas e aplito-pegmatíticas, de cor amarela-esbranquiçada, bem como filões de quartzo. Salienta-se a ocorrência de filões de rochas básicas, do tipo dolerítico (Boorder [19], Teixeira *et al.* [20]), os quais se encontram, a maioria das vezes, muito alterados a decompostos e apresentam disjunção esferoidal. Quando a alteração é muito intensa, o seu aspecto é argiloso e a cor é castanha-amarelada.

O sub-sector 2 contrasta com o relevo vigoroso da área serrana envolvente, sendo este caracterizado por uma área aplanada, exígua, de espessura reduzida (inferior a 5m), respeitante aos depósitos aluvionares associados à Ribeira de Côja. Estes depósitos são compostos, no geral, por materiais argilo-arenosos, constituindo bons solos agrícolas.

O sistema hidromineral das Caldas da Cavaca está instalado num maciço granítico fissurado (figura 1). Os processos ligados à recarga e à circulação profunda deste sistema hidromineral são, ainda, mal conhecidos. O quimismo destas águas minerais (sulfúrea alcalina) sugere que estas têm circulação lenta e profunda, ao longo da qual ocorrem fenómenos de interacção água-rocha (M. R. Carvalho *et al.* [21]) e, possivelmente, afluxo de fluidos de origem mais profunda (Cruz e Oliveira Silva [22], Calado [23]). Não é possível, na fase actual do conhecimento da hidrogeologia da região, associar a recarga e a circulação profunda a uma estrutura concreta ou a uma dada área geográfica. Não obstante, a neotectónica e a morfoestrutura regional apontam para que estes fenómenos devam ocorrer, preferencialmente, associados a descontinuidades de orientação NNE-SSW a NE-SW, que condicionam, nesta região, a orientação dos vales dos rios Vouga, Dão e Mondego. Algumas destas descontinuidades correspondem a falhas de importância regional, as quais deverão atingir profundidades de vários quilómetros, sendo disso indício a frequência com que lhes estão associados filões doleríticos, alguns deles situados nas imediações das Caldas da Cavaca.

A ocorrência da água hidromineral das Caldas da Cavaca parece estar relacionada com uma zona de maior permeabilidade do maciço granítico a qual permite a ascensão e a emergência de água mineral. Esta permeabilidade acrescida está, possivelmente, associada a um nó tectónico originado pela intersecção entre duas famílias principais de fracturas: uma com orientação NNE-SSW a NE-SW — inclinando para SE — e uma outra, com orientação NW-SE — de tendência subvertical. A existência de fortes cargas hidráulicas, aliada a diferenças de densidade entre os diversos fluidos do sistema hidromineral, poderia contribuir para a ascensão das águas minerais num contexto de nó tectónico (Carvalho *et al.* [9]).

No quadro 1 apresentam-se algumas características das principais unidades hidrogeológicas locais consideradas para a área das Caldas da Cavaca.

Quadro 1 - Unidades hidrogeológicas locais da área das Caldas da Cavaca.

Designação	Cobertura aluvionar	Aquífero descontínuo granítico	Aquífero hidromineral das Caldas da Cavaca
Litologia	Areias e lodos	Granito porfiróide de grão médio a grosseiro	Granito grão grosseiro
Tipo de permeabilidade	Intersticial	Fissural	Fissural
Vulnerabilidade e risco à poluição	Variável; geralmente elevada, dada a pequena espessura	Variável; pode propagar-se rapidamente nas zonas fracturadas	Pode ser elevada na zona de descarga

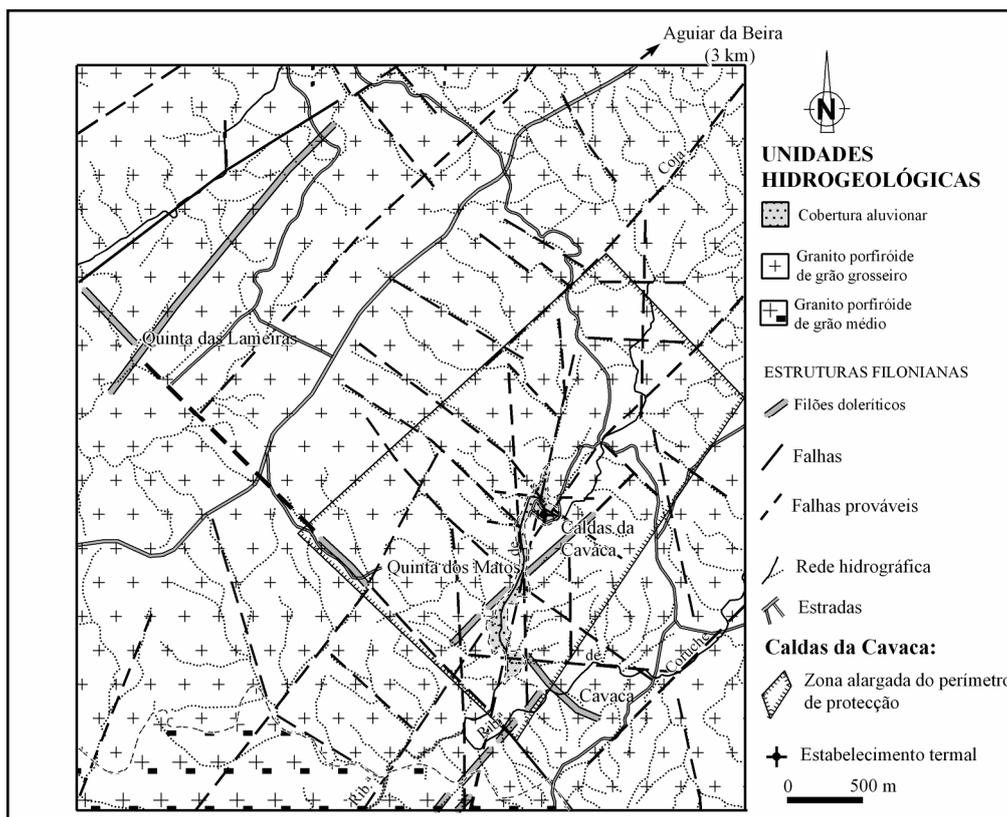


Figura 1 - Esboço hidrogeológico da região das Caldas da Cavaca (adaptado de Carvalho *et al.* [9]).

3. CARTOGRAFIA APLICADA AO SISTEMA HIDROMINERAL

3.1 Considerações iniciais

As fontes de contaminação das águas subterrâneas são numerosas, encontrando-se na bibliografia da especialidade inventariações bastante completas das mesmas (e.g., EPA [24] Domenico e Schwartz [25], Fetter [11]).

No caso do sistema hidromineral das Caldas da Cavaca podem ser identificadas diversas fontes de contaminação dentro da zona alargada do perímetro de protecção. Estas fontes foram inventariadas e classificadas, recorrendo aos critérios da bibliografia supracitada, como pontuais, lineares ou difusas (Carvalho *et al.* [9]). Cerqueira [26] apresentou um estudo pormenorizado sobre as principais condicionantes de susceptibilidade hidrogeológica aplicada ao sistema hidromineral das Caldas da Cavaca. Algumas destas considerações preliminares foram avançadas em Cerqueira *et al.* [27].

Como potenciais fontes pontuais destacam-se as actividades domésticas, as quais se resumem, na área adjacente às captações de água mineral, a uma habitação (equipada com fossa séptica não estanque) com anexos destinados ao apoio de actividades agrícolas e a diversas construções desabitadas, na sua maioria ligadas ao termalismo. Além destas construções, poder-se-à considerar como fonte pontual uma pequena lagoa artificial a cerca de 200m para ENE das captações de água mineral.

Relativamente às potenciais fontes lineares, salientam-se as águas superficiais e as vias de comunicação. As primeiras prendem-se com a existência de uma ligação hidráulica entre as aluviões do curso de água que atravessa os terrenos do estabelecimento termal e o aquífero hidromineral na zona de descarga. Quanto às vias de comunicação, apesar de não existirem na área estradas de grande tráfego, as estradas secundárias e particulares que estão presentes devem ser consideradas como fontes de poluição. Esta poluição poderá ter origem no derramamento, pelos veículos motorizados, de hidrocarbonetos diversos, nos resíduos de pneus e nos resíduos da degradação do asfalto. Caso estas vias sejam utilizadas para o transporte de substâncias perigosas, há que considerar o risco de poluição do aquífero hidromineral em caso de acidente. No que concerne às fontes difusas, destacam-se as actividades agrícolas. Na área envolvente das Caldas da Cavaca pratica-se agricultura de subsistência em solos aluvionares. Estas práticas agrícolas, à semelhança das actividades domésticas, representam maior risco de poluição do sistema aquífero no contexto em que são praticadas nas imediações das captações de água mineral.

3.2 Cartografia de susceptibilidade hidrogeológica

No que toca à cartografia de susceptibilidades na região envolvente ao sistema hidromineral das Caldas da Cavaca, foram considerados dois fenómenos geológicos: a queda de blocos e as inundações (Figura 2). Não obstante, foi dado um enfoque especial à contaminação das águas subterrâneas.

Relativamente à queda de blocos, esta poderá ter como factores desencadeadores a sismicidade e o declive das vertentes, bem como a fracturação das unidades graníticas. A região estudada apresenta locais com declive muito acentuado (entre 31° e 40°), apresentando a área das Caldas da Cavaca declives menos acentuados (entre 2° e 14°). Nesta área poderá ocorrer o desprendimento de massas de solo e/ou rocha desagregada em taludes muito verticalizados. Quanto às inundações, estas serão condicionadas, em parte, pela precipitação intensa e concentrada num dado período de tempo. A susceptibilidade a estes dois tipos de fenómenos é considerável, em termos qualitativos, devido à proximidade de vias de comunicação e de aglomerados populacionais (Figura 3).

No que diz respeito à contaminação das águas subterrâneas, os principais factores condicionantes encontram-se resumidos no quadro 2.

Quadro 2 - Síntese dos factores condicionantes associados à contaminação das águas subterrâneas.

Factores Condicionantes		Características
Naturais	Rede hidrográfica	Granitóides
	Litologia	Depósitos sedimentares (aluviões e/ou coluviões)
	Estruturas geológicas	Falhas/ Diaclases/ Filões básicos
Antrópicos	Povoamentos	Edifícios, saneamento básico, fossas sépticas
	Actividades agrícolas	Explorações agro-pecuárias, áreas de pastagens
	Vias de comunicação	Estradas, Estações de serviço

Com o intuito de avaliar a susceptibilidade hidrogeológica para área envolvente às Caldas da Cavaca, foi elaborado o mapa que consta da figura 4.

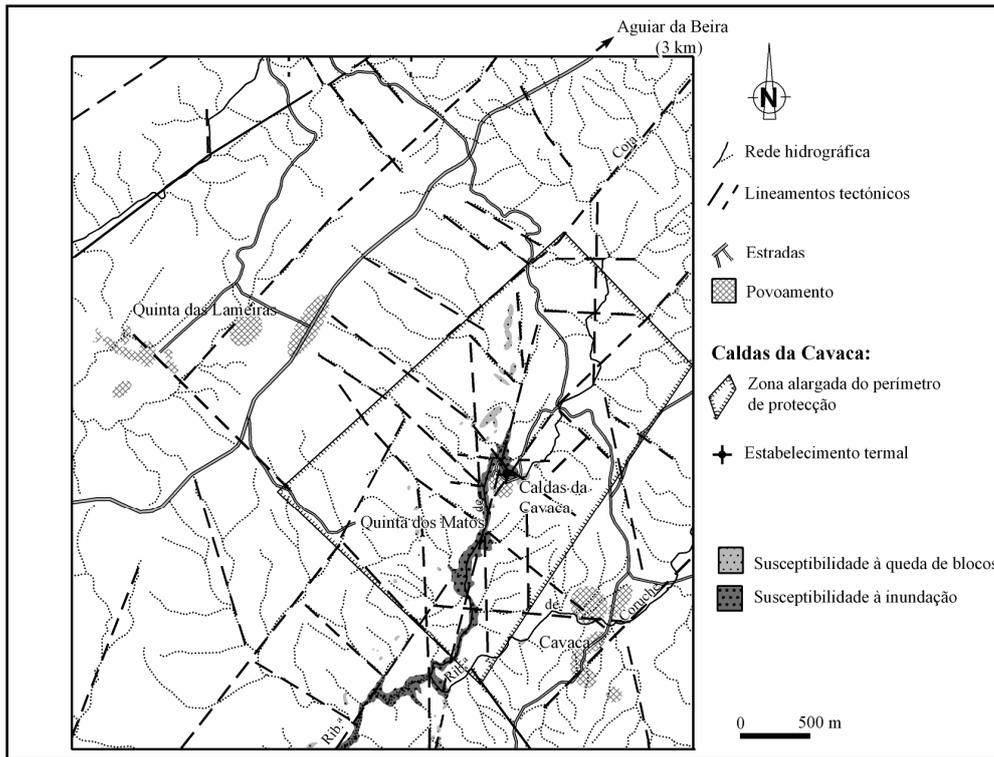


Figura 2 - Esboço de susceptibilidade à queda de blocos e de inundação.

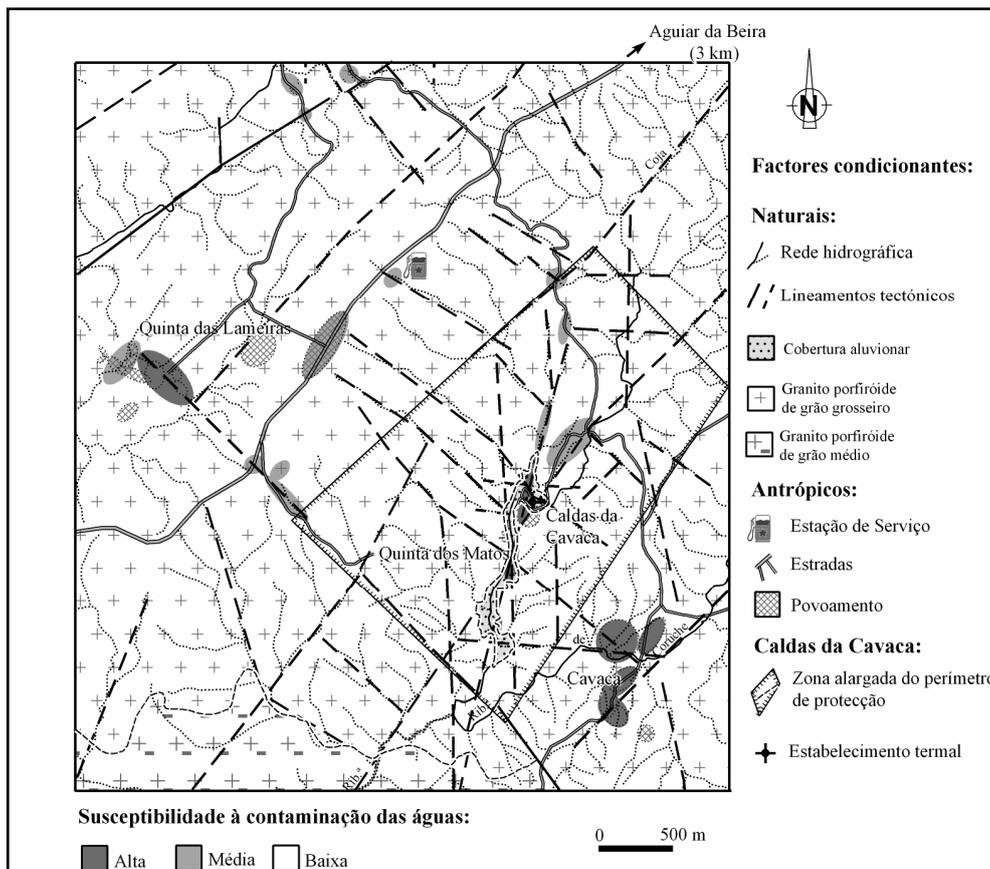


Figura 3 - Esboço de susceptibilidade à contaminação de águas.

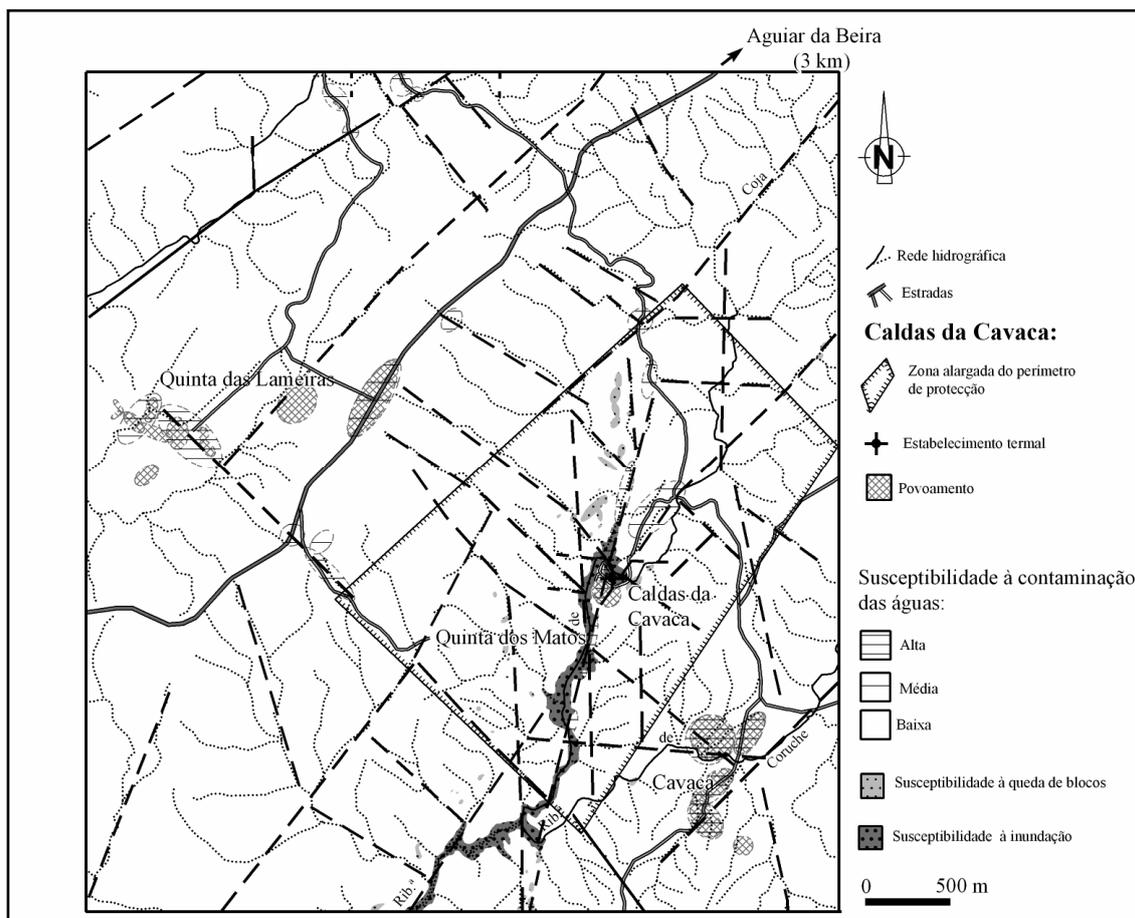


Figura 4 - Síntese cartográfica da susceptibilidade hidrogeológica para área envolvente das Caldas da Cavaca.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado evidenciou a importância da cartografia aplicada às geociências, em termos de susceptibilidade a diversos fenómenos naturais. Desta forma, uma cartografia adequada deverá ser elaborada numa perspectiva interdisciplinar, integradora dos diversos constrangimentos (especialmente os geotectónicos, hidrogeológicos e ambientais). A identificação e caracterização dos processos que controlam a susceptibilidade hidrogeológica ambiental são de vital importância para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

5. AGRADECIMENTOS

São devidos agradecimentos à Câmara Municipal de Aguiar da Beira a autorização para a publicação de parte do estudo de geologia/geotecnia ambiental inserido na campanha de prospecção hidrogeológica das Caldas da Cavaca. Um agradecimento especial aos colegas J. Espinha Marques (FCUP), A. Gomes (FLUP), P. E. Fonseca (FCUL) e A. Vega (ISEP) na discussão de vários tópicos deste trabalho. Anabela Cerqueira agradece o apoio dos patrocinadores (*CêGê-Consultores de Engenharia; TARH-Terra, Ambiente & Recursos Hídricos; SEG-Serviços de Engenharia e Geotecnia e GGC-Geologia e Geotecnia Consultores*) do Prémio Rolando Moreira de Ciência e Tecnologia em Engenharia Geotécnica (ISEP), 1ª

edição (2005), atribuído ao melhor Relatório de Projecto de Final de Licenciatura em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do Departamento de Engenharia Geotécnica (ISEP) .

6. REFERÊNCIAS

- [1] Varnes, D.J., Landslide hazard zonation: A review of principles and practice, Natural Hazards 3, UNESCO, Paris, (1984).
- [2] Bell, F.G., Geological hazards. Department of Geology and Applied Geology, University of Natal, Durban, South Africa, (1999), 648 pp.
- [3] Smith, K., Environmental hazards, assessing risk and reducing disaster, 3rd ed., Routledge, London, (2001), 392 pp.
- [4] Rebelo, F., Riscos naturais e acção antrópica: estudos e reflexões, Imprensa da Universidade de Coimbra, (2001), 274 pp.
- [5] Bateira, C. e Abreu, J., Os problemas da cartografia dos riscos naturais: Contributos para a definição da susceptibilidade geomorfológica a partir da observação de vários movimentos de vertente ocorridos no Norte de Portugal, Territorium, Coimbra, 10, (2003), pp. 69-88.
- [6] Garcia, R.A.C. e Zêzere, J.L., Avaliação de riscos geomorfológicos: breve abordagem a conceitos e terminologias, III Seminário sobre Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, UTAD, Vila Real, (2003), pp. 299-308.
- [7] González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L. e Oteo, C. [coords.], Ingeniería geológica, Prentice Hall, Madrid, (2002), 715 pp.
- [8] Acciaiuoli, L. M. C., Le Portugal hydromineral, Direction générale des Mines et des Services Géologiques, Lisbonne, (1952/53), I volume, 284 pp.; II Volume, (1953), 574 pp.
- [9] Carvalho, J. M., Chaminé, H. I., Afonso, M. J., Espinha Marques, J., Teixeira, J., Cerqueira, A., Coelho, A., Gomes, A. e Fonseca, P. E., Prospecção hidrogeológica da área do sistema hidromineral das Caldas da Cavaca (Aguiar da Beira, Portugal Central): implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos, In: Fernández Rubio R. (ed.), Proceedings del I Foro Ibérico sobre Aguas Envasadas y Balnearios, Madrid, (2005), 13 pp.
- [10] Ingebritsen, S. E. e Sanford, W. E., Groundwater in geologic processes, Cambridge University Press, New York, (1998), 341 pp.
- [11] Fetter, C.W., Applied Hydrogeology, Prentice-Hall, New Jersey, (2001), 598 pp.
- [12] ISRM - International Society of Rock Mechanics, Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 15 (6), (1978), pp. 319-368.
- [13] ISRM - International Society of Rock Mechanics, Basic geotechnical description of rock masses Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 18, (1981), pp. 85-110.
- [14] CFCFF - Committee on Fracture Characterization and Fluid Flow, Rock fractures and fluid flow: contemporary understanding and applications, National Research Council, National Academy Press, (1996), 568 pp.
- [15] Brum Ferreira, A., Planaltos e montanhas do Norte da Beira: estudo de geomorfologia. Memórias Centro Estudos Geográficos, Lisboa, 4, (1978) pp. 1-374.
- [16] GeoSonda, Prospecção electromagnética nas Caldas da Cavaca, Geosonda - Sondagens Geotécnicas e Geofísicas, Lda., Santa Maria da Feira, (relatório inédito), (2004), 7 pp.
- [17] Freire de Andrade, C., Projecto de modificação de captagem das águas das Caldas da Cavaca. Lisboa, 1 anexo, (relatório inédito), (1935), 11 pp.
- [18] Freire de Andrade, C., Nota acerca dos trabalhos realizados para a modificação da captagem das águas medicinaes das Caldas da Cavaca, Lisboa, (relatório inédito), (1938), 7 pp.
- [19] Boorder, H., Petrological investigations in the Aguiar da Beira granite area, Northern Portugal. Universeit van Amsterdam, Tese de Doutoramento, (1965), 126 pp.

- [20] Teixeira, C., Santos, J. P., Teixeira Lopes, J. V. e Pilar, L., Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 (Folha 14-D), Aguiar da Beira, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa (1972).
- [21] Carvalho, M. R., Cruz, J. V., Almeida, C. e Oliveira Silva, M., Hidrogeoquímica das águas dos granitos Hercínicos das Beiras, Geolis, Lisboa, 4 (1/2), (1990), pp. 228-248.
- [22] Cruz, J. V. e Oliveira Silva, M., Enquadramento geológico-estrutural das nascentes termominerais da região de Viseu, Geolis, Lisboa, 5 (1/2), (1991), pp.49-60.
- [23] Calado, C., A ocorrência de água sulfúrea alcalina no Maciço Hespérico: quadro hidrogeológico e quimiogénese, Universidade de Lisboa, Tese de doutoramento, (2001), 462 pp.
- [24] EPA - United States Environmental Protection Agency, Wellhead protection: a guide for small communities, (1993), 144 pp.
- [25] Domenico, P.A. e Schwartz, F.W., Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley and Sons, Inc., New York, (1998), 506 pp.
- [26] Cerqueira, A., Riscos geológicos: contributos da hidrogeotecnia no estudo do sistema hidromineral das Caldas da Cavaca (Aguiar da Beira), Relatório de Projecto de Licenciatura, inédito, Dep. de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, (2004), 110 pp.
- [27] Cerqueira, A., Chaminé, H. I., Vega, A., Afonso, M. J., Teixeira, J., Gomes, A. e Carvalho, J. M., Geological hazards studies performed at Caldas da Cavaca hydromineral system: environmental geotechnics implications, In: Sixth International Conference on Geomorphology: Geomorphology in regions of environmental contrast, (Gutiérrez, F, Gutiérrez, M., Desir, G., Guerrero, J., Lucha, P., Marín, C. e García-Ruiz, J. M. Eds), Zaragoza (Spain), Abstracts volume, (2005), pp. 329.