

SISTEMA AQUÍFERO DE MONFORTE - ALTER DO CHÃO, UMA DAS ÁREAS DE INTERVENÇÃO DETALHADA DO IGM NO PROJECTO DE ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO

Álvaro H.Carvalho⁽¹⁾; Augusto M.Costa⁽¹⁾

RESUMO

No âmbito do Projecto de Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (PERHSA), coordenado pela CCR Alentejo, foram atribuídas ao Instituto Geológico e Mineiro 5 áreas de intervenção detalhada, que correspondem a 4 dos principais sistemas aquíferos da região alentejana. Uma destas áreas é o sistema aquífero de Monforte -Alter do Chão.

Este sistema está localizado na Zona de Ossa Morena, no sector de Alter do Chão - Elvas e tem por base as formações carbonatadas cristalinas do Câmbrio e complexos intrusivos básicos, ante variscos.

De acordo com o planeamento do projecto, desde Abril deste ano têm sido levados a cabo trabalhos, essencialmente de reconhecimento e instalação de redes de controle piezométrico e de qualidade.

Prevê-se a breve prazo a execução de toda uma série de outros trabalhos de forma a possibilitar a caracterização detalhada do sistema aquífero e posterior elaboração de um modelo hidrogeodinâmico e químico tri-dimensional.

Neste artigo estão expostos os trabalhos efectuados até agora, a caracterização hidrogeológica preliminar dos aquíferos e formações envolventes, as primeiras hipóteses de conceptualização dinâmica do sistema e a metodologia a aplicar para a sua futura caracterização.

Palavras Chave: Sistema aquífero, carso, ensaios de bombagem, parâmetros hidráulicos, geofísica, electromagnetismo,

1- INTRODUÇÃO

⁽¹⁾ Geólogo, Instituto Geológico e Mineiro, Dep. de Hidrogeologia. Estrada da Portela, Zambujal - 2720 Alfragide

O sistema aquífero de Monforte - Alter do Chão está localizado numa área onde a agricultura intensa associada aos baixos valores de precipitação e à quase inexistência de reservatórios de águas superficiais, se traduzem na sua importância estratégica para o desenvolvimento social e económico da região. Os trabalhos efectuados com vista a dar a conhecer o sistema em si e o seu funcionamento, são até à data em número muito limitado, e os que existem embora detalhados, tratam exclusivamente da resolução de problemas muito localizados (A.PAIS QUINA, 1997). Mesmo o conhecimento geológico de base nesta região foi alvo de um número muito restrito de trabalhos (F.GONÇALVES 1973, 1975, M.PEREIRA 1995, J.BRANDÃO DA SILVA).

Desta forma existe um conjunto relativamente vasto de questões pendentes a aclarar que vão desde a compreensão do funcionamento hidráulico do sistema ao seu comportamento do ponto de vista geoquímico. Estas questões muito mais do que um interesse teórico, têm uma aplicação prática imediata, dada a premente necessidade de recursos hídricos exigidos pelas populações, nomeadamente em períodos de seca prolongada, que caracterizam a região alentejana.

O sistema aquífero de Monforte - Alter do Chão corresponde a uma das áreas de intervenção detalhada, que foram atribuídas ao Instituto Geológico e Mineiro no âmbito do PERHSA. Está, portanto, a decorrer uma série de trabalhos que prevêm o estudo pormenorizado do sistema aquífero de forma a caracterizar os seus recursos do ponto de vista quantitativo e qualitativo.

Neste artigo estão expostos trabalhos efectuados até à data, assim como alguns resultados preliminares sobre a dinâmica do sistema. Está também descrita a metodologia de trabalho que se prevê utilizar de futuro de forma a concretizar os objectivos pretendidos pelo PERHSA.

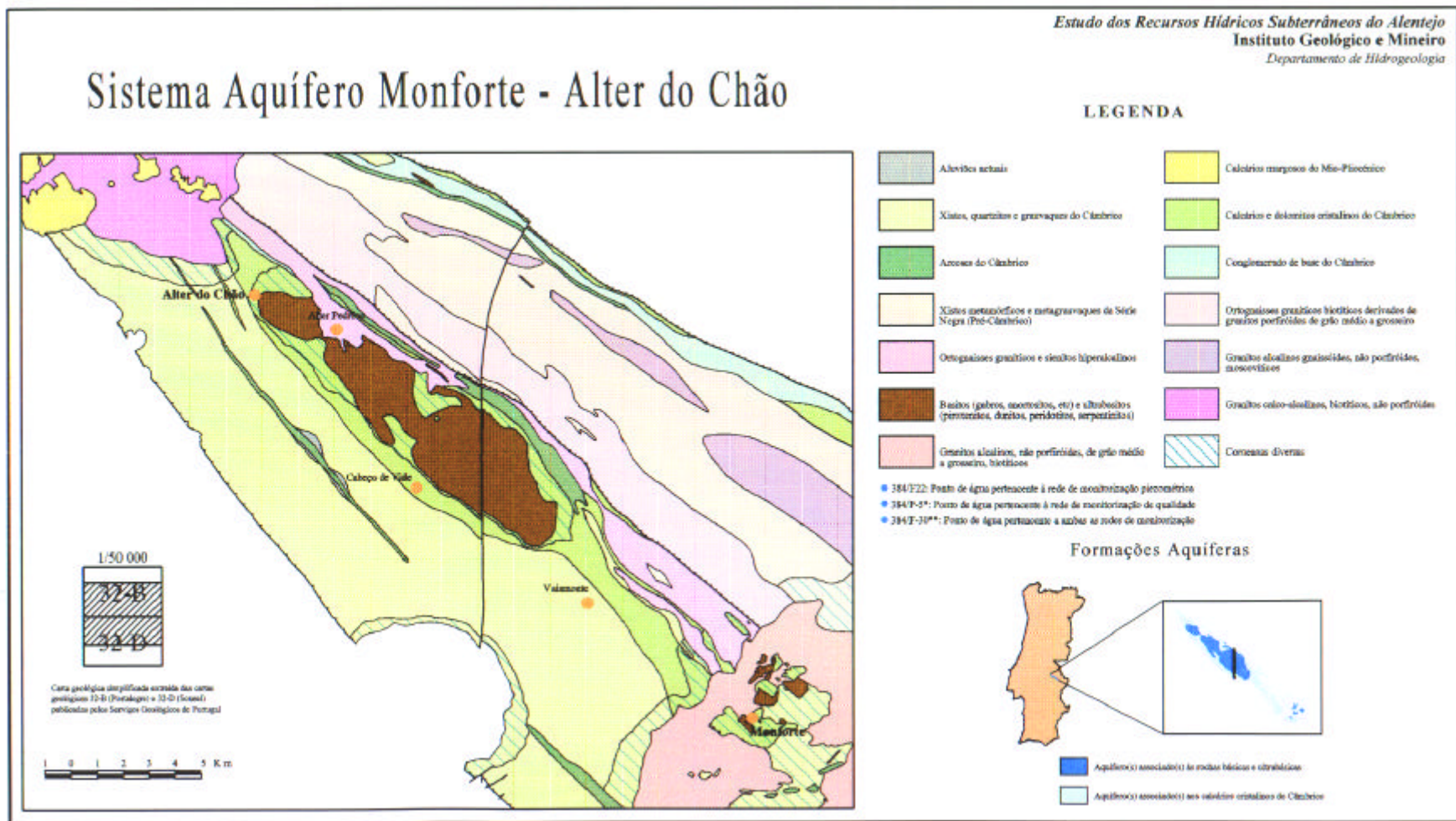
2- DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE TRABALHO.

A área de trabalho pertence administrativamente aos concelhos de Alter do Chão Fronteira e Monforte, no Alentejo. Geologicamente é limitada a SE pelo Maciço Granítico de Santa Eulália, a SW pelo contacto entre as formações carbonatadas e as formações de xistos, quartzitos, grauvaques e conglomerados interformacionais do câmbrio, a Norte pelo contacto com o complexo granítico de Niza e a NE pelas zonas de contacto com os gnaisses e com os conglomerados da base. A superfície da área estudada é de aproximadamente 25 km² e encontra-se nas folhas 370, 371 e 384 da Carta Militar de Portugal 1:25 000. Na figura 1 está representado o enquadramento geológico da área.

A topografia da região é suave, caracterizada por vales amplos e declives pouco acentuados. A altitude média da área de estudo ronda os 300 metros, estando o seu ponto mais alto localizado a 410 metros, em Alter Pedroso e o mais baixo a 260 metros nas imediações da Arribana do Papa Leite .

A temperatura média anual da região é da ordem dos 16°C, sendo que no Verão a média é de 25°C (Julho - Agosto) e no Inverno é de 9°C (Dezembro - Janeiro). Os valores

Figura 1 - Sistema aquífero Monforte - Alter do Chão.



característicos de precipitação total anual do território situam-se entre os 500 e os 600 mm (Atlas Climatológico de Portugal Continental), e os de evapotranspiração real, calculados por balanço mensal da água no solo, situam-se entre os 400 e os 450 mm anuais (J.Raposo et A.Nunes). É de salientar que os valores da EVR refletem, seguramente, uma estimativa sobrevalorizada deste parâmetro.

A área de estudo encontra-se, sob o ponto de vista de bacias hidrográficas, incluída na região da Bacia Hidrográfica do Tejo. As ribeiras na maior parte dos casos são de regime temporário e têm geralmente uma orientação preferencial de escoamento NE-SW com sentidos divergentes. A instalação da rede hidrográfica está condicionada principalmente pela geomorfologia da região, nomeadamente pela presença de relevos residuais associados às rochas gábricas.

3- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO.

O sistema aquífero de Monforte - Alter do Chão tem por base as formações de calcários e dolomitos cristalinos do câmbrio inferior e as formações de gabros pertencentes ao complexo básico de Alter do Chão - Cabeço de Vide (fig.1).

A descrição geológica e hidrogeológica foi baseada em F.Gonçalves (1973, 1975) e A.Pais Quina (1997), adicionadas de levantamentos de campo efectuados pelos autores. A descrição hidrogeológica foi baseada e complementada de igual forma por trabalhos de campo efectuados até a data já no âmbito do PERHSA.

Passemos assim a uma breve descrição destas formações, bem como às formações envolventes do sistema aquífero para uma melhor compreensão dos fenómenos aí ocorrentes:

3.1. Formações sedimentares

3.1.1. Xistos, quartzitos, grauvaques e conglomerados interformacionais.

São formações câmbrias que limitam o sistema a SW. Os xistos caracterizam-se pela presença de clastos de quartzo e plagioclases, em matriz de elementos filitosos (sericite e moscovite). Verifica-se a presença de leitos conglomeráticos, com uma direcção SE-NW, constituídos essencialmente por elementos quartzosos e quartzíticos em que o cimento, quase inexistente, tem um aspecto quartzítico.

Constituem em geral formações de fraca aptidão aquífera, excepto em locais particularmente afectados por acidentes tectónicos e/ou algumas estruturas filoneanas. Em geral os caudais de exploração não ultrapassam 1 l/s.

3.1.2. Calcários e dolomitos cristalinos.

São rochas carbonatadas câmbrias, de cores cinzenta e rósea, constituídas por calcite e dolomite, a que se associam feldspatos, moscovite, biotite, etc. A estratificação é geralmente

vertical ou subvertical, variando a inclinação das camadas entre 60°E a Norte de Alter do Chão e 55°W junto a Vaiamonte, devido a dobras e outras estruturas tectónicas locais.

A área onde afloram as rochas carbonatadas foi parcialmente ocupada, por um extenso complexo plutónico de ultrabasitas, basitos e granitos. Desta forma, as rochas estão, em grande parte, transformadas em corneanas cálcicas, constituindo uma auréola de metamorfismo de contacto dos referidos maciços.

Em termos hidrogeológicos correspondem às formações com maior aptidão aquífera desta área, onde se incluem dolomitos, mármore calcítico e calcários dolomíticos, por vezes siliciosos. Estas formações constituem aquíferos cársicos e pontualmente podem estar em conexão com níveis de metavulcanitos localizados no topo da sequência vulcano-sedimentar. Em geral conseguem-se captações de produtividade média a elevada (com caudais de extracção por vezes superiores aos 10 l/s).

3.1.3. Conglomerados e arcoses da base

Ocorrem no flanco NE do sistema aquífero, formando uma estreita faixa que separa o sistema dos ortognaisses graníticos e sieníticos hipercalinos. Estão associadas ao vulcanismo da base do Câmbrio. Estas formações não apresentam evidências de possuírem capacidades aquíferas relevantes.

3.2. Rochas Magmáticas

3.2.1. Ultrabasitas e basitos

Esta série petrográfica constitui o maciço de Alter do Chão - Cabeço de Vide e traduz-se num extenso afloramento alongado segundo a direcção NW-SE, intrusivo na série carbonatada acima descrita. Os basitos são compostos por gabros, gabros olivínicos e anortosíticos; os ultrabasitas por vezes encontram-se serpentinizados e são constituídos por peridotitos, dunitos e piroxenitos.

Os gabros são os principais responsáveis pelos relevos residuais que se destacam no planalto calcário sendo provavelmente mais antigos que os ultrabasitas. Estes últimos constituem uma superfície de erosão deprimida em relação aos basitos.

No complexo intrusivo de Alter do Chão - Cabeço de Vide, são essencialmente as rochas gabróicas que apresentam as melhores potencialidades hidrogeológicas. A camada produtiva atinge profundidades de poucas dezenas de metros, com caudais de exploração até 5 l/s, excepcionalmente superiores.

3.2.2. Ortognaisses graníticos e sieníticos hipercalinos.

São rochas que formam maciços alongados ou filões com sinais evidentes de deformação tectónica, apresentando às vezes textura blastomilonítica. Estas rochas, juntamente com as arcoses e conglomerados do vulcanismo da base do câmbrio limitam o sistema aquífero de Monforte - Alter do Chão no flanco NE.

Hidrogeologicamente são rochas com fraca aptidão hídrica subterrânea. Os pontos de água destas formações, quando existem, estão associados a falhas e outros acidentes tectónicos, dando origem a caudais fracos, e a águas com qualidade química deficiente.

Há ainda que assinalar a existência, perto da Vila de Cabeço de Vide, de uma estância termal com o mesmo nome. As nascentes que abastecem esta estância estão localizadas em rochas do Câmbrio, junto ao contacto com a intrusão de basitos. Quimicamente são águas cloretadas, carbonatadas, sódicas, cálcicas, com pH igual a 11,7, com uma temperatura na nascente de 24°C e com uma mineralização total de 257,1 mg/l.

4- ENQUADRAMENTO TECTÓNICO

Do ponto de vista estrutural, na área ocupada pelo sistema aquífero, observa-se a fase orogénica anteviseana (F_1) geradora de dobras deitadas para SW, imediatamente seguida de carreamento do Câmbrio sobre o Silúrico.

A fase antevestefaliana superior (F_2), que se seguiu, deu origem a dobras com plano axial subvertical, de direcção NW-SE, gerando-se clivagem xistenta cada vez mais penetrativa para os níveis inferiores do Silúrico ao Precâmbrico. Posteriormente verificou-se a geração de falhas transcorrentes curvas, sinistróginas.

Há ainda que referir a fase de magmatismo ordovícico, durante a qual se registou a intrusão dos diversos maciços plutónicos que afectam as formações câmbrias.

5- TRABALHOS REALIZADOS

De Abril a esta parte já foi realizada toda uma série de trabalhos que incidiram especialmente no reconhecimento das condições geológicas e hidrogeológicas da zona, e actualização do inventário de pontos de água existente.

Foram seleccionadas redes preliminares de controle piezométrico e de qualidade (fig.1), onde periodicamente se têm vindo a efectuar campanhas de medição de níveis e colheita de amostras de água para análise.

Com o apoio das autarquias foram instalados dois aparelhos para colheita de amostras de água da chuva, situados nas vilas de Monforte e de Alter do Chão.

Foram executados ensaios de bombagem e recuperação na Herdade de Palma onde foi possível determinar parâmetros hidráulicos do aquífero ensaiado (neste caso os calcários cristalinos do Câmbrio) e obter ideias preliminares acerca do comportamento hidrodinâmico das formações carbonatadas.

Em resposta ao pedido formulado pela autarquia de Alter do Chão, que pretende criar captações de reforço para o abastecimento hídrico da sede de concelho, foram executados pelo IGM diversos perfis VLF-EM nos arredores da Vila.

6- RESULTADOS OBTIDOS

6.1. Levantamentos de campo.

A principal dificuldade com a qual deparámos no início do projecto foi a falta de informação hidrogeológica acerca da área em estudo. Os trabalhos de reconhecimento de campo efectuados visaram fundamentalmente obter informação actualizada com vista ao estabelecimento de um plano de actividades específico para esta zona.

As conclusões a que chegamos com base nos reconhecimentos preliminares foram as seguintes:

- I) É necessário proceder a revisão da cartografia geológica existente, em particular das formações carbonatadas, nomeadamente na fronteira SW nos arredores de Vaiamonte, onde a área que estas ocupam é maior do que nos é apresentada por Gonçalves (1975);
- II) As formações carbonatadas encontram-se muito mais fracturadas e interceptadas por filões do que se presumia a partir da análise da geologia apresentada por Gonçalves (1973, 1975). Situações concretas foram observadas na mancha de calcários cristalinos e corneanas existente a Norte da Vila de Alter do Chão;
- III) Foram encontrados, em diversos locais, algares e outras formas cársticas, que permitem concluir acerca do carácter cárstico do aquífero carbonatado. Os algares foram encontrados, por exemplo, a leste da estrada que liga a Vila de Alter do Chão a Cabeço de Vide

6.2. Ensaio de bombagem e recuperação na Herdade de Palma.

Foi feito um ensaio de bombagem a caudal constante seguido de recuperação na Herdade de Palma. A bombagem teve uma duração de 30 horas e 15 minutos e foi efectuada no furo 384/F2. Os furos 384/F1 e 384/F3 foram utilizados como piezómetros (figura 2).

Os dados foram tratados segundo o método de Theis, calculando-se os parâmetros físicos do aquífero. Importa referir o comportamento “anómalo” observado no piezómetro 384/F3, que continuou a rebaixar após a paragem da bomba no furo de extracção.

Os valores dos parâmetros físicos encontrados para cada um dos furos estão apresentados no Quadro 1.

O piezómetro 384/F3 está localizado a 210 metros da captação e sofreu, após as 30 horas e 15 minutos de bombagem, um rebaixamento de 8 cm. Depois de parada a bomba, o nível piezométrico continuou a descer até aos 20 cm. Este comportamento poderá ser explicado partindo do pressuposto que a ele está associado um nível suspenso, que entra em regime de drenância quando se dá o rompimento entre o nível dinâmico regional e este. Assim, com o final da bombagem, o nível no piezómetro continuará a baixar até ao esgotamento dos recursos que lhe estão associados, ou até que se retome o contacto entre os dois níveis.

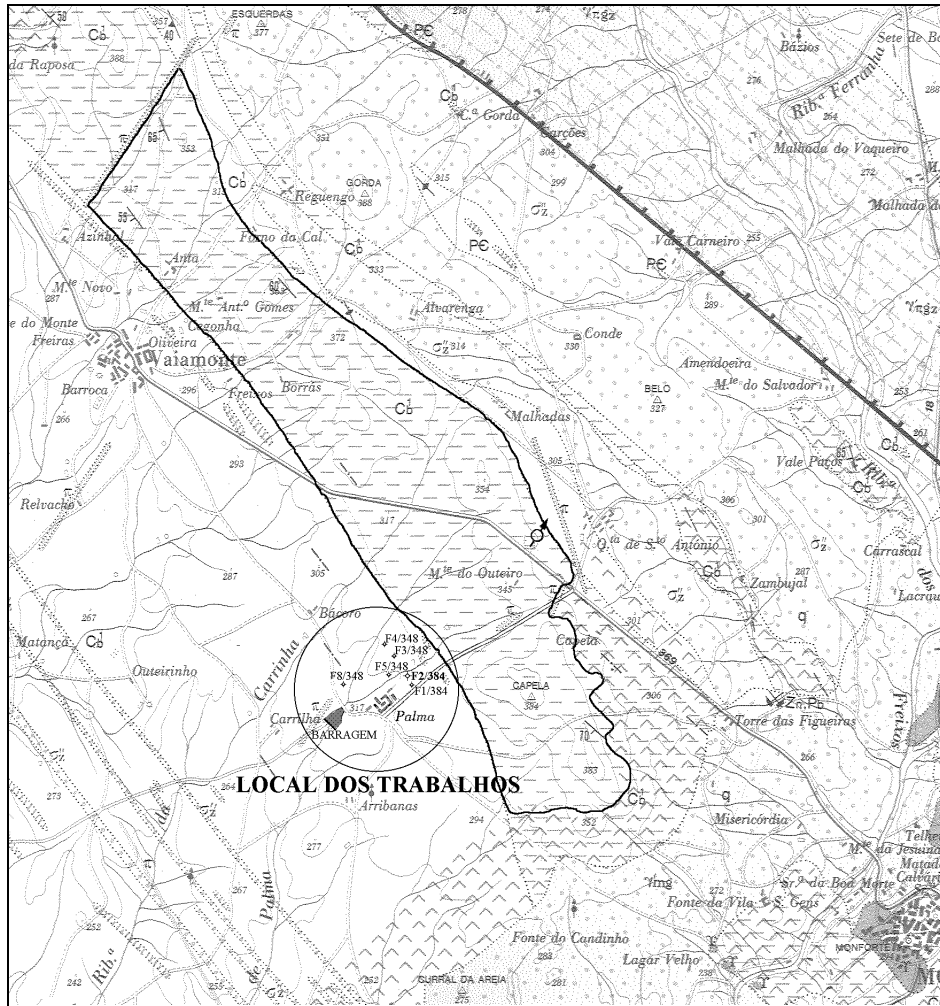


Figura 2 - Local de execução dos ensaios de bombagem e recuperação

Quadro 1

Parâmetros hidráulicos dos piezómetros 384/F1 e 384/F3 e da captação 384/F2 determinados pelo ensaio de bombagem realizado na Herdade de Palma.

Ponto de Água		Transmissividade	Coef. de Armazenamento
384/F1	Piezómetro	176 m ² /dia	2,15x10 ⁻³
384/F3	Piezómetro	257 m ² /dia	2,48x10 ⁻²
384/F2	Captação	133 m ² /dia	---

O valor de coeficiente de armazenamento, calculado relativamente ao piezómetro 384/F1 é excessivamente baixo para um aquífero livre, mas ele pode reflectir algum confinamento pelos níveis mais xistosos, que devem ter sido intersectados nos primeiros metros do furo de bombagem e do piezómetro 384/F1. O valor mais representativo deste parâmetro, na maior parte da aquífero, e em especial na respectiva área de recarga, deve ser significativamente maior, mais próximo do verificado no piezómetro 384/F3. Contudo, só um estudo regional poderá fazer uma estimativa mais aproximada deste parâmetro. Noutras zonas, com rochas carbonatadas do câmbrio, têm sido encontrados valores em geral superiores a 2x10⁻², assim

como valores mais elevados de transmissividade, o que também é habitual neste tipo de aquíferos carbonatados.

A transmissividade está directamente relacionada com a permeabilidade e a espessura do aquífero; assim, encontram-se normalmente nos aquíferos fissurados e, de forma ainda mais acentuada nos meios cársicos, grandes variações, uma vez que são meios muito heterogéneos e, por vezes anisótropos. Além das heterogeneidades que se reflectem nos valores de transmissividade calculados, importa referir que a evolução de níveis observada é característica de um furo situado próximo dos limites do próprio aquífero. Não foi detectada qualquer barreira positiva, susceptível de representar comunicação hidráulica entre o aquífero captado e o sistema a nível regional.

Segundo a cartografia apresentada por F. Gonçalves (1975) a área de recarga do aquífero que estaria a ser afectado pela bombagem de água a partir de 384/F2, seria de 6,6 km² (fig.2), isto no caso de não haverem barreiras geológicas ou simplesmente barreiras hidráulicas a subdividir este aquífero noutros mais pequenos, o que parece ser o caso devido aos resultados obtidos nos ensaios efectuados.

Considerando uma precipitação média anual da região de 600 mm, e admitindo uma taxa de infiltração eficaz de 40% (valor encontrado para rochas do mesmo tipo, em condições de topografia e coberto vegetal semelhantes), chegamos a um volume de recursos totais anuais médios da região de 1,6 hm³.

No cenário apresentado a nível regional, a recuperação de níveis após uma extracção de cerca de 1500 m³ de água seria completa, após a paragem da bomba, se não houvessem outros factores a interferir. As medições de recuperação efectuadas mostram um rebaixamento residual de 1,2 metros. Este facto poderá ser explicado partindo do pressuposto que o aquífero carbonatado, devido à sua heterogeneidade, seja composto por pequenos aquíferos locais independentes à escala temporal da duração da bombagem, mas ligados entre si considerando uma escala temporal sazonal. Há no entanto que ter em conta de que esta opinião se trata por enquanto de uma mera hipótese, sujeita a confirmação futura com a realização de mais ensaios de bombagem.

6.3. Utilização de métodos geofísicos indirectos, VLF - EM.

A Câmara Municipal de Alter do Chão tem demonstrado interesse na construção de uma captação de águas subterrâneas para reforço das já existentes. O INAG, na pessoa do Dr. Pais Quina, elaborou para o efeito um estudo prévio das condições hidrogeológicas do concelho (A. Pais Quina 1997), indicando áreas mais propensas à construção da captação, sugerindo nelas a efectuação de trabalhos de geofísica (figura 3). O IGM foi contactado pela autarquia, e recorrendo a métodos de VLF-EM, está a estudar em detalhe as áreas indicadas.

O método de VLF-EM consiste, resumidamente, na quantificação do desfasamento entre os campos electromagnéticos primário, e secundário, que nos indica zonas de maior probabilidade de existência de heterogeneidades do meio (zonas de maior fracturação, falhas, contactos litológicos, paleorelevos, etc.). O campo electromagnético primário é gerado por emissões de antenas fixas de longo alcance, com frequências conhecidas. O campo

electromagnético secundário é resultante da interferência de discontinuidades existentes no meio rochoso, com a onda primária.

A aparelhagem e metodologia utilizada pelo IGM foi desenvolvida por uma equipa de investigação da Universidade de Neuchâtel, sob a orientação do Prof. Müller, com a qual foi estabelecido um protocolo de cooperação técnica e científica no âmbito do PERHSA. Apresentamos de seguida alguns dos perfis efectuados numa das áreas acima referidas, que exemplificam o tipo de informação capaz de ser obtida por este método.

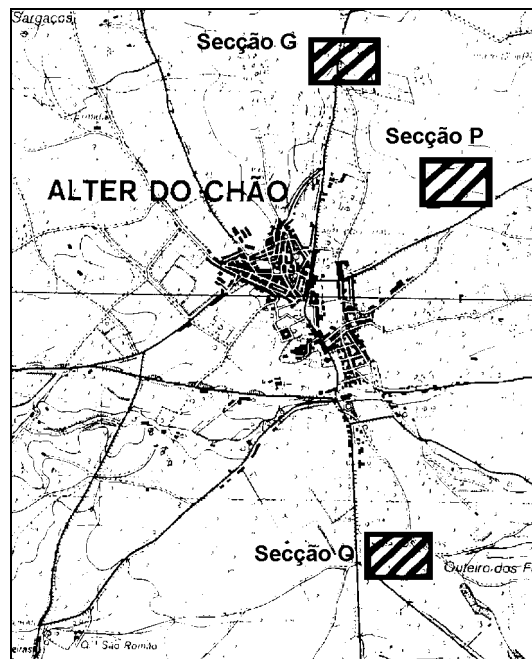


Figura 3 - Esquema de localização das áreas seleccionadas para prospecção geofísica.

A área “G” (fig. 3) corresponde a um pequeno planalto situado na zona de afloramento das formações carbonatadas, cobertas por uma camada de terra rossa pouca espessa (até 1 metro). Foi efectuado um breve levantamento de campo nesta área, tendo sido verificada a presença de um filão subvertical, provavelmente dolerítico, com inclinação para SSW, com direcção N60°W.

Foram efectuados perfis utilizando uma antena manual e uma antena móvel associada a um veículo. Tendo em vista que os resultados obtidos com a utilização da antena móvel se apresentam mais conclusivos, são estes os que passamos de seguida a apresentar.

Na figura 4 estão representados 3 perfis paralelos com cerca de 300 metros de comprimento. O emissor utilizado, designado por GBZ, localiza-se em Oxford (Reino Unido) e transmite na frequência 19,6 kHz.

Os perfis estão representados em forma de gráfico, onde o eixo das abcissas representa a distância em metros e o das ordenadas o desfaseamento entre os valores dos campos magnéticos primário e secundário, em percentagem. Os perfis, como já foi referido, são paralelos. O perfil 14 dista 40 metros do 16 e este último dista 50 metros do n.º 18. O posicionamento dos perfis foi feito com a materialização de referências no terreno.

Analisando conjuntamente os três perfis representados, podemos observar a existência de descontinuidades, com padrões semelhantes, comuns a todos. Uma primeira abordagem interpretativa dos resultados obtidos, pressupõe a existência de duas anomalias correspondentes à presença de filões e por outro lado a existência de zonas de maior fracturação do meio, estas últimas potencialmente favoráveis à realização de sondagens de pesquisa hidrogeológica.

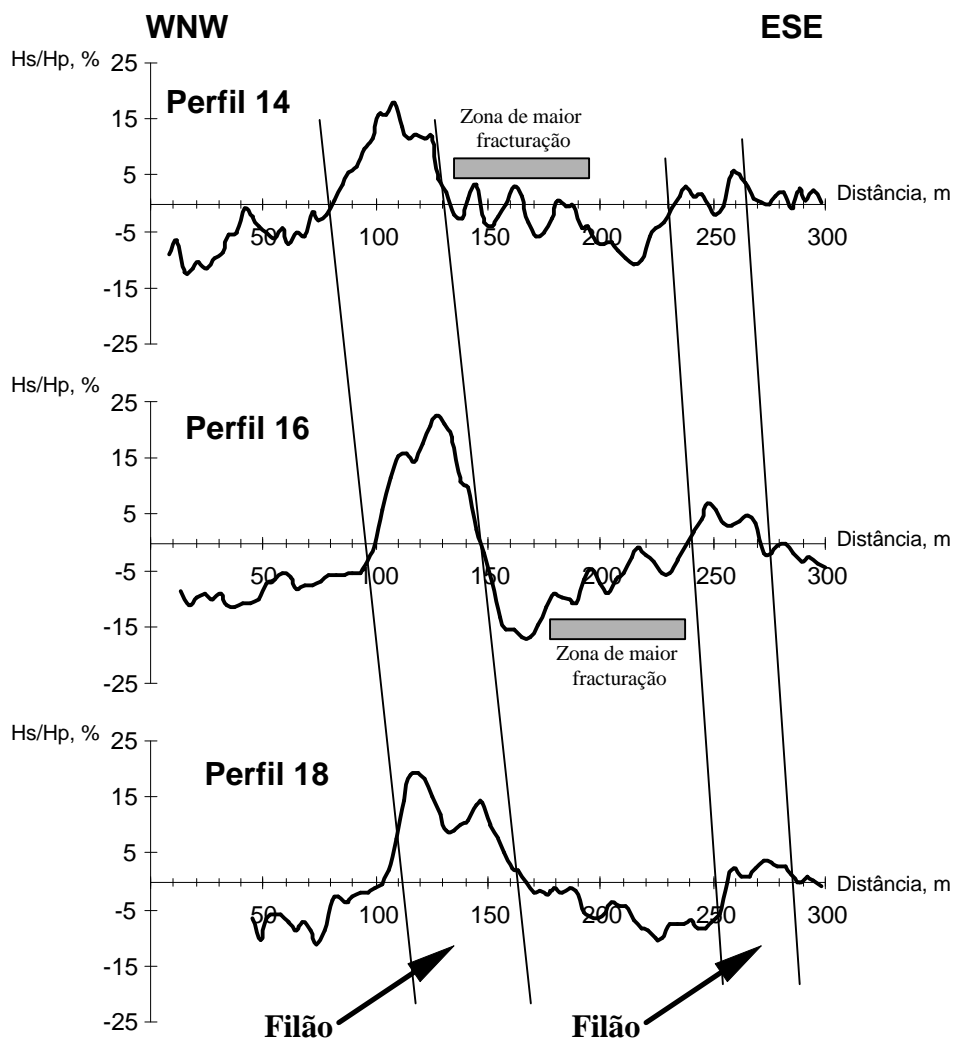


Figura 5 - Gráficos representativos dos perfis de VLF-EM efectuados em Alter do Chão, zona G.

7. TRABALHOS A REALIZAR

Os resultados apresentados referem-se, todavia, ao início dos trabalhos do PERHSA. Está prevista, na sequência daquilo que já foi efectuado, a execução de uma série de outros trabalhos e a continuação de outros já iniciados.

Estão previstas as seguintes acções:

- a) Continuação da colheita de amostras de água para análise química completa, pelo menos duas vezes por ano e consequente optimização da rede de controle de qualidade;
- b) Continuação de colheita de amostras de água da chuva com a finalidade de quantificar a infiltração;
- c) Nivelamento dos pontos utilizados na rede de controle piezométrico;
- d) Medição de caudais em linhas de água;
- e) Alargamento da área de cobertura de perfis VLF;
- f) Execução de sondagens de pesquisa hidrogeológicas com recuperação de testemunhos;
- g) Efectuação de estudos de litologia e fracturação em carotes;
- h) Execução de ensaios de bombagem e diagrfias nas sondagens de pesquisa;
- i) Transformação das sondagens de pesquisa em piezómetros dotados de sistemas automáticos de aquisição de dados;
- j) Execução de ensaios de bombagem em furos particulares;
- k) Instalação de um udómetro acoplado a um *datataker* na área de recarga do aquífero;
- l) Execução de ensaios com traçadores onde se considerar necessário.

8. CONCLUSÕES

Como foi referido, até à data os trabalhos levados a cabo incidiram, fundamentalmente, na recolha de informação e na implantação de redes de controlo. No entanto, de acordo com os resultados até agora obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- a) A área de recarga dos aquíferos ligados às formações carbonatadas é superior à considerada até agora;
- b) As rochas carbonatadas têm um comportamento hidráulico típico dos meios fracturados-cársicos;
- c) As medições do nível piezométrico põem em evidenciam a inexistência de barreiras hidráulicas entre o(s) aquífero(s) associado(s) às rochas carbonatadas e o(s) aquífero(s) associado(s) às rochas gabróicas. Daqui pode-se concluir que estamos perante um sistema aquífero, e que portanto, existe a necessidade de estudar os aquíferos em conjunto.

Partindo do pressuposto referido na alínea c), há que ter em conta uma metodologia de trabalho futura que permita determinar o tipo de ligação existente entre os aquíferos, estudar os processos químicos decorrentes da mistura de águas com géneses diferentes, etc.

Assim, e até ao final do período de vigência do projecto, será possível obter informação suficiente, de forma a conseguir elaborar um modelo conceptual de funcionamento dinâmico e químico do sistema aquífero a 3 dimensões.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do Dr. Eduardo Paralta e do Sr. Arsénio Palhaço na execução dos trabalhos de campo, e a ajuda fundamental prestada pela Dr.^a Ana Buxo na elaboração da parte gráfica e nas sugestões dadas durante a redacção deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atlas Climatológico de Portugal Continental. Lisboa (Portugal), Serviço Meteorológico Nacional, 1974.

BRANDÃO SILVA, J. - “Geodinâmica Ante - Mesozóica do Sector Oeste da Zona de Ossa Morena e Regiões Limítrofes: Síntese com Base em Recentes Observações”. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. A publicar.

CUSTÓDIO, E. ET LLAMAS M.R. - *Hidrologia Subterranea*. Barcelona (Espanha), Ed. Omega, 1996.

DOBRIN, M. - *Introduction to Geophysical Prospecting*. Aukland (EUA), Ed. McGraw Hill, 1976.

Electromagnetisme, Introduction a la “Magneto-Tellurie” Artificielle en domaine de Frequence. Centre d’Hydrogeologie, Universite de Neuchâtel, Neuchâtel, Suíça.

GONÇALVES, F. ET FERNANDES, A. - *Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50 000 e notícia explicativa da folha 32-B (Portalegre)*. Lisboa (Portugal), Serviços Geológicos de Portugal, 1973.

GONÇALVES, F., ZBYSZEWSKI, G. ET COELHO, A. - *Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50 000 e notícia explicativa da folha 32-D (Sousel)*. Lisboa (Portugal), Serviços Geológicos de Portugal, 1975.

MÜLLER, I.; STIEFELHAGEN, W ET ROUFAI, A. - “Réflexions sur les Resultats Obtenues par l’Enregistrement en Continue des Paramètres Geophysiques, Eléctromagnetiques (VLF-EM) et Magnétiques, pour l’Exploration Hydrogéologique des Aquifères Karstiques (Grotte de Milandre, Jura, Suisse)”. Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles, 1995, pp. 109 - 119.

PAIS QUINA, A. - “Abastecimento de Água de Alter do Chão”. Instituto da Água, Relatório Interno, Lisboa, 1997.

PEREIRA, M.F. - “Estudo Tectónico da Megaestrutura de Crato-Arronches-Campomaior: A Faixa Blastomilonítica e o Limite Setentrional da Zona de Ossa Morena com o Autóctone Centro Ibérico (Nordeste Alentejano)”. Tese para a atribuição do título de Mestre em Geologia Dinâmica Interna. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1995.

RAPOSO, J. ET NUNES, A. - *Balanço Hídrico do Continente*. Lisboa (Portugal), Comissão Nacional do Ambiente, 1978.

STEINER, T.; CARVALHO DILL, A.; SZARKA, L. ET MÜLLER, I. (1992) - "Comparative Studies of VLF-R and VLF-EM Geophysical Methods; 1-D and 2-D numerical modelling at the tracer test site Wilerwald (BE, Switzerland)". Bulletin du Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, n°. 11, pp. 97-112.

VILLANUEVA, M. ET IGLESIAS, A. - *Pozos y Acuíferos, Técnicas de Evaluación Mediante Ensayos de Bombeo*. Madrid (Espanha), IGME, 1984.