

Hidrogeologia das Rochas Gabróicas da região de Serpa (sector oriental do Sistema Aquífero dos “Gabros de Beja”)

Eduardo Paralta

Geólogo

Dep. de Hidrogeologia, IGM
2720 Alfragide Codex, Portugal

Augusto M. Costa

Geólogo

Dep. de Hidrogeologia, IGM
2720 Alfragide Codex, Portugal

Resumo

No âmbito do Projecto de Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (1996-1999), o Instituto Geológico e Mineiro tem desenvolvido trabalhos de caracterização hidrogeológica na mancha de rochas gabróicas da região de Serpa, que correspondem ao sector oriental do Sistema Aquífero dos “Gabros de Beja”. Neste âmbito tem-se procedido à caracterização hidrogeoquímica, monitorização da contaminação por nitratos, avaliação da produtividade/rendimento das captações, pesquisas geofísicas e sondagens mecânicas. O objectivo dos trabalhos é determinar aspectos geoestruturais particulares do complexo gabro-diorítico, susceptíveis de garantir um abastecimento compatível com as necessidades locais, em termos de quantidade e qualidade.

Palavras-chave

Rochas gabróicas, Aquífero, Hidrogeoquímica, Geofísica

1. Introdução

No âmbito do Projecto de Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA), coordenado e financiado pela CCR Alentejo (1996-1999), várias entidades, como sejam o Instituto da Água, a Univ. de Évora, a DRARN Alentejo e o Instituto Geológico e Mineiro estão a realizar estudos de avaliação das potencialidades aquíferas e caracterização hidroquímica da região.

Conhecer os recursos hídricos subterrâneos do Alentejo é uma prioridade vital, uma vez que constituem um factor estruturante do desenvolvimento regional, quer ao nível da agricultura quer do abastecimento público. Dos 46 concelhos alentejanos, 28 são abastecidos exclusivamente por águas subterrâneas, 16 por origens mistas e apenas 1 recorre unicamente a águas de origem superficial (concelho de Barrancos).

Em termos climáticos, a região alentejana sofre ciclicamente períodos mais ou menos prolongados de seca, com reflexos importantes sobre a economia regional, que nos casos mais graves acentuam a tendência para a desertificação humana da região.

O Departamento de Hidrogeologia do IGM tem desenvolvido trabalhos de caracterização hidrogeológica no âmbito do projecto ERHSA nos aquíferos carbonatados de Moura-Ficalho (e subsidiários), Estremoz e Monforte-Alter-do-Chão e no aquífero dos “Gabros de Beja” na região de Beja e Serpa.

Um contributo importante para a caracterização hidrogeológica geral do aquífero dos “Gabros de Beja” (s.l.) foi dado por Pais Quina (1983) e Jorge Duque (1997).

Esta comunicação apresenta os resultados, embora preliminares, dos estudos realizados na mancha de rochas gabróicas (gabros e dioritos) da região de Serpa, que correspondem ao sector oriental do aquífero dos “Gabros de Beja”.

Os objectivos específicos subjacentes a este estudo são:

- Avaliar as potencialidades hídricas da mancha gabróica, numa perspectiva de quantificação dos recursos disponíveis;
- Definir locais potencialmente favoráveis à pesquisa e captação de águas subterrâneas, para eventual reforço das captações públicas em épocas de estio prolongado;
- Caracterização da qualidade da água para consumo humano e uso agrícola e monitorização periódica da evolução do teor em nitratos.

Os trabalhos de campo nesta área iniciaram-se em finais de Maio de 1997. A consulta dos registos em arquivo de várias entidades e as acções de campo permitiram identificar até à data 132 pontos de água na área de estudo e zonas limítrofes (Tabela 1).

Tabela 1 - Inventário hidrogeológico.

FUROS	POÇOS	NASCENTES	SONDAGENS *	TOTAL
54	42	22	14	132

* Furo seco

2. Enquadramento Geológico

A área de estudo insere-se no sector oriental de uma vasta região (350 km²), situada entre Ferreira do Alentejo (W), Beja e Serpa (E), onde predominam rochas básicas. Geologicamente, a área de estudo é constituída por rochas de composição gabro-diorítica (Complexo diorítico de Serpa-Brinches), numa área aproximada de 60 km², que por vezes metamorfizam os calcários cristalinos do câmbrio (Fig. 1), dando origem a estreitas orlas de metamorfismo de contacto, localmente com pirite e calcopirite (Oliveira, 1980).

O suporte geológico do Aquífero dos “Gabros de Beja” na margem esquerda do Rio Guadiana é constituído por gabros mais ou menos biotíticos e anortosíticos e dioritos alterados. Estas formações estão limitadas a norte pela falha de Beja-Valdelarco e a sul pelo cavalgamento de Ferreira-Ficalho, que constitui a transição para a Zona Sul Portuguesa. O limite oriental é constituído pelo contacto com os mármore metamórficos do antiformal (?) de Serpa e o limite ocidental é constituído pelo Rio Guadiana que funciona como zona de descarga da área aquífera em estudo.

A sudoeste da povoação de Brinches ocorrem metabasaltos e dioritos, limitados a norte e a sul por sistemas de falhas associadas à falha de Beja-Valdelarco. Este sector de rochas básicas tem comportamento hidráulico idêntico ao dos gabros que constituem o aquífero propriamente dito e apresenta características hidroquímicas semelhantes (Fig. 1).

3. Hidrogeoquímica

A fácies hidroquímica predominante é bicarbonatada calco-magnésiana, segundo a classificação de Piper. Em geral são águas bastante mineralizadas, medianamente duras e de reacção ligeiramente alcalina. A condutividade eléctrica (C.E.) oscila entre 300 e 1000 uS/cm, reduzindo-se significativamente após os episódios de precipitação.

Para a caracterização química das águas das formações gabro-dioríticas na margem esquerda do rio Guadiana, realizaram-se várias campanhas de campo entre Maio de 1997 e Novembro de 1998, num total de cerca de 30 pontos de água para análise físico-química. A Tabela 1 apresenta os principais estatísticos de 12 amostras colhidas em Outubro de 1997.

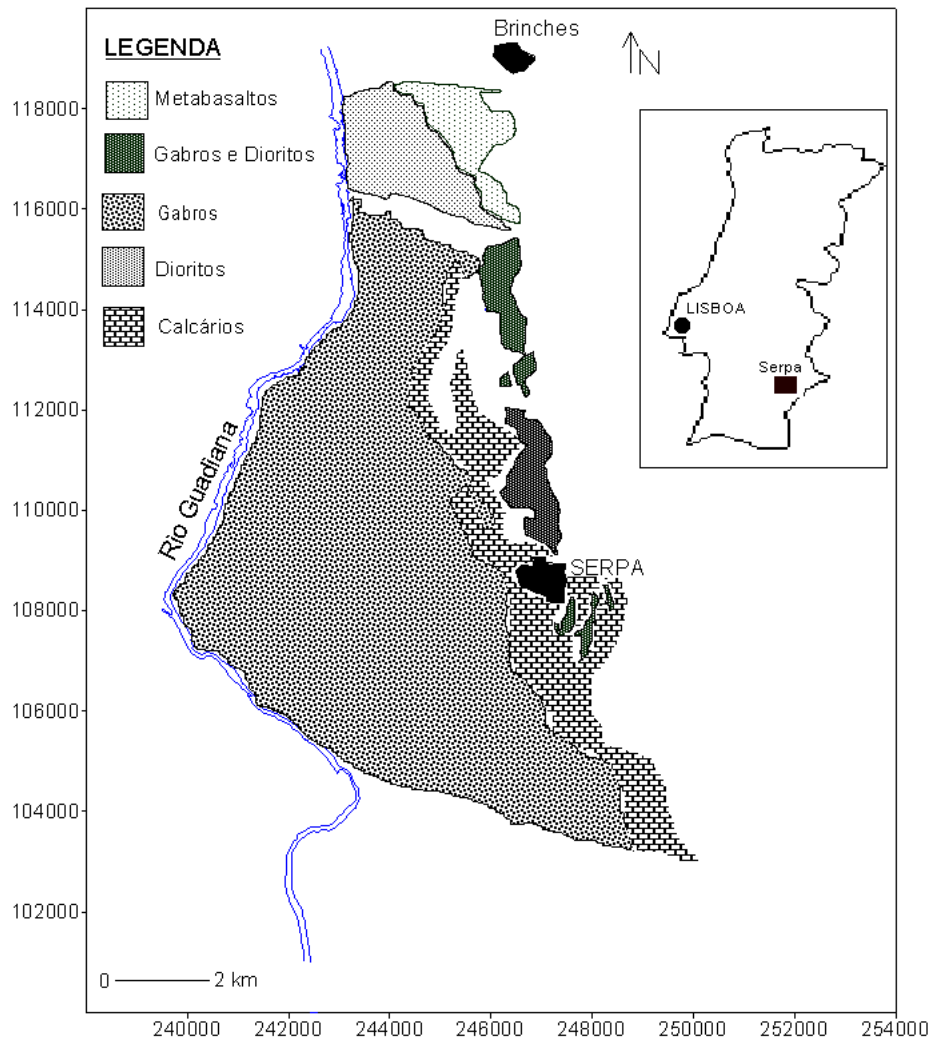


Figura 1 - Mapa geológico esquemático das formações gabro-dioríticas de Serpa e domínios envolventes (sector oriental do aquífero dos “Gabros de Beja”).

Tabela 2 - Estatísticos das análises efectuadas em Outubro de 1997.

Parâmetros	Min	Max	Media	Desv Pad.	Coef. Var	Var%	Amostras
pH	7.4	8.0	7.68	0.16	2.06	7.0	12
Cond	379.0	1010.0	741.33	154.88	20.89	62.0	12
TDS	260.0	623.0	459.46	119.31	25.97	58.0	12
DT	151.0	396.0	316.25	61.12	19.35	62.0	12
AlcT	129.0	350.0	271.83	56.93	20.94	63.0	12
K	0.1	2.8	0.87	0.80	92.61	96.0	12
Mg	14.8	47.3	34.68	8.09	23.32	69.0	12
Ca	44.5	99.5	82.11	14.69	17.90	55.0	12
Na	15.0	53.3	30.38	13.13	43.21	72.0	12
Cl	18.0	92.0	36.09	23.33	64.63	80.0	11
SO4	21.0	69.0	46.45	12.53	26.96	70.0	11
HCO3	157.0	427.0	331.67	69.56	20.97	63.0	12
SiO2	15.0	40.0	30.56	6.90	22.58	62.0	12
NO3	17.7	103.0	51.60	23.48	45.51	83.0	12

Os resultados obtidos confirmam que a fácies hidroquímica predominante é bicarbonatada calco-magnésiana, segundo a classificação de Piper (Figura 2).

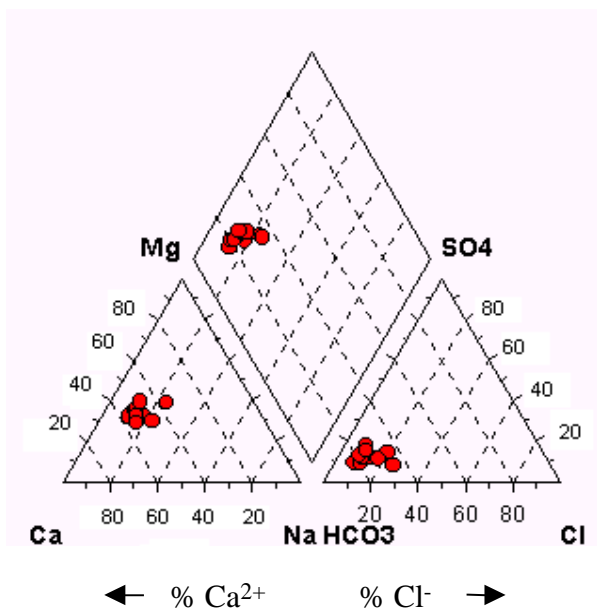


Figura 2 - Diagrama de Piper para as águas dos gabro-dioritos de Serpa.

A figura 3 apresenta a distribuição espacial dos diagrama de Stiff e da dureza total na área estudada.

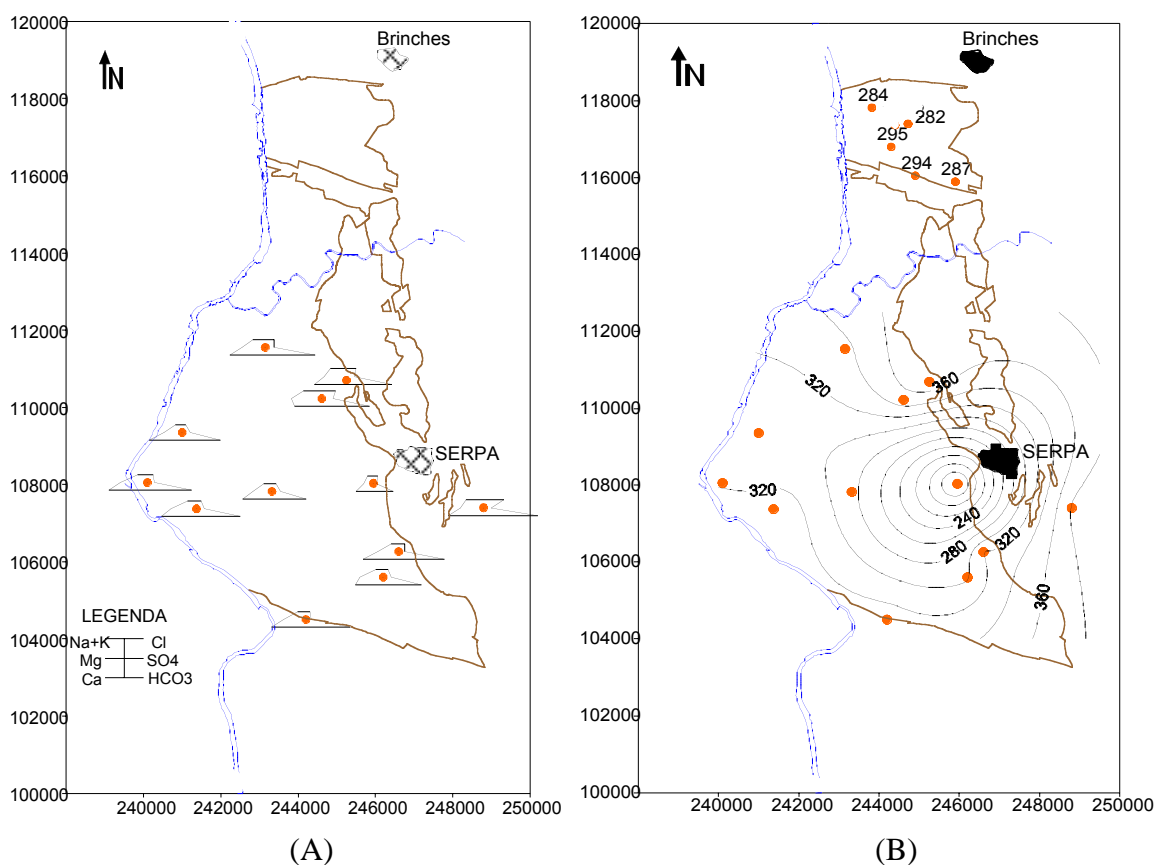


Figura 3 - Distribuição dos diagramas de Stiff (A) e isovalores de dureza (B) em mg/l de CaCO_3 medidos em Outubro de 1997. No sector de Brinches os valores pontuais referem-se a medições em Maio de 1997.

Todas as análises revelam sobresaturação relativamente à calcite, dolomite, aragonite e quartzo e subsaturação em relação ao gesso e à anidrite. São portanto águas com características incrustantes face às tubagens e canalizações. Segundo a classificação SAR (1953) a aptidão para uso agrícola corresponde às classes C_2S_1 e C_3S_1 . Três colheitas próximo do contacto com os mármore metamórficos incluem-se na classe C_3S_2 .

A distribuição espacial dos teores em nitrato na água subterrânea, representada em cartas temáticas, varia sazonalmente, com as épocas de adubação e com os períodos de precipitação (Paralta, 1998). Em muitos dos pontos amostrados em Outubro de 1997 e Setembro de 1998 os registos estão acima do valor máximo admissível de 50 mg/l (Fig. 4)

A degradação da qualidade da água subterrânea, resultante da contaminação difusa por nitratos, tem origem no excedente de nitrogénio (N) aplicado na agricultura, sob a forma de NO_3^- , NH_4^+ e Ureia usados nos fertilizantes, que não é absorvido durante o ciclo vegetativo, acabando por ser transportado para a zona saturada e disseminado por extensas áreas.

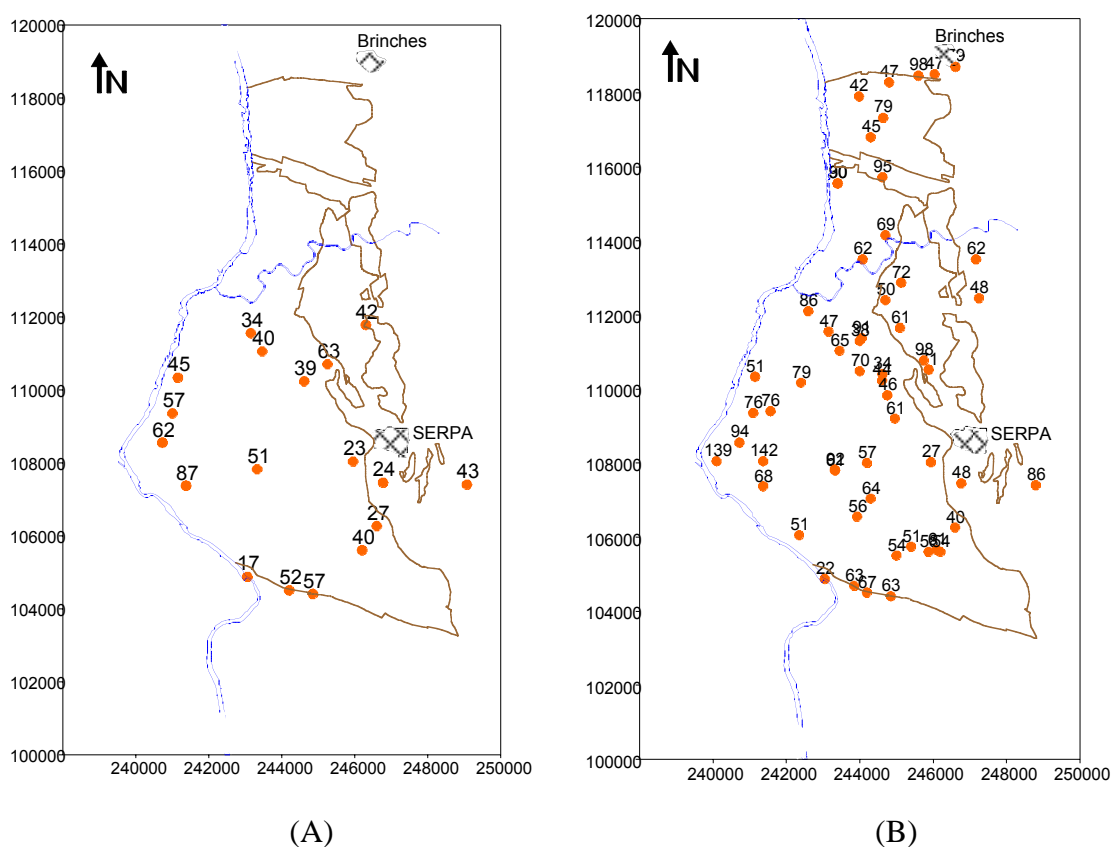


Figura 4 - Distribuição do teor em nitratos (parâmetros de campo em mg/l), medidos em Outubro de 1997 (A) e Setembro de 1998 (B).

Relativamente ao doseamento dos teores em elementos metálicos foram realizadas 9 colheitas na área dos gabro-dioritos, em Novembro de 1998, cujos resultados médios se apresentam (Tabela 3).

Os valores obtidos são inferiores aos máximos admissíveis, à excepção do Manganês que excede pontualmente os limites homologados no Dec.-Lei 236/98.

Tabela 3 - Valores extremos e médios dos teores em metais.

Parâmetros	Fe	Ni	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Al
Min	10	0	0	<0.65*	<2.15*	<1.29*	60	26.24
Max	100	<1.55*	<0.55*	14.36	61.91	43.41	490	64.28
Mediana	20	\	\	4.52	17.13	1.40	220	41.16

* l.d. - limite de detecção; - teores em ug/l

4. Recursos Hídricos

O sistema aquífero dos “Gabros de Beja”, que assenta nas formações gabro-dioríticas que se estendem entre Ferreira-do-Alentejo, Beja e Serpa, constituiu desde sempre um importante suporte ao abastecimento público destas povoações.

Em termos hidrogeológicos a área de estudo apresenta um comportamento de aquífero livre com circulação em meio poroso, constituído pelas formações alteradas. A camada de alteração comporta-se como um reservatório que alimenta as diaclases subjacentes, características de meio fissurado, que serão objecto de pesquisa hidrogeológica. A espessura de alteração varia localmente, podendo atingir até 30 metros de espessura. (Pais Quina, 1983).

Actualmente, o aumento das necessidades de consumo, a diminuição da produtividade das captações devido a deficiências de concepção, envelhecimento e incrustações, agravadas por períodos cíclicos de seca conduziram à construção das albufeiras do Rôxo, em Beja (1984) e do Enxoé, em Serpa (1998), que constituem actualmente as principais origens do abastecimento às referidas sedes de concelho, embora no caso de Serpa o sistema não esteja ainda completamente funcional.

Os dados obtidos durante as medições de campo, indicam um gradiente hidráulico sucessivamente decrescente para ocidente. O aquífero tem portanto um comportamento influente, com descarga para o rio Guadiana, que funciona como nível de base local à cota de 50 metros ou seja apresenta características hidráulicas de fronteira a potencial constante (Figura 5).

Os dados disponíveis para a área de Serpa-Brinches apontam para cerca de 40 sondagens (confirmadas) realizadas entre 1972 e 1995 para a Câmara Municipal de Serpa, em diferentes formações geológicas, com uma taxa de insucessos de 30%.

Na formação dos gabro-dioritos estão confirmados cerca de 20 sondagens para a autarquia, com profundidades médias inferiores a 50 metros, das quais 50% aproveitadas para abastecimento público. Nesta formação os caudais obtidos oscilam entre 1 e 10 l/s, embora na maioria dos casos a produtividade seja inferior a 3 l/s. O rendimento das captações expresso pelo caudal específico é baixo, em média 0.5 l/s/m. Os valores de transmissividade calculados pelo método de Logan apontam para valores entre 5 e 190 m²/d.

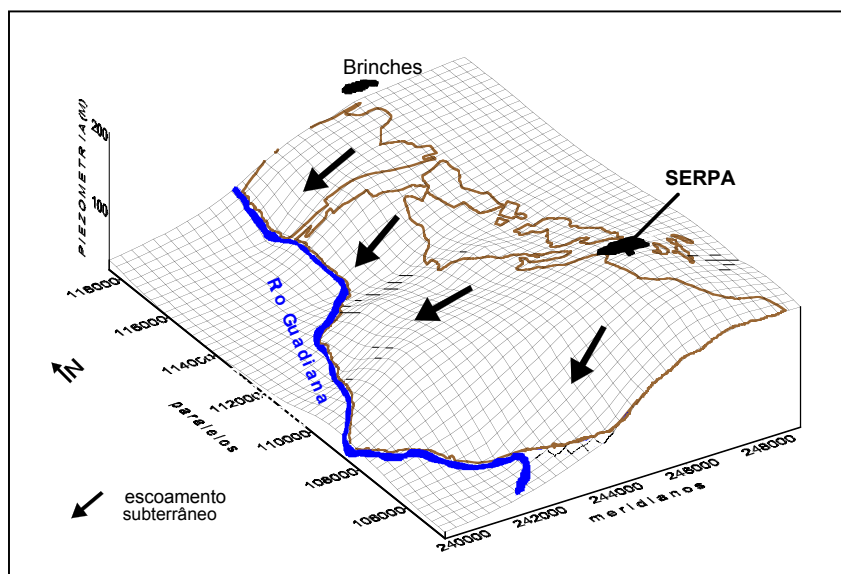


Figura 5 - Superfície piezométrica dos gabro-dioritos da margem esquerda do Rio Guadiana, a partir de medições em 52 pontos de água em 25 de Setembro de 1998.

Este sistema aquífero, apresenta-se muito heterogéneo, podendo fornecer bons caudais a par de pesquisas praticamente secas. Normalmente as permeabilidades são baixas e a capacidade de armazenamento reduzida, o que, associado ao fraco índice pluviométrico (em média 500 mm/ano) compromete o volume de recursos disponíveis em épocas de estio prolongado.

À semelhança do que se conhece noutras zonas do aquífero dos “Gabros de Beja” a aptidão hidrogeológica é muito variável. As zonas mais produtivas estão associadas a locais estruturalmente favoráveis como falhas, fracturas e diaclasamentos não preenchidos, contactos litológicos e filões (Paralta, 1997).

Com o objectivo de identificar zonas potencialmente produtivas foram realizadas várias campanhas de geofísica electromagnética de baixa frequência (VLF/EM), sondagens mecânicas e diversos tipos de diagrfias em furos não revestidos.

5. Trabalhos Desenvolvidos

5.1. Geofísica electromagnética

A utilização do VLF/EM na detecção de estruturas ocultas sob o manto de alteração tem conduzido a resultados interessantes, uma vez que as sondagens confirmam que os locais assinalados correspondem a zonas fracturadas.

Foram realizados até à data cerca de 5 km de perfis VLF/EM em zonas suspeitas de ocorrerem estruturas do tipo falha.

Os levantamentos geofísicos sistemáticos realizados pelo IGM na área de Serpa, no âmbito deste Projecto, serão objecto de uma comunicação especial a apresentar oportunamente.

A figura 6 indica a variação da *Outphase* (canal 5) e da *Inphase* (canal 6) ao longo de perfil SW - NE com uma extensão de 600 metros a SW de Serpa, utilizando o emissor americano NAA de 24.00 KHz. A profundidade de investigação (*P*) atingida por este método depende da natureza do material, expressa pela resistividade aparente (ρ) e da frequência do emissor (*f*), segundo a expressão:

$$P = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

Para a frequência de 24 kHz (24000 Hz) e ρ entre 10 e 100 ohm.m obtêm-se uma profundidade de investigação na ordem dos 30 m.

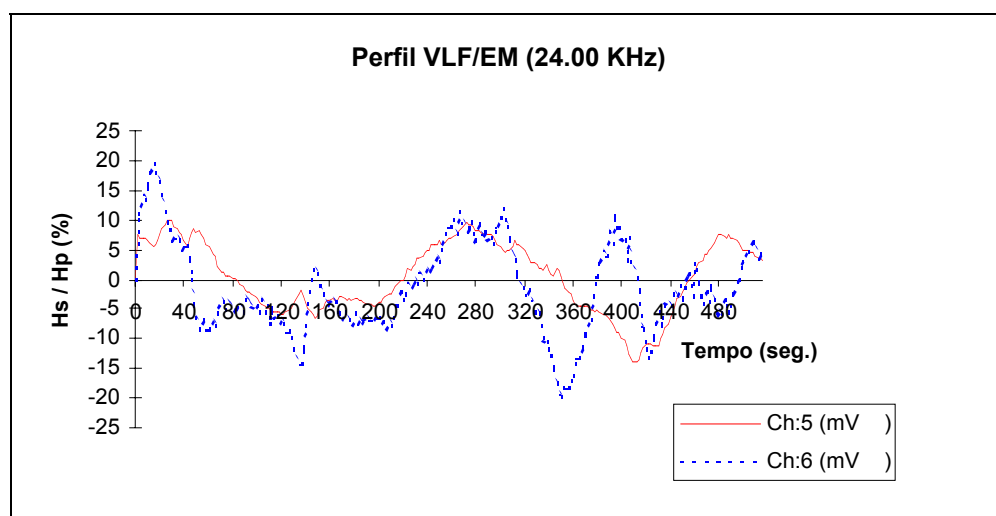


Figura 6 - Perfil de VLF/ EM realizado a SW de Serpa numa extensão de 600 metros.

5.2. Sondagens

No sentido de caracterizar da melhor forma o complexo gabro-diorítico em estudo e as suas relações hidráulicas com as formações geológicas vizinhas, nomeadamente com os calcários câmbrios que constituem o limite oriental do sistema, estabeleceu-se um programa de sondagens, do qual foram concluídas 3, com as seguintes características:

	<u>Prof. (m)</u>	<u>Formações Atravessadas</u>	<u>Observ.</u>
- SDH 2 Monte Peixoto	72.5	calcários / gabros	contacto litológico
- SDH 3 Monte da Lobata	63.5	gabros	fracturas
- SDH 5 Monte Peixoto	49	calcários hidrotermais	falha

Nas sondagens realizadas segue-se a seguinte metodologia de trabalho no sentido de obter o máximo de informação geológica e hidrogeológica:

- Recolha e análise dos detritos da furação
- Ensaios de caudal (Air-Lift)
- Ensaios de recuperação

- Diagrafias eléctricas, nuclares, de fluxo, de temperatura etc.
- Conversão em piezómetro (a equipar posteriormente com sondas automáticas)

5.3. Diagrafias

A utilização de Diagrafias em sondagens pormenoriza e quantifica o comportamento eléctrico das formações atravessadas permitindo desta forma obter uma assinatura geofísica das formações estudadas, com aplicação na determinação de zonas produtivas e de fluxos indicadores de níveis aquíferos de diferentes potenciais.

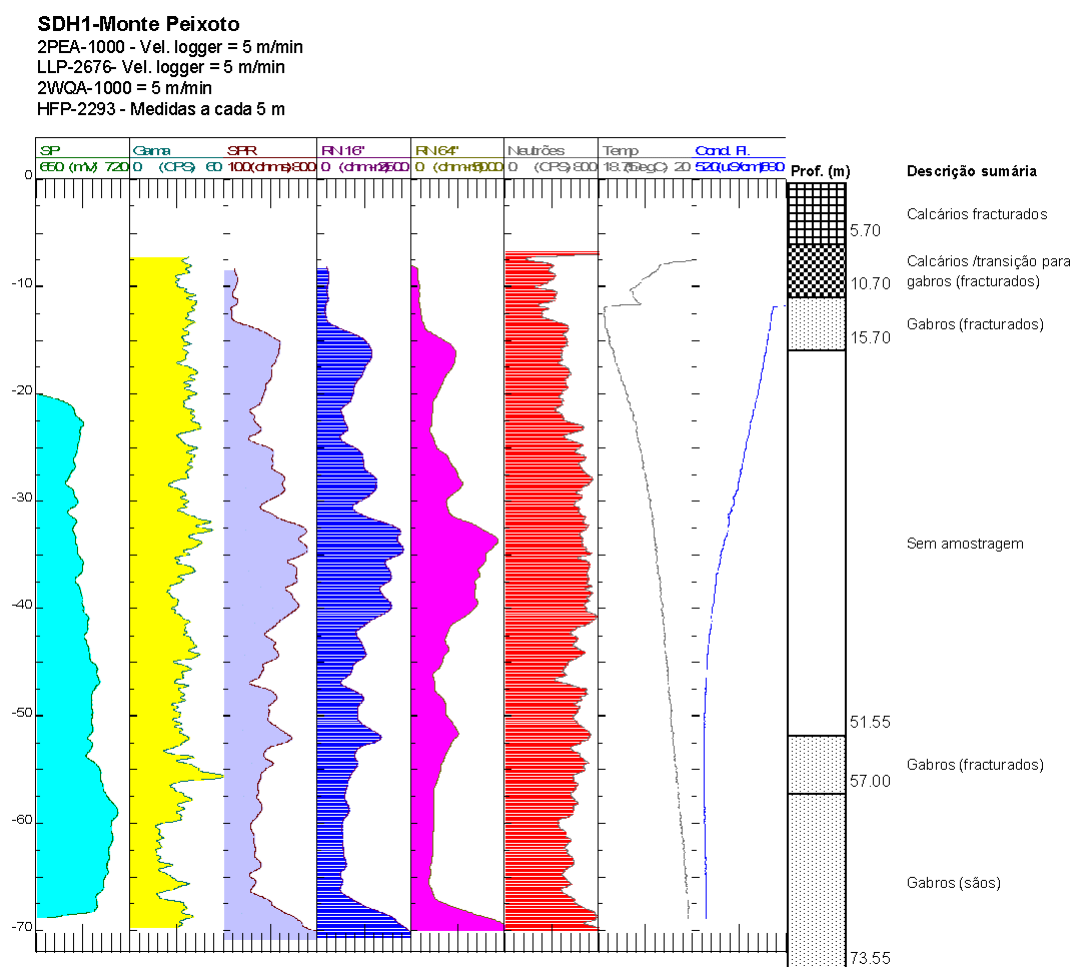


Figura 7 - Diagrafias na sondagem SDH2 - Monte Peixoto.

A figura 7 apresenta as diagrafias efectuadas na Sondagem SDH 2 que se localiza no contacto entre os calcários metamórficos (mármoreos ?) de Serpa e os gabros. O objectivo desta sondagem foi construir e equipar um piezómetro para monitorização das condições de fronteira da área em estudo, de forma a elaborar um modelo conceptual consistente do funcionamento hidráulico deste sector do aquífero.

6. Conclusões

Os trabalhos desenvolvidos permitiram caracterizar preliminarmente a situação actual dos recursos hídricos subterrâneos do complexo gabro-diorítico de Serpa-Brinches, em termos de qualidade e quantidade. A avaliação das condições de exploração das captações públicas evidenciam perdas de carga importantes devido ao seu envelhecimento, deficiente concepção e reduzido diâmetro de entubamento.

Os recursos hídricos subterrâneos do complexo gabro-diorítico em conjunto com as captações instaladas nos calcários câmbricos e nas formações quatzo-feldspáticas dos arredores de Serpa são normalmente suficientes para as necessidades de consumo locais, à excepção de períodos anormalmente prolongados de seca.

Para obviar às previsíveis situações de carência foram realizadas campanhas geofísicas sistemáticas com o objectivo de detectar estruturas geológicas potencialmente produtivas, tendo sido já identificados vários locais associados a zonas de cisalhamento de orientação SE-NW, correspondentes a estruturas do tipo falha com preenchimento de carbonatos hidrotermais, que apresentam produtividades acima da média.

A integração de toda a informação geológica e hidrogeológica num modelo conceptual e matemático aplicado à especificidade local poderá constituir um instrumento fundamental de gestão e preservação dos recursos hídricos subterrâneos, numa perspectiva de desenvolvimento sustentado.

Agradecimentos

Os trabalhos desenvolvidos, numa abordagem multidisciplinar, contaram com a colaboração da Divisão de Sondagens do IGM, na pessoa do Eng. Silva Lopes e restante equipa, da Divisão de Geofísica, na pessoa da Dr^a Elsa Ramalho, responsável pelas diagrfias e do Dr. Vítor Oliveira da delegação de Beja.

Bibliografia

- [1] Costa, F. Esteves et al., (1983), Carta hidrogeológica do sul de Portugal, escala 1:200000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- [2] Costa, A.M. (1995), Aquíferos e furos de captação de abastecimento de água do concelho de Serpa – Reforço de caudais e monitorização de extracções. Proposta de Projecto, documento interno. IGM. Lisboa
- [3] Custódio, E., Llamas, M.R. (1996), Hidrologia subterrânea, 2^a edição, Tomo I e II, Ediciones Omega, Barcelona.

- [4] CCR Alentejo (1997), Alentejo, Análise Regional. Boletim da CCR Alentejo, Publicação semestral nº 16, pp. 38-41.
- [5] Duque, J.M. (1997), Caracterização hidrogeológica e modelação matemática do aquífero dos Gabros de Beja. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, 210 p.
- [6] Fonseca, P. (1995), Estudo da Sutura Varisca no SW Ibérico nas regiões de Serpa-Beja-Torrão, Alvito-Viana do Alentejo. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 325 p.
- [7] IGM (1998), Relatório de Progresso nº 5 – Projecto de Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo. Lisboa
- [8] IGM (1998), Relatório de Progresso nº 7 – Projecto de Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo. Lisboa
- [9] Oliveira, V. (1980), Nota prévia sobre a ocorrência de précâmbrico na região de Serpa (Baixo Alentejo). Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, vol. XXII, pp 111-113.
- [10] Paralta, E. (1997), Caracterização hidrogeológica da bacia da ribeira da Chaminé (aquífero dos Gabros de Beja) – resultados preliminares. Seminário sobre “Águas Subterrâneas”, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Lisboa.
- [11] Paralta, E. & Ribeiro, L. (1998), Estudo geoestatístico da contaminação por nitratos na área da Rib^a da Chaminé – resultados preliminares. V Congresso Nacional de Geologia, vol. 2, pp. 57-60. Lisboa.
- [12] Quina, P. (1983), Pesquisas e captações em gabro-dioritos. Seminário sobre Hidrogeologia de rochas compactas fissuradas, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa.
- [13] 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, nº. 11, Neuchâtel, Suíça.