

**Carvalho, S., Midões, C., Duarte, P., Orlando, M.,  
Quina, A. P., Duarte, R. S., Cupeto, C., Almeida,  
C., Silva, M. O. (1998)**

**Sistemas Aquíferos de Estremoz-Cano e Elvas-Vila  
Boim - Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos  
do Alentejo**

4º Congresso da Água, Actas, CD, 16 p.

# **SISTEMAS AQUÍFEROS DE ESTREMOZ-CANO E ELVAS-VILA BOIM - ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO -**

**Sandra CARVALHO <sup>(1)</sup>; Carla MIDÕES <sup>(2)</sup>; Pedro DUARTE <sup>(1)</sup>; Marco ORLANDO <sup>(1)</sup>;  
Alberto PAIS QUINA <sup>(3)</sup>; Raúl SIMÕES DUARTE <sup>(3)</sup>;  
Carlos CUPETO <sup>(3)</sup>; Carlos ALMEIDA <sup>(1)</sup>; Manuel OLIVEIRA DA SILVA <sup>(1)</sup>**

## **RESUMO**

Passados alguns meses após o início do Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA) é possível, desde já, apresentar alguns dados que são particularmente relevantes.

No que diz respeito ao sistema aquífero de Estremoz-Cano, os ensaios de caudal realizados confirmam a grande heterogeneidade do meio. Diferenças significativas são igualmente notadas entre os dois aquíferos presentes: o poroso livre de Cano e o fissurado carbonatado de Estremoz como, aliás, era de esperar.

De 1991 para 1997 verificou-se que não houve oscilações significativas do perfil químico da água. Por outro lado, a análise dos efluentes da indústria das pedras naturais, não mostra valores preocupantes, por enquanto.

No sistema aquífero de Elvas-Vila Boim, ainda não existem dados actuais relativos à hidrodinâmica, uma vez que os ensaios de caudal previstos vão ocorrer durante este semestre, no âmbito do ERHSA, para esta zona.

Entre 1989 e 1997 não se verificaram variações significativas a nível hidroquímico, à excepção da concentração em nitratos que, ao contrário do que seria de esperar, decresceu, de modo geral, em todo o sistema aquífero, embora pontualmente se possa admitir algum aumento.

**Palavras Chave:** Hidrodinâmica, Hidroquímica, Fontes Poluentes.

---

<sup>(1)</sup> Centro de Geologia da Universidade de Lisboa

<sup>(2)</sup> Mestranda em Geologia Aplicada da Universidade de Lisboa

<sup>(3)</sup> Instituto da Água

## 1- INTRODUÇÃO

A formalização do Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA), por iniciativa da Comissão de Coordenação da Região Alentejo (CCRA), assumiu a forma de protocolo assinado entre a própria CCRA, o Instituto da Água (INAG), a Direcção Regional do Ambiente do Alentejo (DRA-A), o Instituto Geológico e Mineiro (IGM) e a Universidade de Évora (UEv).

Ao INAG, para além das competências que lhe estão consignadas na lei, cabe o estudo do Sistema Aquífero Estremoz-Cano e Elvas-Vila Boim. Embora a natureza litológica das formações seja semelhante, bem como a sua idade, a importância dos dois sistemas é substancialmente diferente. O Sistema Aquífero de Elvas-Vila Boim apenas abastece particulares e algumas pequenas freguesias, enquanto que o fissurado carbonatado do Sistema Estremoz-Cano abastece 5 concelhos (Sousel, Estremoz, Borba, Vila Viçosa e Alandroal) e uma indústria com importância significativa para a região (Pedras Naturais), para além de outras utilizações particulares.

Apesar da vulnerabilidade do meio, têm ocorrido poucos problemas graves de disponibilidade e de qualidade\*. De qualquer forma, é urgente a implementação de um plano de controlo e gestão dos Sistemas Aquíferos. No caso particular de Estremoz-Cano, este plano revela-se muito importante, pois é de prever que os rebaixamentos, devidos à progressão da lavra, sejam cada vez mais significativos, bem como os impactos que se traduzem em risco de degradação da qualidade.

Após um ano de trabalhos, o ERHSA começa a apresentar os primeiros resultados. Os dados hidrogeológicos adquiridos, em termos de hidrodinâmica e de hidroquímica, permitem traçar algumas conclusões e até mesmo delinear algumas áreas onde a intervenção das entidades gestoras do território se revela de extrema importância. Controlar e limitar determinadas actividades, implementar outras e restringir o uso do território em função da maximização do binómio qualidade/quantidade, constituem algumas das intervenções a adoptar, como se tem vindo a insistir desde há muito.

É nesse sentido que se espera que o ERHSA, ao ser articulado com os planos de ordenamento, se apresente como instrumento fundamental para uma possível futura implementação de um Plano Director da Água, para o sistema aquífero Estremoz-Cano que inclui, como se sabe, a designada, e importante, zona dos mármore. Para o mesmo contribuirão também os Planos de Bacia Hidrográfica e o Plano Nacional da Água.

## 2- ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

### 2.1- Sistema Aquífero Estremoz-Cano

A formação carbonatada Estremoz-Cano, com uma área de 186,8 km<sup>2</sup>, apresenta uma forma alongada que se estende segundo a direcção NW-SE ao longo de cerca de 50 km, com uma largura máxima de 7 km. A mancha definida pelos calcários lacustres de Cano, por si só, e segundo o mesmo alinhamento, apresenta cerca de 10 km de comprimento, e 6 km de largura máxima (figura 1).

Estas formações abrangem as cartas topográficas, à escala 1/25.000, dos Serviços Cartográficos do Exército, nº 396, 397, 411, 412, 425, 426 e 440, encontrando-se compreendida entre os pontos georeferenciados pelas coordenadas Gauss: M= 217.00; P=227.00 e, M= 271.00; P=190.00.

---

\* Em 1971, por exemplo, ocorreu um grave problema no abastecimento a Vila Viçosa, quando se provocou o rebaixamento do nível da água numa das pedreiras, originando a desactivação, por improdutividade, de alguns furos.



Figura 1-Localização das áreas em estudo

Geologicamente estamos em presença de uma série essencialmente carbonatada com estrutura geral em anticlinal, onde o núcleo e as rochas encaixantes, de natureza xistenta, têm comportamento menos permeável. Ao anticlinal de Estremoz corresponde, em parte, a designada zona dos mármore (ZM), com grande interesse e importância económica.

Pela natureza das rochas em causa, ocorre um importante sistema aquífero (Estremoz-Cano), de grande significado regional. A NW do anticlinal surge uma extensa aplanagem de natureza carbonatada com petrografia, génese e estratigrafia completamente distintas, que corresponde aos calcários lacustres de Cano.

Este sistema aquífero é a origem de água para abastecimento público e para as restantes actividades (agrícola, pecuária e essencialmente a industrial, associada às pedras naturais).

## 2.2- Sistema Aquífero Elvas-Vila Boim

O sistema aquífero da zona de Elvas corresponde à formação carbonatada ali existente (fácies calcária e dolomítica) contudo, e mediante o reconhecimento de campo, parece que a mancha gabróica contígua à referida formação, apresenta um potencial hidrogeológico a considerar.

Os calcários cristalinos aflorantes nesta região, apresentam uma área aproximada de 132,5 km<sup>2</sup>, e abrangem as cartas topográficas, dos Serviços Cartográficos do Exército, nº 413, 414, 427, 428, 399, encontrando-se compreendidos entre os pontos georeferenciados pelas coordenadas Gauss: M= 270.00; P= 223.00 (a NW), e M= 291.00; P=204.00 (a SE). A litologia não difere, de forma significativa, da formação de Estremoz, embora a zona de Elvas apresente uma representatividade mais significativa de rochas ígneas associadas. A dolomitização generalizada, o metamorfismo de contacto, o dobramento e a fracturação são os factores responsáveis pelo fraco interesse económico dos mármore da região (GONÇALVES, 1971).

As rochas básicas e ultrabásicas, que parecem apresentar também uma importância hidrogeológica significativa, encontram-se especialmente associadas ao maciço de rochas hipercalcalinas e à estrutura subvulcânica de Santa Eulália. Nesta zona as rochas básicas apresentam uma composição gabróica, granodiorítica e diorítica (GONÇALVES, 1971).

## 3- HIDROGEOLOGIA

### 3.1- Sistema Aquífero Estremoz-Cano

Na zona de Estremoz estrutura geológica e a origem lacustre dos calcários de Cano, indicam a existência de dois aquíferos: um superior, poroso livre, associado aos calcários de Cano (Plistocénico) localizado na zona Cano-Casa Branca, e outro inferior, semiconfinado e cársico, associado às formações dolomíticas e carbonatadas de Estremoz. Na região NW do anticlinal, estes dois sistemas são separados (?) pelas argilas e margas do Paleogénico-Miocénico, no restante anticlinal temos apenas o aquífero fissurado/cársico, de idade paleozóica.

O sistema aquífero cársico (com uma grande importância no contexto regional e mesmo supra-regional, atendendo à predominância de rochas xistosas, e afins, nas regiões envolventes) caracteriza-se pela existência de dois sistemas de fracturas que condicionam a circulação subterrânea, um correspondente a grandes aberturas cársicas e outro constituído por uma rede de microfracturas.

### 3.1.1- Hidrodinâmica

Segundo dados geológicos e hidrogeológicos, o maior desenvolvimento aquífero do sistema parece ocorrer nas terminações periclinais SE e NW.

Na zona do Alandroal, ocorrem alguns algarres, destacando-se o algar das Morenas cerca de 30 m abaixo do nível hidrostático, bem como o algar de Stº António, onde se instalaram as captações que abasteceram, até 1995/96, a vila do Alandroal, e que apresentavam um rebaixamento de 0,40 m para uma bombagem de 10 l/s, CARVALHOSA *et al.* (1987). Hoje estas captações foram substituídas por outras, encontrando-se uma no algar de Stº António (com rebaixamento na ordem de 1,2 m para um caudal de extracção de 20 l/s), e outra nas imediações do algar das Morenas (com rebaixamento na ordem dos 5 m para um caudal de 20 l/s).

A NW, no concelho de Sousel, foram igualmente identificadas alguns algarres, onde se situam as captações públicas que abastecem grande parte do concelho de Sousel. Captações estas que à data da sua construção, 1960, apresentavam caudais de 83 l/s, com rebaixamentos de aproximadamente 1,2 m, CUPETO (1991).

Na zona de Estremoz, mais propriamente nas Techocas, existem ainda nascentes muito produtivas com caudais de 25 l/s. No entanto, a grande heterogeneidade do meio já foi testemunhada por várias sondagens improdutivas feitas nas imediações das referidas nascentes.

Segundo CARVALHOSA *et al.* (1987), o aquífero regional de rochas carbonatadas onde se inclui a Formação dolomítica de Estremoz e a fácies carbonatada do Complexo vulcano-sedimentar de Estremoz, apresenta transmissividades que variam entre 300 m<sup>2</sup> /dia e os 2000 m<sup>2</sup> /dia, e coeficientes de armazenamento que variam de  $5 \times 10^{-3}$  a  $5 \times 10^{-2}$ . As captações da Romeira, localizadas na mesma formação, revelam coeficientes de armazenamento na ordem dos  $2,0 \times 10^{-2}$ , e transmissividades na ordem dos 5500 m<sup>2</sup> /dia, CUPETO (1991).

Nos calcários de Cano que constituem um aquífero poroso livre, as transmissividades variam entre 600 a 800 m<sup>2</sup>/dia, e os coeficientes de armazenamento encontrados são de  $2,9 \times 10^{-3}$  a  $7,0 \times 10^{-3}$ , CUPETO (1991).

Tendo como base trabalhos desenvolvidos por CUPETO (1991) no sistema aquífero em estudo, procedeu-se à realização de nova campanha de ensaios de bombagem com recuperação em regime variável, em Setembro de 1997\* (figura 2). A metodologia utilizada nestes ensaios obedeceu, em primeiro lugar, à medição dos níveis iniciais, ou seja, à profundidade em que se encontra o nível da água em relação à cota do terreno (nível piezométrico, N.Piez.), no furo onde se efectua a bombagem, bem como nos piezómetros de observação.

Sempre que possível, ao ensaio de bombagem seguiu-se o ensaio de recuperação. A partir dos valores obtidos neste ensaio, e procedendo da mesma forma que no ensaio de bombagem, é possível determinar o valor da transmissividade (Tr). Os ensaios de recuperação que, à primeira vista só permitem calcular a transmissividade, são muito úteis para comprovar o grau de conexão hidráulica entre a captação e o aquífero. É possível ainda verificar as condições em que foi realizado o ensaio, ou seja: se houve reciclagem de água, recargas exteriores, ou se o aquífero é limitado.

\* os ensaios de caudal contaram com a participação do Dr. Álvaro Carvalho (IGM) e do Eng. Hermínio Serra (DRE).

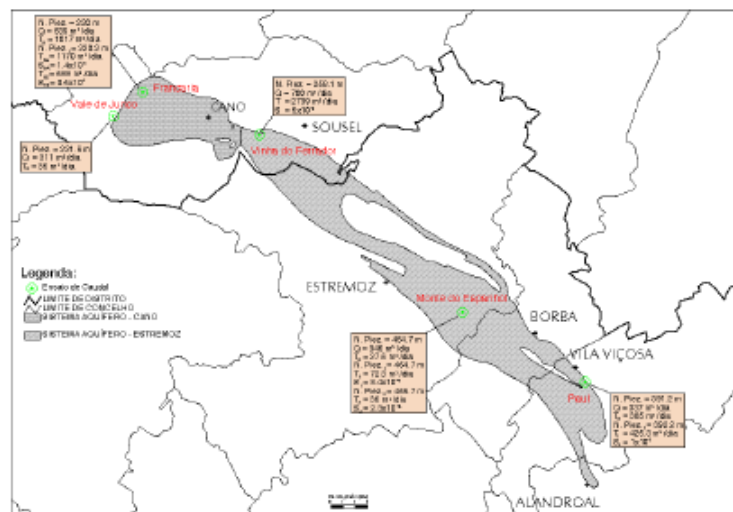


Figura 2- Localização dos pontos de água onde se efectuaram os ensaios de caudal

Nas formações carbonatadas paleozóicas foram realizados 3 ensaios, dos quais resultaram valores de transmissividade muito díspares, o que vem corroborar a grande heterogeneidade do meio, no que se refere ao grau de fracturação e carsificação.

Na Vinha do Ferrador, foi realizado apenas um ensaio de bombagem com medição só possível no piezómetro que se encontrava a 45 metros da captação, e que apresentava 19 metros de profundidade. Os parâmetros hidráulicos calculados foram a transmissividade e o coeficiente de armazenamento.

O Monte do Espanhol constitui uma situação mais favorável que a anterior, uma vez que foi possível efectuar leituras na captação e em 2 piezómetros localizados nas proximidades. O piezómetro 1 (Piez.1) apresentava um nível piezométrico de 464,7 metros e o piezómetro 2 (Piez.2) de 465,7 metros, situando-se respectivamente a 9 e a 27 metros de distância da captação. No ensaio de bombagem, foram obtidos valores para a transmissividade e para o coeficiente de armazenamento para os 2 piezómetros (T1, S1 e T2, S2). No ensaio de recuperação, o valor da transmissividade (Tr) foi de 27,6 m²/dia.

O ensaio realizado no Monte do Espanhol, apresenta transmissividades muito inferiores às que, de um modo geral, caracterizam o sistema aquífero de Estremoz. Este facto parece sugerir a existência de barreiras impermeáveis que compartimentam o sistema, criando situações pontuais que merecem ser estudadas em futuras campanhas a realizar.

No Paúl, foi efectuado um ensaio de bombagem, seguido de recuperação, tendo sido os parâmetros hidráulicos calculados com base nas leituras efectuadas na captação e no piezómetro 1. Este piezómetro, dista 32,5 metros da captação, e apresenta um nível piezométrico de 392,2 metros. O valor da transmissividade, obtido durante o ensaio de bombagem no piezómetro (T1) e o valor da transmissividade obtido durante o ensaio de recuperação numa captação (Tr), são muito semelhantes.

Na extremidade NW do anticlinal, procedeu-se à realização de 2 ensaios de caudal com leituras na captação e em 2 furos situados a mais de 150 metros desta, que serviriam de piezómetros. No entanto, durante o ensaio de bombagem, não foi registada qualquer alteração no nível da água nos piezómetros. Sendo assim, foram apenas feitas leituras na captação, tendo-se calculado o valor da transmissividade na recuperação (Tr).

O ensaio efectuado em Vale de Junco, sobre as rochas xistentas do Silúrico, traduz a baixa transmissividade associada a este tipo de rochas quando comparada com a transmissividade que ocorre nos calcários lacustres, na zona da Francaria. Nesta zona, foi realizado um ensaio de bombagem, seguido de recuperação, com utilização de um furo onde se procede à bombagem e de um outro ponto de água, localizado a 4 metros do anterior, que serviu de piezómetro. A aplicação do método de Jacob resultou, num caso especial, em que se obteve 2 valores de transmissividade e de coeficiente de

armazenamento no mesmo piezómetro (T1a, S1a e T1b, S1b), devido à existência de 2 segmentos de recta com diferentes inclinações. Neste ensaio, a partir dos 80 minutos houve uma diminuição da transmissividade, o que significa a existência de 2 zonas com diferente grau de permeabilidade. Uma zona mais permeável, à superfície, com transmissividade de 1170 m<sup>2</sup>/dia e outra, em profundidade, menos permeável, com transmissividade igual a 669 m<sup>2</sup>/dia.

No que se refere aos coeficientes de armazenamento, os valores obtidos na formação de Estremoz são concordantes com os obtidos em estudos anteriores, com excepção do Monte do Espanhol, que parece apresentar alguma diferenciação.

O ensaio efectuado na região de Cano, apresenta coeficientes de armazenamento ligeiramente inferiores, quando comparados com valores obtidos por CUPETO (1991) na mesma formação.

### 3.1.2. Hidroquímica

A caracterização qualitativa da água subterrânea captada no sistema aquífero Estremoz-Cano, constitui objecto de análise espaço-temporal, tendo como base de partida o meio geológico e como factor exógeno a considerar, as fontes poluentes que possam estar a influenciar a qualidade da mesma. As características químicas médias das águas do aquífero cársico, permitem classificá-las como águas duras medianamente mineralizadas e bicarbonatadas cálcicas (diagramas de Piper, figura 3, figura 4 e figura 5), geralmente sobressaturadas em relação à calcite, saturadas em relação à dolomite.

Os parâmetros físico-químicos médios obtidos a partir de uma campanha de amostragem realizada nas rochas carbonatadas Paleozóicas, estão representados no quadro 1 e 2, para a época de águas baixas de 1991, e para a época de águas altas de 1997, respectivamente.

### Quadro 1

Campanha de amostragem : águas baixas/1991 - aquífero fissurado carbonatado

1991	Média Aritmética	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Média Geométrica
HCO3	388	49	238	395	472	384
Ca	83.7	13.3	64	82.4	124	82.7
Na	15.5	12.4	6.1	12.2	80.2	13.3
K	1.87	2.34	0.09	1.3	11.45	1.08
Mg	38.9	12.2	11.2	38	64.9	36.6
Cl	31.91	29.88	13.49	26.6	197.38	27.31
D.T.	369	52	206	367	466	365
NO3	26.2	13.7	7.4	24.8	68.2	23
SO4	12.2	5.58	4.78	11.2	26.8	11.07

### Quadro 2

Campanha de amostragem : águas altas/1997 - aquífero fissurado carbonatado

1997	Média Aritmética	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Média Geométrica
Cond	903	168	659	902	1173	890
pH	7.4	0.2	7.3	7.3	7.8	7.4
HCO3	444.4	41	380.6	458.7	486.8	442.7
Ca	90.1	8.4	82.8	85.8	104	89.8
Na	38.5	19.2	14	35.8	67.3	34
K	0.91	0.56	0.23	0.61	1.75	0.75
Mg	42.6	8.8	31	43.5	56.5	41.8
Cl	57.07	28.59	20	60	92	49.54
D.T.	396	56	329	411	459	392
NO3	43.4	25	18.5	33.2	94.4	38.5
SO4	24.06	11.5	9.4	21	43	21.69

As características químicas médias das águas do aquífero poroso do Cano, permitem classificá-las como pertencentes predominantemente a uma fácies bicarbonatada cálcica e calcomagnesiana (diagramas de Piper, figura 3, figura 4 e figura 5) .

Nos quadros seguintes estão representadas as características físico-químicas médias das águas associadas aos calcários de Cano e que foram amostradas no período das águas baixas de 1991 (Quadro 3) e de águas altas de 1997 (Quadro 4).

### Quadro 3

Campanha de amostragem : águas baixas/1991 - aquífero poroso de Cano

1991	Média Aritmética	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Média Geométrica
HCO3	430	27	410	422	468	430
Ca	95	11.9	83.2	95.2	106.4	94.4
Na	32.2	17.2	14.2	31.5	55.8	29.7
K	1.01	0.71	0.27	1.02	1.72	0.79
Mg	44.3	9.4	30.2	48.8	49.3	43.4
Cl	45.44	26.76	19.88	41.89	78.1	39.41
D.T.	419	29	390	414	458	418
NO3	40.9	7.4	31	42.8	47.1	40.4
SO4	16.33	7.92	5.6	18.3	23.1	14.32

### Quadro 4

Campanha de amostragem : águas altas/1997 - aquífero poroso de Cano

1997	Média Aritmética	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Média Geométrica
Cond.	709	133	469	704	1299	698
pH	7.4	0.2	7.1	7.4	8.2	7.4
HCO3	376.6	60.6	22	380.6	510	371.3
Ca	84.4	11.8	53	86.8	115	83.5
Na	15.2	6.6	5.8	13.5	37.8	14
K	2.3	4.5	0.2	1.1	28.5	1.17
Mg	33.5	9.8	11.5	35	56	31.8
Cl	24.79	11.96	11	21	65	22.68
D.T.	340	43	251	341	469	338
NO3	36	20.9	6.8	32.4	102.5	30.7
SO4	22.35	9.7	9	21	49	20.44

Como se pode verificar pelos diagramas de Piper (figura 3, figura 4 e figura 5), as características químicas não evoluíram de forma significativa ao longo do tempo, tratando-se portanto, de uma água com um perfil químico bem definido.



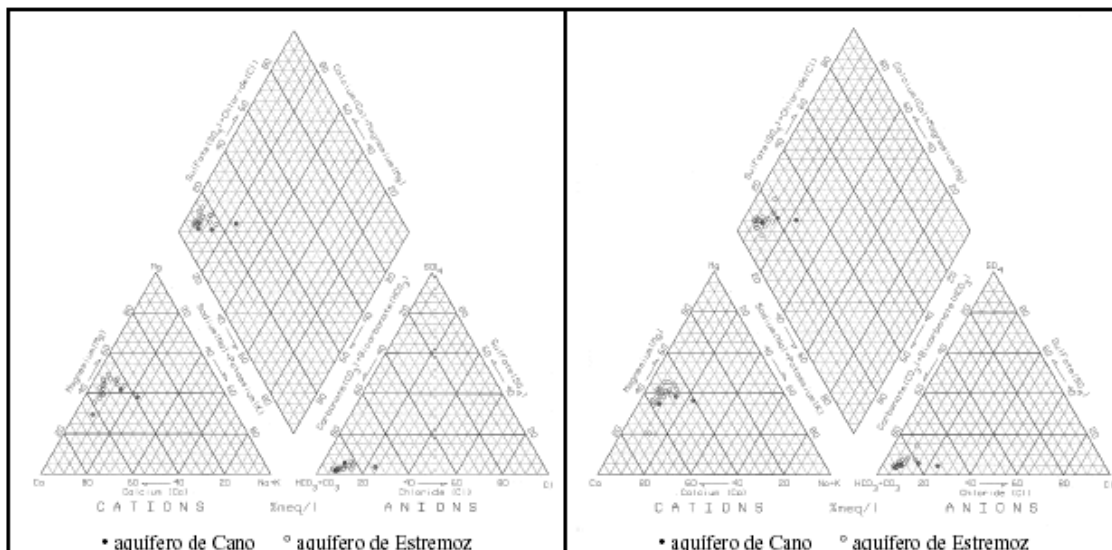


Figura 3 - Diagrama de Piper - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1991, nos pontos de água onde a colheita voltou a ser efectuada, em 1997

Figura 4 - Diagrama de Piper - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1997, nos pontos de água onde se efectuou a colheita, em 1991

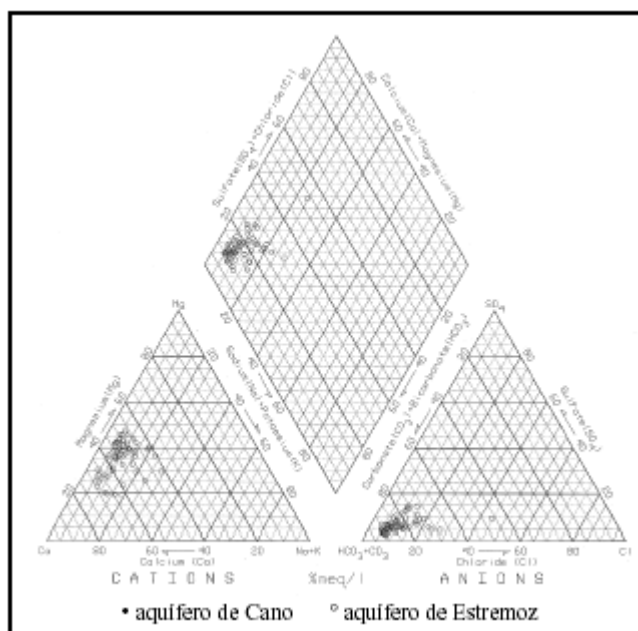


Figura 5 - Diagrama de Piper - Projecção dos resultados obtidos na campanha de 1997, em todos os pontos de amostragem

A análise espaço-temporal referida anteriormente, foi efectuada considerando uma campanha de amostragem realizada na época de águas baixas de 1991\* e a campanha realizada na época de águas

\* mediante um universo de 7 campanhas de amostragem, seleccionaram-se duas campanhas representativas, que tivessem decorrido em anos em que o efeito da seca não se reflectisse nos resultados.

altas de 1997\*, para os mesmos pontos de amostragem, verifica-se que o perfil da água se mantém aproximadamente constante, embora nalguns casos pontuais se verifiquem oscilações em relação à concentração de alguns iões; tal como se confirma, pelos diagramas de Stiff apresentados nas figuras 6 e 7. Na figura 8 encontram-se representados os pontos onde se efectuou a campanha de amostragem de águas altas /1997.

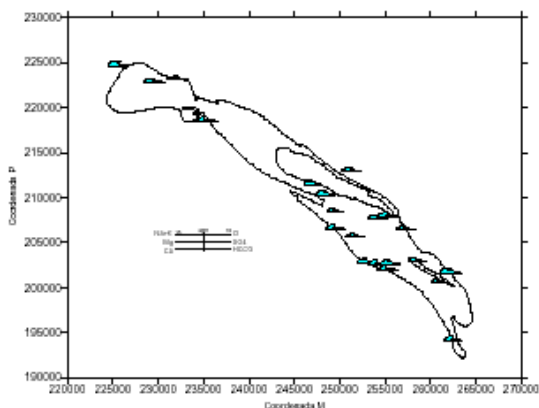


Figura 6- Diagrama de Stiff - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1991, nos pontos de água onde a colheita voltou a ser efectuada, em 1997

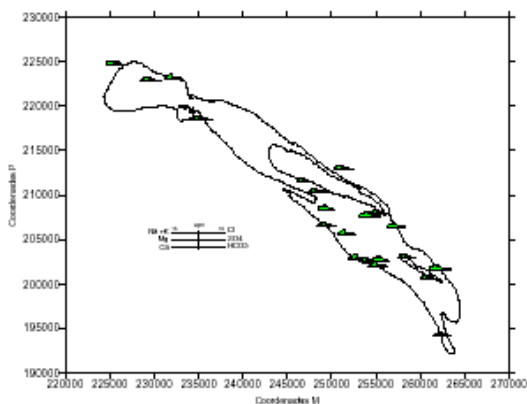


Figura 7- Diagrama de Stiff - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1997, nos pontos de água onde se efectuou a colheita, em 1991

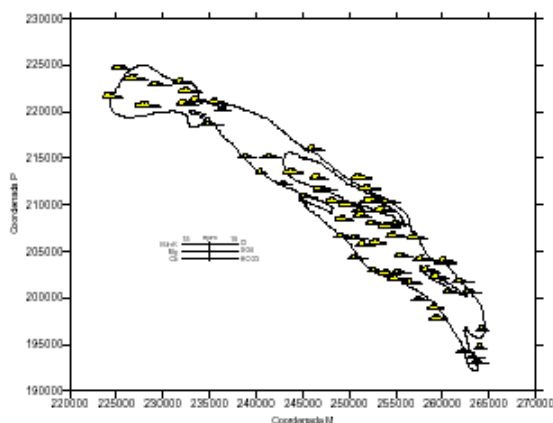


Figura 8 - Diagramas de Stiff - Projecção dos resultados obtidos na campanha de 1997

Para além dos processos naturais que estão na origem dos iões (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983), as oscilações verificadas podem dever-se ainda ao efeito de lixiviação de elementos químicos, provenientes das fontes poluentes implantadas na área em estudo (figura 9). No entanto, importa aqui salientar que o inventário efectuada a este nível, se encontra em pleno desenvolvimento, tendo-se vindo a efectuar trabalho de gabinete (consulta dos Planos Directores Municipais que se encontram ratificados: Alandroal, Vila Viçosa, Borba e Estremoz, bem como do Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore - em fase de conclusão), reconhecimento de campo, bem como a consulta directa às Câmaras Municipais.

\* mediante um universo de 7 campanhas de amostragem, seleccionaram-se 2 campanhas representativas, que tivessem decorrido em anos em que o efeito de seca não se reflectisse nos resultados.

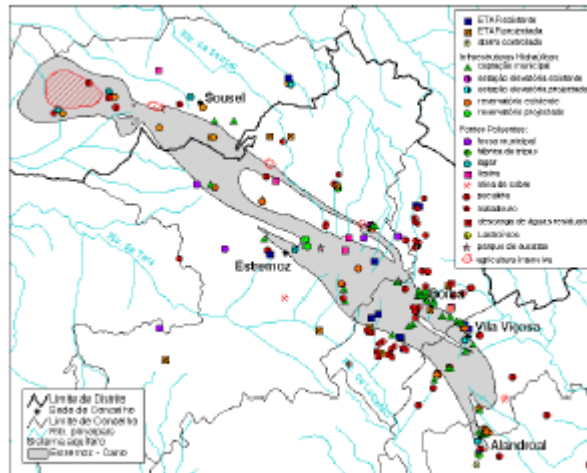


Figura 9- Inventário de fontes poluentes e infraestruturas hidráulicas

Para além das fontes poluentes consideradas, a indústria extractiva, fortemente implantada no sector SE do anticlinal de Estremoz, também pode constituir risco de contaminação do sistema aquífero. Este risco poderá estar associado, não só às águas residuais provenientes da lavra e que são lançadas directamente na rede hidrográfica, mas também, e sobretudo, à exposição do nível freático. De facto, dado o grau de fracturação e carsificação que caracteriza o meio geológico, bem como a espessura variável de solo de alteração, estas águas entram, com maior ou menor facilidade, na circulação subterrânea.

Com o objectivo de avaliar o risco de contaminação associado aos referidos efluentes, efectuou-se uma colheita em 3 pontos (representados na figura 10) durante uma campanha realizada em Setembro do corrente ano. Os critérios de selecção dos locais de colheita, tiveram em conta o contacto entre as rochas carbonatadas e as rochas xistosas, uma vez que este constitui o limite do sistema aquífero Estremoz-Cano e ainda a representatividade do efluente amostrado (a jusante da actividade extractiva).



Figura 10- Localização dos pontos de amostragem (a jusante da actividade extractiva)

A partir dos valores obtidos, constata-se que os efluentes, provenientes da actividade extractiva, não constituem, à primeira vista, fonte de contaminação das águas subterrâneas. No entanto, convém não esquecer, que o número de pontos amostrados foi reduzido e que a composição das referidas águas pode variar consoante os diferentes processos utilizados num dia de lavra.

Em termos de uso agrícola, e utilizando os dados obtidos na campanha de amostragem de 1997, procedeu-se à sua projecção no diagrama de River (figura 11) de onde se concluiu que a água analisada apresenta um perigo médio a alto de salinização do solo regado. Por outro lado, o perigo de alcalinização é bastante reduzido.

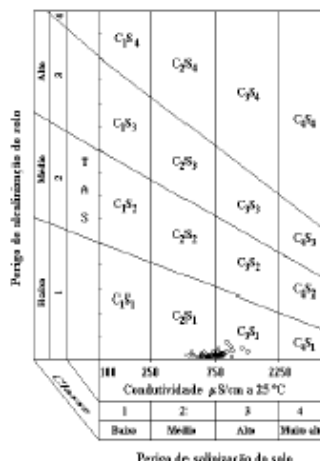


Figura 11 - Diagrama de River - dados de 1997

No que se refere aos efluentes provenientes da indústria extractiva, e por vezes reutilizados na agricultura, verifica-se que estes apresentam uma qualidade mínima aceitável para a rega; com excepção dos iões bicarbonato e nitrato, que ultrapassam o Valor Máximo Recomendável (VMR) definido pela legislação em vigor (Decreto-Lei nº 74/90 de 7 de Março).

### 3.2- Sistema Aquífero Elvas-Vila Boim

Na região de Elvas, predomina a fácies calcária, calco-dolomítica e dolomítica (GONÇALVES, 1971). A dolomitização generalizada, o metamorfismo de contacto, o dobramento e a fracturação são os responsáveis pelo fraco interesse económico dos mármore da região que, por outro lado, constituem um recurso hidrogeológico a considerar.

A morfologia cársica é, aparentemente, pouco acentuada pois à superfície não se observa desenvolvimento apreciável de lapíás e não se identificam estruturas notáveis de dissolução e abatimento (algares, dolinas ou outras). (SILVA, 1991).

O Sistema Aquífero carbonatado apresenta características mistas de sistema cársico e fissurado, apresentado-se na maior parte da sua extensão como aquífero livre.

Por outro lado, as rochas básicas e ultrabásicas que nesta zona também afloram, parece apresentarem um potencial hidrogeológico significativo em termos regionais.

#### 3.2.1- Hidrodinâmica

No âmbito do ERHSA e a curto prazo, prevê-se a execução de sondagens e de ensaios de caudal que, por um lado, virão a comprovar teorias já apresentadas, e por outro, se traduzirão numa fonte de informação até agora inexistente.

Ensaio de caudal já realizados na região de Vila Boim demonstram que a transmissividade da formação varia entre 7 e 14 m<sup>2</sup>/dia, enquanto que a SSE de Elvas, situam--se entre 101 e 171 m<sup>2</sup>/dia. A norte de Casas Velhas, um único ensaio, apurou 153 m<sup>2</sup>/dia, com um coeficiente de armazenamento de 1,4 x 10<sup>-2</sup> (SILVA, 1991).

Com base no estudo hidrodinâmico efectuado para o sistema aquífero do maciço carbonatado de Elvas, trata-se de um sistema livre a semi-livre, fracturado com dupla-porosidade, heterogéneo, espacialmente contínuo, mas de deficiente comunicação intersectorial apresentando, contudo, uma razoável comunicação hidráulica dentro de cada sector. Muitas nascentes são perenes, apresentando caudais máximos que variam entre 0,4 e 4 l/s, o que é bastante reduzido, quando se compara com outros sistemas carbonatados do Alentejo (SILVA, 1991). Poder-se-á admitir que as reduzidas produtividades apresentadas em certas zonas do maciço calcário, se devam ao grau de fracturação e carsificação muito superficial que, associado à existência de filões camada que compartimentam o maciço, impedem a alimentação subterrânea. Esboços piezométricos elaborados para a região em estudo, sugerem haver um significativo paralelismo entre as direcções do escoamento superficial e

subterrâneo (SILVA, 1991). A recarga dos calcários provém, quase na totalidade, da precipitação, em virtude da morfologia e posicionamento das formações geológicas contíguas áqueles.

Trabalhos desenvolvidos na região de Elvas-Vila Boim revelam que a variação dos caudais máximos na maioria das nascentes, se reflecte também nas produtividades das captações até agora efectuadas nesta área.

### 3.2.2. Hidroquímica

Tal como para o sistema aquífero Estremoz-Cano, a caracterização qualitativa da água subterrânea captada no sistema aquífero de Elvas-Vila Boim, constitui objecto de análise espaço-temporal, tendo como base de partida o meio geológico/pedológico e como factor exógeno a considerar, as fontes poluentes que possam estar a influenciar a qualidade da água.

Comparando os valores obtidos numa campanha de amostragem realizada em época de águas altas em 1989\* e uma outra efectuada na mesma época mas em 1997, é possível constatar a evolução qualitativa da água ali captada.

#### Quadro 5

Campanha de amostragem : águas altas/1989 - calcários de Elvas - Vila Boim

1989	Média Aritmética	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Média Geométrica
Cond	797.07	218.99	583	741.5	1700	775.34
pH	7.09	0.22	6.7	7.1	7.6	7.09
HCO <sub>3</sub>	398.3	51.84	278	405	511	394.83
Ca	98.61	22.92	64.8	94.8	160	96.18
Na	19.08	10.91	7.9	16.25	58	17.11
K	4.11	15.02	0.2	0.76	81.7	0.91
Mg	33.85	10.45	9.5	32.75	56.6	32.04
Cl	33.66	27.56	14.2	25.75	158	28.34
D.T.	385.93	71.29	284	374	632	380.27
NO <sub>3</sub>	91.61	40.2	26	86.8	229	83.97
SO <sub>4</sub>	22.95	19.25	3.1	17.2	103	18.39

#### Quadro 6

Campanha de amostragem : águas altas/1997 - calcários de Elvas - Vila Boim

1997	Média Aritmética	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Média Geométrica
Cond	707.43	88.22	604	740	812	702.64
pH	7.43	0.19	7.2	7.4	7.8	7.43
HCO <sub>3</sub>	357.74	39.42	296	351.36	417.24	355.86
Ca	90.89	14.08	74	87.5	119.5	90.04
Na	15.64	8.5	5.75	12.2	26.25	13.38
K	0.81	0.45	0.1	1.08	1.22	0.63
Mg	31.43	5.81	24.5	32.75	37.75	30.96
Cl	25.14	15.37	10	24	49	21.1
D.T.	333.86	39.41	293	328	399	331.92
NO <sub>3</sub>	42.97	28.34	11.3	37.2	81.2	34.78
SO <sub>4</sub>	35.29	17.61	16	38	68	31.79

Trata-se de uma água dura, em que a concentração do ião nitrato parece apresentar uma tendência para diminuir ao longo do tempo, enquanto que a concentração do ião sulfato tende a aumentar.

\* mediante um universo de 4 campanhas de amostragem seleccionou-se aquela que, para além de não sofrer a influência do período de estiagem (1991/95), tivesse o maior número possível de pontos concordantes com a campanha de 1997.

Este facto, poderá indicar uma mudança das práticas agrícolas, em que a utilização dos compostos orgânicos (azotados) terá sido substituída por uma utilização de produtos químicos (essencialmente à base de enxofre). As campanhas de amostragem a efectuar, bem como a recolha de informação junto às entidades competentes nesta área, constituem objecto de estudo, que certamente virão a fundamentar a presente hipótese.

Os diagramas de Piper (figura 12, figura 13 e figura 14), revelam que se trata de uma água bicarbonatada cálcica, a calco - magnesiana, em que as características químicas médias não sofreram alterações significativas ao longo do tempo (1989-1997), embora se verifique um ligeiro decréscimo na concentração em magnésio em alguns pontos que, entretanto é compensado por um aumento da mesma noutros pontos.

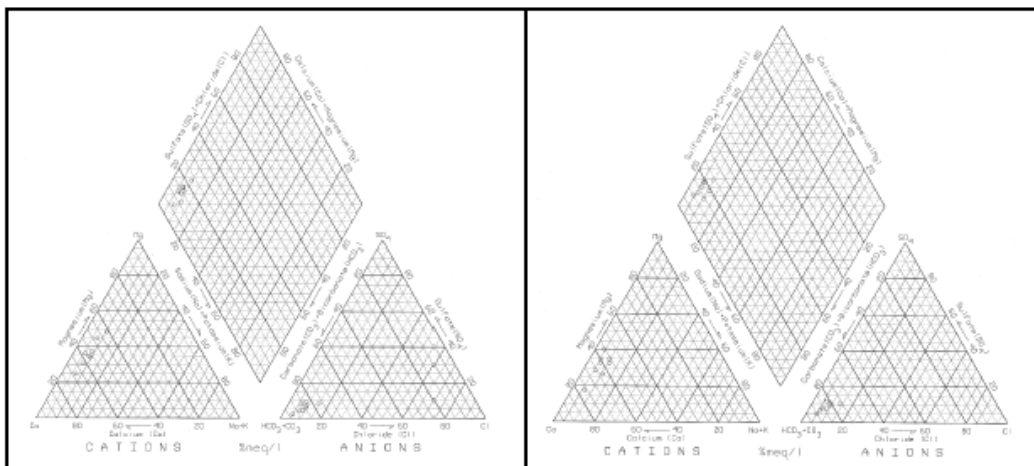


Figura 12 - Diagrama de Piper - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1989, nos pontos de água onde a colheita voltou a ser efectuada, em 1997

Figura 13 - Diagrama de Piper - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1997, nos pontos de água onde se efectuou a colheita, em 1989

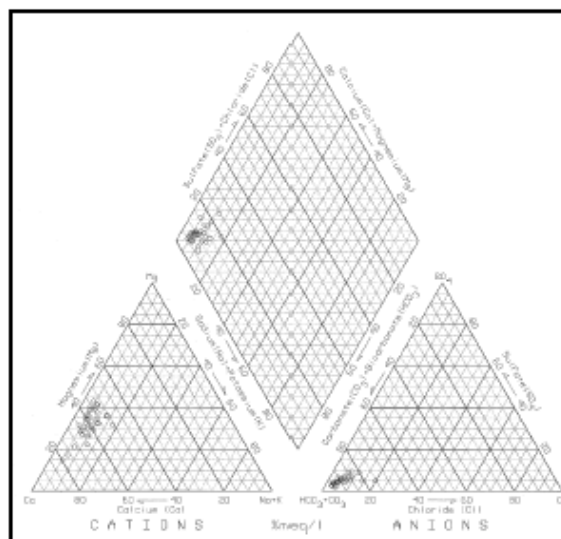


Figura 14 - Diagrama de Piper - Projecção dos resultados obtidos na campanha de 1997, em todos os pontos de amostragem

Os diagramas de Stiff (figura 15, figura 16 e figura 17) confirmam a classificação efectuada mediante os diagramas de Piper.

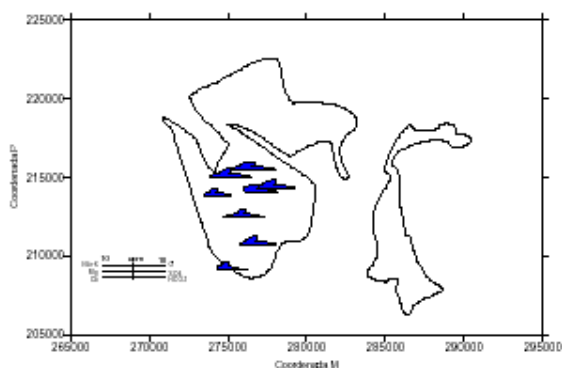


Figura 15- Diagrama de Stiff - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1989, nos pontos de água onde a colheita voltou a ser efectuada, em 1997.

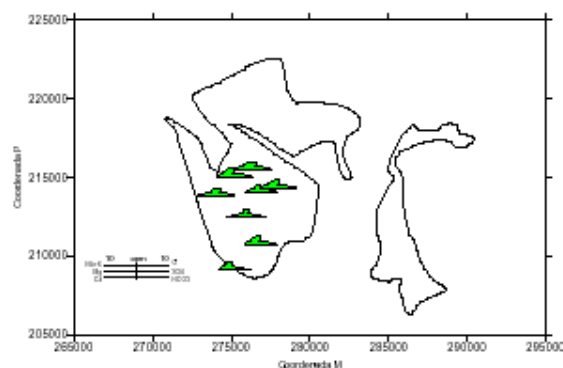


Figura 16- Diagrama de Stiff - Projecção dos resultados obtidos na análise físico-química efectuada em 1997, nos pontos de água onde se efectuou a colheita, em 1989.

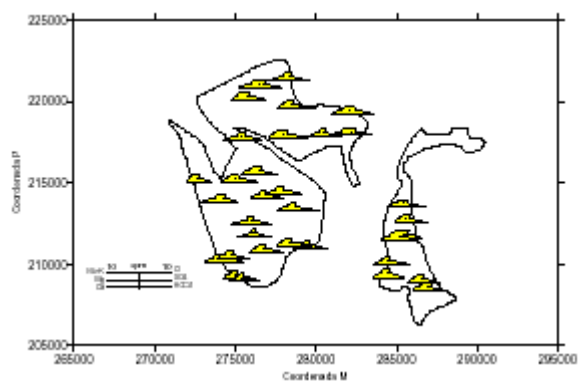


Figura 17- Diagramas de Stiff - Projecção dos resultados obtidos na campanha de 1997

Tal como se efectuou para o sistema aquífero de Estremoz-Cano, elaborou-se um inventário de fontes poluentes para a região afectada ao sistema aquífero de Elvas-Vila Boim, por forma a avaliar a influência da actividade antrópica sobre a qualidade da água. A recolha de informação teve em conta os Planos Directores Municipais de Elvas e de Vila Viçosa. O presente inventário encontra-se na fase final, tendo-se vindo a efectuar o devido reconhecimento de campo e a consulta às respectivas Câmaras Municipais.

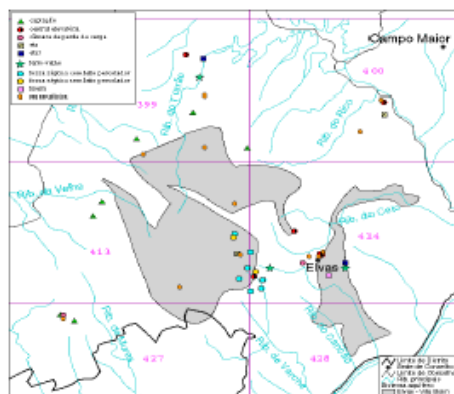


Figura 18- Inventário de fontes poluentes e infraestruturas hidráulicas

Mediante os resultados obtidos, e tendo em conta a localização das fontes poluentes, não se constata, por ora, que as mesmas constituam risco imediato de contaminação da água subterrânea, mais grave na zona onde se encontra implantada a lixeira, cujos lixiviantes parecem ser os principais responsáveis pelos elevados teores em nitrato que se manifestam em duas amostras de água colhidas naquela zona (103 mg/l e 85 mg/l). Entretanto, espera-se pelos resultados da última campanha efectuada, bem como de todas as que estão previstas no âmbito do ERHSA, por forma a definir com precisão o efeito poluição/contaminação do sistema aquífero.

No que diz respeito ao uso da água para a agricultura, o diagrama de River (figura19), revela que a água captada no sistema aquífero de Elvas-Vila Boim apresenta um perigo médio a alto de salinização do solo, enquanto que o perigo de alcalinização do mesmo é baixo.

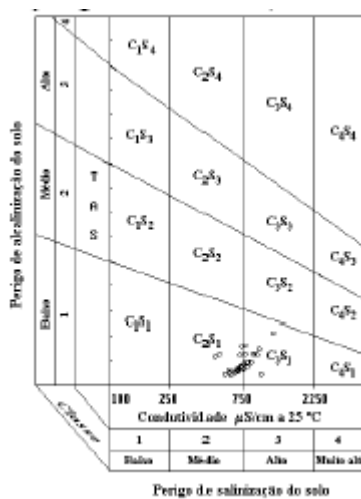


Figura 19 - Diagrama de River - dados de 1997

#### 4 - CONCLUSÕES

De 1991 para cá, a qualidade da água no sistema aquífero Estremoz-Cano mantém-se mais ou menos estável.

A existência de alimentação inferior do aquífero de Cano, pelo aquífero fissurado das rochas antigas do Paleozóico (formações dolomíticas e carbonatadas de Estremoz), confirma-se como uma hipótese que só se poderá validar após a realização de sondagens mecânicas e geofísicas, previstas no âmbito do ERHSA.

Os ensaios de bombeamento agora efectuados, confirmam não só a heterogeneidade do meio como os seus principais parâmetros hidrogeológicos.

Os efluentes analisados (provenientes da actividade mineira) consideram-se representativos e a sua qualidade é normal, tendo em conta os resultados esperados. Contudo, julga-se necessário repetir a análise, prevendo-se nova colheita em Abril/Maio de 1998.

No que diz respeito ao sistema aquífero de Elvas-Vila Boim, pode-se dizer que não há valores qualitativos preocupantes. O facto de existirem diferenças algo significativas na evolução temporal da concentração dos iões nitrato e sulfato, não deixa de ser um facto interessante que pode dever-se a uma mudança das práticas agrícolas a nível da adubação dos terrenos de cultivo, ou seja, pode ter ocorrido uma substituição progressiva de compostos orgânicos (azotados) por compostos químicos (sulfatados).

Os ensaios de caudal previstos no âmbito do ERHSA, que se irão realizar a curto prazo, permitirão confirmar os dados anteriormente obtidos. As rochas básicas e ultrabásicas contíguas ao sistema carbonatado de Elvas-Vila Boim, parecem demonstrar alguma aptidão hidrogeológica.



Para uso agrícola, a água captada em ambos os sistemas aquíferos apresenta um perigo médio a alto de salinização do solo e um perigo baixo de alcalinização (sendo mesmo reduzido no sistema aquífero de Estremoz-Cano), enquadrando-se em qualquer dos casos nas classes C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> e C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>.

Por último, e também para ambos os sistemas aquíferos, torna-se imprescindível a necessidade de aprofundar o inventário de infraestruturas de saneamento básico, bem como de fontes poluentes (pontuais e difusas), seguindo-se o confronto com os desvios qualitativos encontrados.

## **BIBLIOGRAFIA**

Relatórios diversos do INAG.

CARVALHOSA, A. B., GONÇALVES, F. e OLIVEIRA, V.-Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000. Notícia explicativa da folha 36-D do Redondo. Lisboa, Serv.Geol. de Portugal, 1987.

CUPETO, C.- *Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do Maciço Calcário de Estremoz (Cano-Sousel)*. Lisboa (Portugal), Dissertação apresentada à Univ. de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada, 1991.

CUSTÓDIO, E. e LLAMAS, M.R. - *Hidrologia Subterranea*. Barcelona (Espanha), Ed. Omega, T.I e II, 1983.

GONÇALVES, F. - *Subsídios para o conhecimento geológico do Nordeste Alentejano*. Mem. Serv. Geol. Portugal, Nova Série, Lisboa, 18 : 62 pp., 1971.

MIDÕES, C., DUARTE, P., ORLANDO, M., CARVALHO, S., CUPETO, C., ALMEIDA, C., SILVA, M.O. - *Contribuição para o Conhecimento Hidrogeológico do Sistema Aquífero Estremoz-Cano*. Comunicação apresentada no Seminário Sobre Águas Subterrâneas, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1997.

SILVA, A.M.V. - *Hidrogeologia de uma área do Sistema Aquífero Elvas-Vila Boim*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. 1991.