

# CONTRIBUIÇÃO PARA O CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO DO SISTEMA AQUÍFERO DE SINES

Jorge Manuel LAVAREDAS <sup>(1)</sup>; Manuel Oliveira da SILVA <sup>(2)</sup>

## RESUMO

No âmbito do ERHSA está a desenvolver-se um estudo de caracterização do aquífero carbonatado da bacia de Sines. Após realizada a recolha de dados e a primeira campanha de amostragem em furos propriedade das câmaras municipais, é possível realizar uma análise inicial da qualidade físico-química das águas subterrâneas desta região.

Caracterizaram-se estas águas relativamente aos elementos maiores, assim como a alguns metais. Foi possível verificar a evolução da qualidade química da água aos longos dos anos através da comparação das análises agora efectuadas com outros dados existentes em arquivos das câmara municipais.

Estabeleceram-se as diferentes fácies hidroquímicas das águas, de forma a perceber de que forma existe relação entre a hidroquímica das águas subterrâneas e o substrato geológico suporte dos aquíferos. Obteve-se uma primeira ideia da evolução das fácies ao longo da bacia hidrogeológica.

**Palavras-chave:** ERHSA, águas subterrâneas, Sines, Santiago do Cacém, fácies hidroquímica

---

<sup>(1)</sup> Licenciado em Geologia Aplicada e do Ambiente, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Geologia da Universidade de Lisboa

<sup>(2)</sup> Professor Catedrático do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Geologia da Universidade de Lisboa

## 1 – INTRODUÇÃO

O sistema aquífero carbonatado de Sines ( Figura 1 ) apresenta uma importância considerável nesta região, quer para o abastecimento das populações, quer para as actividades agrícolas, assim como para a industria presente. Desta forma torna-se imperioso um estudo aprofundado das características deste aquífero, para que seja possível uma correcta gestão do mesmo.

No âmbito do ERHSA, cabe à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em colaboração com a Universidade de Évora, o estudo deste sistema aquífero que abastece na totalidade os concelhos de Santiago do Cacém e Sines, e ainda o grande polo industrial situado junto a Sines.

Apesar de não se verificarem grandes problemas quantitativos, o aprofundamento do conhecimento deste aquífero permitirá, em conjunto com a sua modelação, entender de forma mais clara o seu modo de funcionamento. Assim poderá ser implementado um correcto plano de gestão deste sistema, através de medidas concretas de ordenamento do território, de forma a travar alguns problemas de qualidade que se têm vindo a agravar.

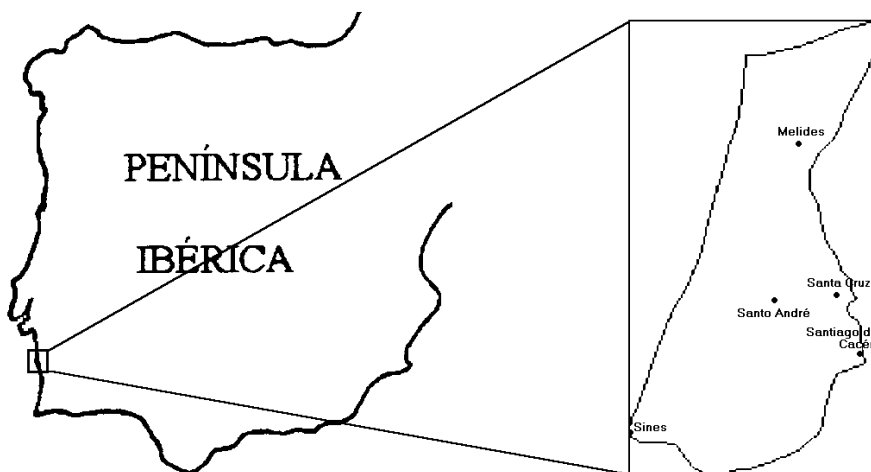


Figura 1 – Localização geográfica

## 2 – CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A zona sobre a qual incide este estudo corresponde à bacia meso-cenozoica de Sines, encontrando-se limitada a E pelos terrenos paleozóicos da Zona Sul Portuguesa ( Figura 2 ).

Do ponto de vista litológico esta região apresenta uma variabilidade litológica acentuada, com formações desde o Carbónico ( Viséano ) até ao Quaternário.

As formações paleozóicas afloram a E da bacia e correspondem a rochas resultantes de metamorfismo regional da fácies de xistos verdes, sendo de idade carbónica. Estes conjuntos litológicos dividem-se nesta região em duas formações: a Formação de Mértola e a Formação de Mira.

A formação de Mértola está representada no extremo NE da Figura 2, sendo uma formação turbidítica do tipo “Flysch”, constituída por grauvaques grosseiros cinzento esverdeados em bancadas espessas, alternando com xistos cinzentos a negros mais ou menos carbonosos ( OLIVEIRA *et al*, 1979 ).

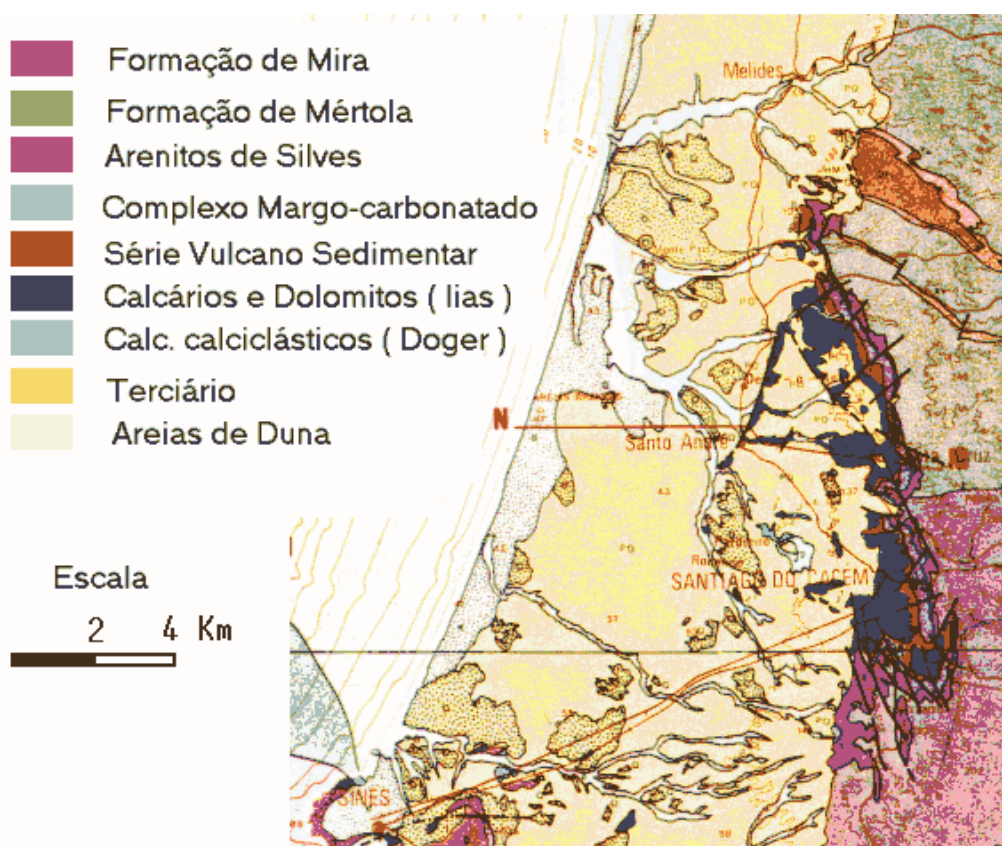


Figura 2 – Mapa geológico

A formação de Mira corresponde igualmente a uma unidade turbidítica do tipo “flysch”, constituída predominantemente por grauvaques finos e siltitos cinzento-esverdeados, em leitos delgados, geralmente milimétricos a centimétricos, e xistos carbonosos ( INVERNO *et al*, 1993 ). Comparativamente com a formação anterior, contém uma menor quantidade de fragmentos de rochas e de albite, mas mais quartzo ( OLIVEIRA *et al*, 1979 ).

No início do Mesozóico assiste-se a fases distensivas que, através do rejogar de falhas herdadas ou não do soco hercínico, provocaram o basculamento de blocos do Paleozóico, dando lugar à formação de uma bacia intracratónica ( o soco volta a aflorar sob o mar a W ) ( INVERNO *et al*, 1993 ).

Numa fase inicial de pré-rifiting deu-se a deposição dos grés de Silves em ambientes de planícies aluvionares, seguindo-se sedimentos pelítico-carbonatado marcados pelos dolomitos em plaquetas, típicos de ambiente evaporítico incipiente, em lagunas costeiras com fracas comunicações com o oceano ou mesmo isoladas do mar ( INVERNO *et al*, 1993 ).

A formação denominada “ Grés de Silves “ é constituída fundamentalmente por arenitos vermelhos, conglomerados e pelitos com clastos de quartzito, grauvaque e xisto, correspondendo

a uma litofácies característica de depósitos de torrente e de rios de corriam que E para W ( RIBEIRO *et al*, 1979 ). A matriz é constituída por argila, óxidos de Ferro e Manganês e, mais raramente, por carbonato, apresentando esta formação uma espessura que varia entre 28 e 120 metros ( INVERNO *et al* ).

Segundo INVERNO *et al* ( 1993 ), o Complexo Pelítico-carbonatado de Silves corresponde a uma formação essencialmente constituída por pelitos e arenitos subordinados, apresentando níveis carbonatados constituídos por dolomitos em plaquetas e margas dolomíticas, atingindo este conjunto uma espessura de 80 m.

Numa fase de rifting, a partir da qual a bacia de Santiago do Cacém se estrutura como fossa tectónica instalada num graben, deu-se a emissão de magmas toleíticos, constituindo o complexo vulcano-sedimentar. Este apresenta três escoadas de basaltos, doleritos e tufos básicos, os quais alternam com margas dolomíticas e raros calcários oolíticos ( INVERNO *et al*, 1993 ).

No Lias a influência marinha torna-se mais forte, ainda que em ambiente relativamente confinado, como mostra a presença de dolomitos. Os afloramentos do Jurássico inferior formam uma faixa quase contínua entre Melides e Santiago do Cacém. As bancadas, pouco inclinadas para WNW, desenham uma estrutura monoclinal, frequentemente cortada por filões de rochas ígneas. Em termos litológicos a sequência é essencialmente constituída por dolomitos, margas dolomíticas e calcários oolíticos e calciclásticos dolomitizados.

A série apresenta uma certa ritmicidade na série litoestratigráfica, iniciando-se com dolomitos e terminando com calcários oolítico-calciclásticos, indicadores de uma maior abertura às influências marinhas ( INVERNO *et al*, 1993 ).

Sobrejacentes a esta unidade existem os calcários do Dogger, característicos de ambientes lagunares confinados. Os afloramentos desta unidade estão mal representados na bacia Santiago de Cacém, apresentando dimensões reduzidas. Esta formação é constituída por calcários calciclásticos, oolíticos e microcristalinos, apresentando ainda escassos dolomitos, em geral cavernosos, intercalados, com carácter descontínuo. Denota uma continuidade litológica muito acentuada ao longo de toda a série, apresentando uma espessura máxima de 300 metros. A superfície carsificada desta unidade é fossilizada por uma espessura média de 100 metros de terrenos cenozóicos.

No final do Dogger volta a instalar-se fase eustática negativa, que culmina com uma fase regressiva acentuada, que daria lugar à discordância da base do Malm. Com o segundo rifting criaram-se condições para que a bacia entre de novo em subsidência, e consequentemente no Malm a bacia está já em ambiente de mar aberto, de fácies pelágica, por vezes contendo pequenos fragmentos de organismos recifais caracterizando episódios mais proximais.

Assim a evolução ao longo do Malm ter-se-á dado sempre no sentido do aumento da profundidade da bacia, iniciando-se com níveis característicos de fácies recifal e caminhando progressivamente para o topo para ambientes pelágicos. A elevada espessura desta formação está intimamente relacionada com o abatimento do bloco W da falha de Santo André, conferindo uma maior espessura deste bloco relativamente ao E ( INVERNO *et al*, 1993 ).

Durante o Cretácico terminal assiste-se a uma nova fase distensiva, em que se dá a intrusão do maciço sub-vulcânico gabróico de Sines com a existência de afloramentos de gabro-diorito, sienito e microsienito, brecha vulcânica com algumas massas de basalto. O maciço e a série mesozóica são cortados por apófises filoneanas

Durante as fases distensivas cenozóicas sedimentam os calcários lumachélicos, grés e areolas marinhas de idade miocénica Tratam-se de formações essencialmente

marinhas, constituídas por alternâncias de materiais detríticos, como areias, argilas e cascalheiras e materiais carbonatados como sejam calcários lumachélicos, calcários margosos, calcários gresosos e grés calcários ( OLIVEIRA, 1984 ). A espessura máxima desta formação é de cerca de 100 metros a W da falha de Santo André, embora a geometria do depósito miocénico não seja bem conhecida ( MANUPPELLA e MOREIRA, 1989 )

Sobrejacentemente ocorrem depósitos que correspondem, segundo INVERNO *et al* ( 1993 ) a areias com seixos da planície litoral, quer de origem marinha, quer continental, sendo comum considerarem-se como depósitos fluviais e fluvio-marinhos, que se depositaram, com espessuras entre 30 e 60 metros, fossilizando, em alguns locais, a superfície das rochas carbonatadas jurássicas ( HORTA DA SILVA e FRAGA, 1980 ).

Os depósitos são constituídos, em regra, por areias alaranjadas e avermelhadas com pequenos seixos de quartzo, lascas de xisto e fragmentos de arenito vermelho do Triásico, níveis com grandes calhaus rolados de quartzo, assim como argilitos, concreções carbonatadas ( INVERNO *et al*, 1993 ).

Sobre estes materiais depositaram-se os materiais plistocénicos, nomeadamente tufos calcários, dunas consolidadas e cascalheiras de praias antigas, formando diversos níveis de praia ( ZBYSZEWSKI, 1958 ), seguindo-se as dunas areias de praia e aluviões do holocénico.

### **2.3 – Tectónica e Fracturação**

Quatro estruturas fundamentais dominam o quadro morfo-estrutural da bacia de Santiago de Cacém. Estas estruturas são a falha de Santo André, falha de Santa Cruz, falha de Grândola e o alinhamento estrutural, Portimão – Monchique – Sines – Sesimbra - Sintra

As principais direcções de fracturação são segundo MANUPPELLA e MOREIRA, (1989):

- Família de fracturas a NE da Falha de Santa Cruz: esta família está representada por duas direcções fundamentais, NE-SW e WNW-ESE.
- Família de fracturas situadas entre as falhas de Santa Cruz e de Santo André ( a N de Santiago do Cacém ): este sector é dominado por duas direcções principais, sensivelmente segundo NW-SE e N-S
- Família de falhas a S de Santiago do Cacém, de direcção ENE-WSW, relacionadas com tectónica em “tecla de piano que dá lugar a uma série de pequenos “ demi-grabens “, basculados, ora para W, ora para E, ou seja estariam ligados a uma tectónica com carácter distensivo. ( MANUPPELLA e MOREIRA, 1989 ).

## **3 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA**

Com o objectivo de caracterizar a ocorrência da precipitação nesta bacia procedeu-se à recolha de dados de estações meteorológicas existentes, quer no interior da bacia, quer nas vizinhanças. Das quatro séries existentes, apenas a série de Sines está dentro da bacia. As

restantes estações situam-se na bacia contígua, a bacia do Sado. Destes dados importa salientar o valor da precipitação média anual para a estação de Sines é de 503.1 mm.

Relativamente temperatura média anual, recorreu-se à caracterização climática realizada por REIS e GONÇALVES ( 1987 ), estando os valores de temperatura média mensal e anual para a estação de Santiago do Cacém expostos no Quadro 1.

Quadro 1

Temperaturas média para a estação de Santiago do Cacém ( REIS e GONÇALVES, 1987 )

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
10.2	11.0	12.8	14.6	16.5	19.4	20.8	21.2	20.4	17.7	13.8	10.8	15.8

A Evapotranspiração potencial, corresponde à perda máxima de água por um solo com uma cobertura vegetal verde, uniforme e amplamente abastecida de água. O Quadro 2, adaptado de MENDES e BETTENCOURT ( 1980 ), revela o valor de EVP calculada pelo método de Thornthwaite.

Quadro 2

Evapotranspiração potencial ( adaptado de MENDES e BETTENCOURT, 1980 )

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
25.3	27.9	42.9	56.7	77.8	100.7	115.3	111	92.8	69.5	40.0	26.9	786.7

## 4 – HIDROGEOLOGIA

### 4.1 – Características hidrogeológicas das formações

O inventário de pontos de água existentes na área estudada permitiu a obtenção de dados de um conjunto de pontos de água pertencentes quer às câmaras municipais, quer ao INAG (Quadro 3 ). A distribuição destes pontos de água na área do aquífero carbonatado de Sines não é homogénea, estando concentrada preferencialmente em três pontos, junto a Sines na Rib<sup>a</sup> dos Moinhos, junto a Santiago do Cacém e na zona de Santo André.

Através da observação do Quadro 3, verifica-se que os valores de produtividade das captações são bastante variáveis, geralmente superiores a 10 l/s atingindo mesmo os 100 l/s. Por outro lado verifica-se que captações a extraírem apenas das formações terciárias, nomeadamente PS1, FR1A, FD3 e FD4, apresentam valores de produtividade inferiores às restantes. Isto mostra que as produtividades das formações terciárias são mais fracas, evidenciando que o aquífero com maior importância nesta bacia é de facto o aquífero carbonatado Jurássico.

Por outro lado constata-se que os valores de caudais específicos seguem a tendência verificada para os valores de produtividade. Não se obtiveram valores de transmissividade através de resultado de ensaios de caudal, embora se possa determinar este parâmetro de forma empírica.

**Quadro 3**  
Dados de alguns pontos de água da bacia de Sines

Ponto de Água	Localização	Profundidade (m)	Q ( l/s )	Q <sub>s</sub> ( l/sm )
JKp16	Santo André	290.0	0.3	0.01
JKp17	Santo André	259.0	2.2	0.08
JKp18	Santo André	266.0	0.3	0.01
JKp16	Santo André	290.0	0.3	0.01
JKp17	Santo André	259.0	2.2	0.08
JKp18	Santo André	266.0	0.3	0.01
PS1	Costa de S. André	53.0	2.6	0.41
JKc4	Porto Peixe	220.0	45.5	2.6
Jkc2A	Monte Velho	210.0	25.0	2.7
JKc10	Lezíria	134.0	10.4	1.0
TD2	Vale da Rainha	120.0	22.0	4.58
DFT1	Santa Cruz	13.0 ( Poço )	1.18	----
FR1A	Deixa-o-Resto	48.0	1.1	0.07
CP1	Fidalgo	58.0	16.6	----
JK1	Petroquímica	210.0	1.6	0.05
JK4	Refin. Petrogal	144.5	8.9	0.17
JKc5	Quinta Pegos	182.0	10.0	0.5
JKp15	Ribeira Moinhos	251.0	31.4	8.58
JKc6A	Ribeira Moinhos	240.0	100.0	7.52
AC1	Ribeira Moinhos	35.8	20.0	26.6
RLA1	Ribeira Moinhos	47.0	15.0	8.47
FD2	Casoto	82.0	6.0	1.3
FD3	Cerca Velha	58.0	2.7	1.2
FD4	Lentiscais	26.0	1.8	0.1
Jkc7	Ribeira moinhos	175.0	21.7	0.5

## 5.1 - Hidrogeoquímica

### 5.1.1 – Características físico-químicas

A caracterização das águas do ponto de vista físico-químico da zona em estudo, obrigou a uma primeira campanha de amostragem em diversos pontos de água propriedade da Câmara Municipal de Sines e da Câmara Municipal de Santiago do Cacém.

Através da verificação dos Logs das sondagens de abertura dos furos procedeu-se à identificação e separação dos dados dos furos que captam as formações jurássicas e terciárias, dos dados furos que captam apenas formações terciárias.

No Quadro 4 apresentam-se os dados analíticos das amostras de águas recolhidas em todos os furos. Os dados a escuro correspondem às amostras de furos que extraem a partir das formações terciárias, enquanto que os valores a claro correspondem às amostras de furos que captam o jurássico.

Uma análise ao Quadro referido, permite verificar que os dados a claro demonstram valores de parâmetros físico-químicos mais elevados que os valores a escuro. Comparando os valores médios destes parâmetros, verifica-se que as águas do aquífero jurássico, apresentam uma diferenciação em termos de resultados analíticos. Alguns destes parâmetros que indiciam alguma diferenciação, nomeadamente a condutividade, resíduo seco, cálcio, magnésio, apresentando todos eles valores superiores no aquífero jurássico relativamente ao aquífero terciário.

Os dados de resíduo seco não foram determinados laboratorialmente, pelo que se tornou necessário a determinação do resíduo seco calculado. Na Figura 3 projectam-se os dados de condutividade eléctrica versus resíduo seco, de forma a aferir se estes dois parâmetros estão relacionados. O coeficiente de correlação entre o resíduo seco e a condutividade eléctrica é de 0.91, sendo por isso admissível que se afirme que os valores de condutividade eléctrica resultam em grande parte da variação do resíduo seco.

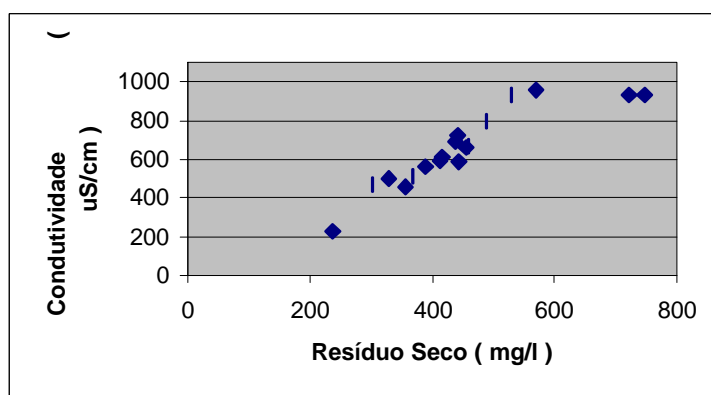


Figura 3 – Correlação entre resíduo seco e condutividade eléctrica (  $r = 0.91$  )

Relativamente aos dados dos metais das amostras de água recolhidas de furos a captarem aquífero jurássico, verifica-se que os valores tendem a ser mais elevados neste aquífero, nomeadamente para o cobre ferro e manganês, uma vez que os valores médios para o alumínio são idênticos.

Tendo em atenção os locais em que as concentrações destes metais são mais elevadas, verifica-se que existem valores elevados de concentrações de ferro, manganês e alumínio nas águas dos furos de Aldeia de Chãos. Estes furos estão nas imediações dos terrenos triásicos cuja composição apresenta ferro e manganês. Pensa-se que estes valores podem ter origem nestas formações.

Na água do poço de Santa Cruz verificou-se igualmente valores de ferro relativamente elevado. Tratando-se água colhida de drenos radiais de um poço pouco profundo; esta água deverá apresentar uma circulação sub - superficial sendo por isso normal que ocorra dissolução deste metal na água que atravessa o solo.

Em algumas captações junto à Ribeira dos Moinhos, existem igualmente amostras que apresentaram valores de ferro e manganês igualmente elevados. As causas para a presença neste local de valores elevados deste metal pode dever-se ao facto de a Rib<sup>a</sup> dos Moinhos ser influente neste local ( como se pensa que possa ser ), e a água com valores destes metais elevados ( provenientes do Maciço Hispérico e Triásico ) vai infiltrar-se até ao aquífero. Por outro lado a

proximidade do maciço eruptivo de Sines poderá igualmente estar relacionada com os valores de ferro e manganês.

### 5.1.2 – Evolução temporal de alguns parâmetros hidroquímicos

Com o objectivo de avaliar da evolução química da água subterrânea nesta região realizaram-se alguns gráficos demonstrativos das alterações das concentrações de alguns iões ao longo do tempo ( Figura 4 ). Apenas se mostram valores de aniões uma vez que os dados existentes de anos anteriores contemplam apenas as espécies aniónicas.

Relativamente aos furos de Aldeia de Chãos existe um facto que é extremamente evidente, os valores elevados de nitrato, quase a atingirem o VMA, e mais grave ainda a sua tendência de subida, acompanhada, aliás, pelos valores de sulfato. A causa deste incremento nos valores de nitratos está bem diagnosticada, e fica a dever-se à existência de uma suinicultura nas imediações das captações.

Contrariamente à situação referida anteriormente, o furo JKc1 junto à Ribeira dos Moinhos e o furo da Costa de Santo André não apresentam, nos últimos anos, um acentuado acréscimo nos valores de nitrato. Relativamente à Costa de Santo André poderá estar relacionado com o facto de não existir nas imediações agricultura e pecuária, sendo que o aumento de nitrato verificado de 1985 para 1994 poder-se-á dever ao aumento de ocupação urbana nesta zona, sem que, no entanto, esta ocupação seja muito intensa.

Por outro lado em JKc1 verificou-se um aumento de outro parâmetro, o cloreto; este poderá estar relacionado, não com a contaminação directa do aquífero, mas sim com a forma como a exploração está a ser realizada nesta zona, contribuindo para a pressão realizada sobre o aquífero e, conseqüentemente, para a deterioração da sua qualidade.

O gráfico de evolução dos aniões em JK9 exemplifica bem a evolução da qualidade nos captações do terciário existentes junto da povoação de Vale de Rainha. Existe uma certa estabilidade nas concentrações de cloreto e sulfato, mas o nitrato tem vindo a sofrer incrementos importantes, devido à agricultura aqui existente.

Em Rodeado, local onde está implantado o furo TD1, verificou-se igualmente um incremento muito significativo nos valores de nitrato. Este facto deverá estar intimamente relacionado com a actividade agrícola. Durante uma visita ao local observaram alguns exemplos da más práticas agrícolas, com derrames directos de fertilizantes deteriorados para o interior de uma ribeira existente na zona.

### 5.1.3 – Fácies hidroquímicas

Para melhor visualização das características hidroquímicas das águas e das fácies respectivas, projectaram-se as diferentes amostras em diagramas de Piper e diagramas de Stiff.

Através da observação da Figura 5, pode verificar-se que a maior parte das águas apresentam como anião principal o bicarbonato. Os pontos de água projectados com um círculo correspondem às amostras recolhidas nos furos junto à Ribeira dos Moinhos; demonstram um tendência para serem bicarbonatadas/cloretadas cálcicas.

As projecções com um triângulo correspondem às águas extraídas dos terrenos terciários. Estas amostras destacam-se das restantes pelo facto de os catiões dominantes serem o sódio e o cálcio, dando origem a águas bicarbonatadas cálcicas, sendo que a amostra da Costa de Santo André é Bicarbonatada Sódica.

Em termos de disposição espacial, através da observação dos diagramas de Stiff ( Figura 6 ,) verifica-se que na zona E da área as águas são fundamentalmente bicarbonatadas calco-magnesianas. Junto a Vale de Rainha, Deixa-o-Resto e Costa de Santo André, onde as

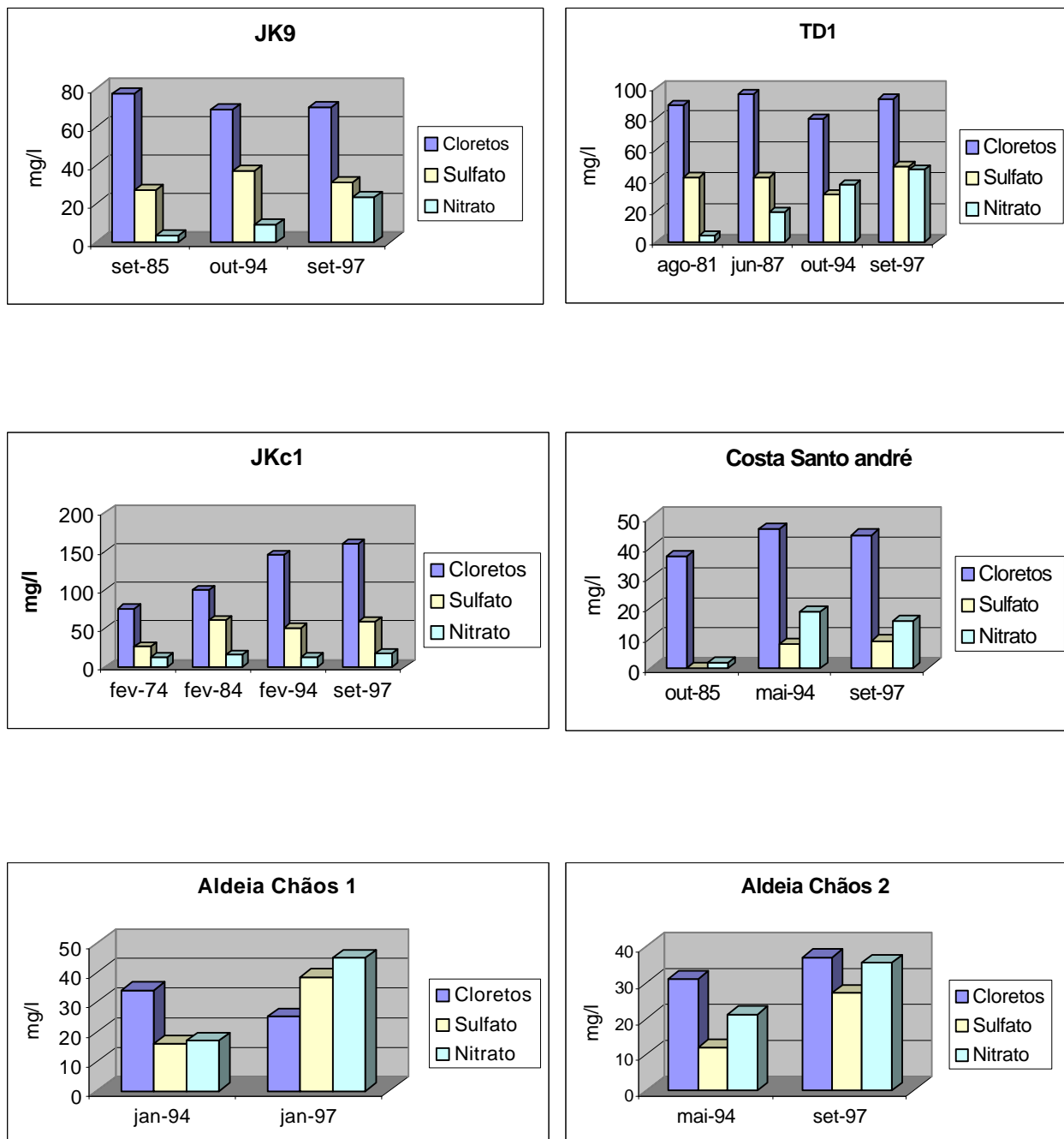


Figura 4 – Evolução de aniões ao longo do tempo

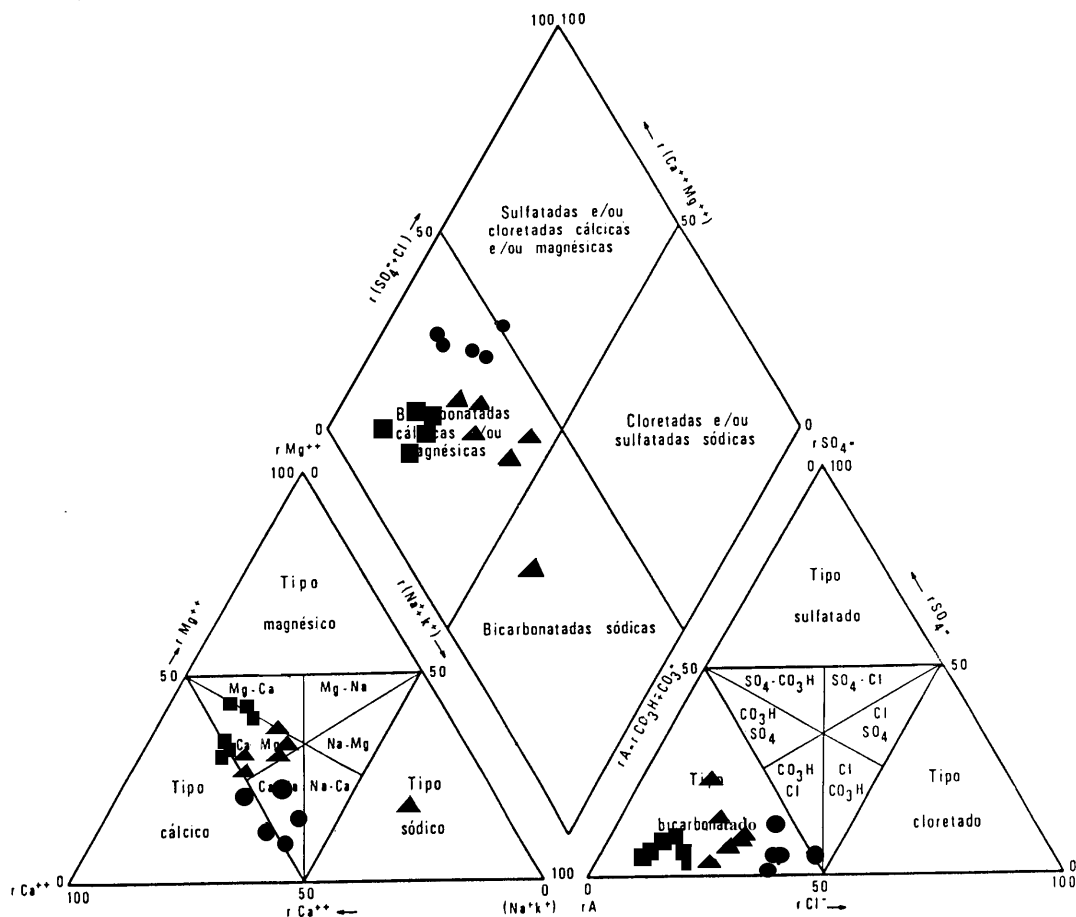


Figura 5 – Diagrama de Piper

captações estão implantadas em formações terciárias, as amostras de água revelaram uma maior importância do cátion sódio sendo em alguns casos bicarbonatadas sódicas.

Por último na porção terminal da Ribeira dos Moinhos, as águas apresentam o cálcio como cátion dominante e o bicarbonato e o cloreto a repartirem a dominância em termos de ânions, podendo classificar-se como bicarbonatadas – cloretadas cálcicas.

#### 5.1.4 – Índices de Saturação e sua distribuição espacial

Para Calcular os índices de saturação relativamente à calcite e dolomite recorreu-se ao programa HIDSPEC ( CARVALHO, 1989 ). Relativamente aos índices de saturação relativamente à calcite verificou-se que a maior parte das amostras se encontravam subsaturadas

em calcite, exceptuando a amostra proveniente de um furo da Ribeira dos Moinhos que se encontrava sobresaturada. Verificou-se igualmente que as amostras com valores mais Baixos do  $\text{Log I}_s$  são as amostras referentes ao aquífero terciário. Tal facto não é de estranhar visto que são águas com menor tempo de residência, circulando em meios mais empobrecidos em carbonatos. Contrariamente as águas do aquífero jurássico apresentam índices de saturação mais próximos do equilíbrio.

Situação idêntica passa-se com o equilíbrio em relação à dolomite; todas as águas se revelaram subsaturadas relativamente à dolomite, exceptuando duas águas da Ribeira dos Moinhos, uma em equilíbrio outra claramente sobresaturada.

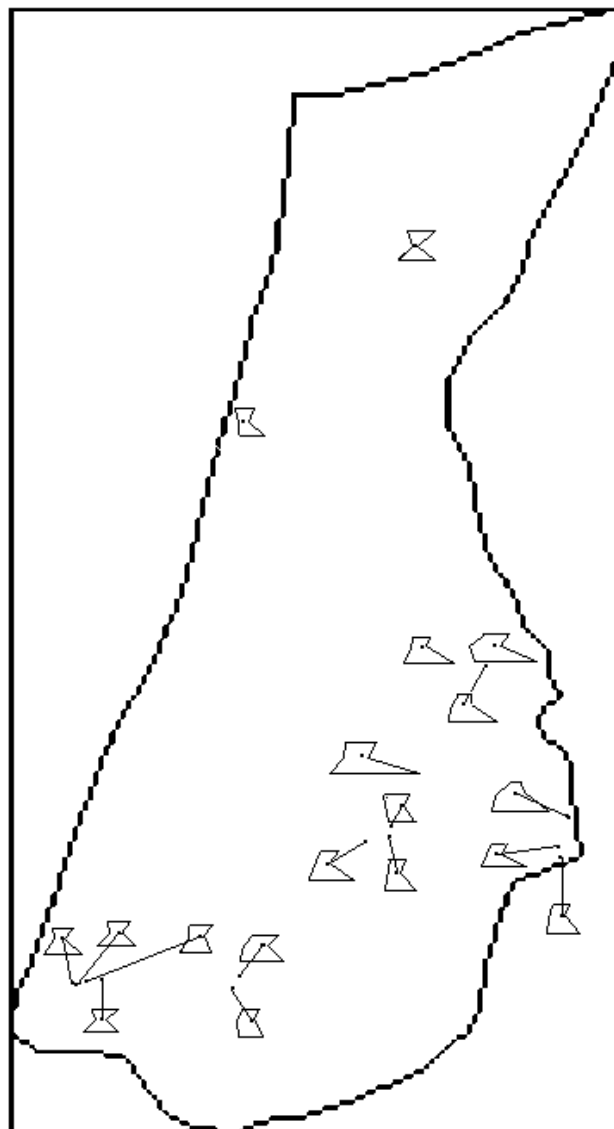


Figura 6 – Mapa de diagramas de Stiff

## 5.2 – Qualidade da água para consumo humano

A água para consumo humano deverá apresentar padrões de pureza físico-química e bacteriológica que não ponham em perigo a saúde da população. Estes padrões estão definidos pela organização mundial de saúde, sendo que em Portugal os valores de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos estão expostos no Decreto-Lei 74/90, estando este actualmente em fase final de revisão.

Os Diagramas da Figura 7, de acordo com o Decreto-Lei referido anteriormente, dão ideia da variação de qualidade da água para consumo humano para o aquífero jurássico e para o aquífero terciário. Foram projectados os valores máximos e mínimos, tendo-se uma ideia da amplitude de variação qualitativa nas águas destes aquíferos relativamente aos pontos de água analisados em Setembro de 1997.

Relativamente à qualidade da água do aquífero terciário, verifica-se que a qualidade da água é bastante aceitável, observando-se que muitos parâmetros se encontram abaixo do VMR. Os valores de sódio, cloreto, sulfato e dureza ultrapassam, em alguns casos, os VMR, sendo que a temperatura e o oxigénio dissolvido ultrapassam sempre os VMR. Relativamente aos VMA, estes nunca são ultrapassados, exceptuando alguns valores de oxigénio dissolvido.

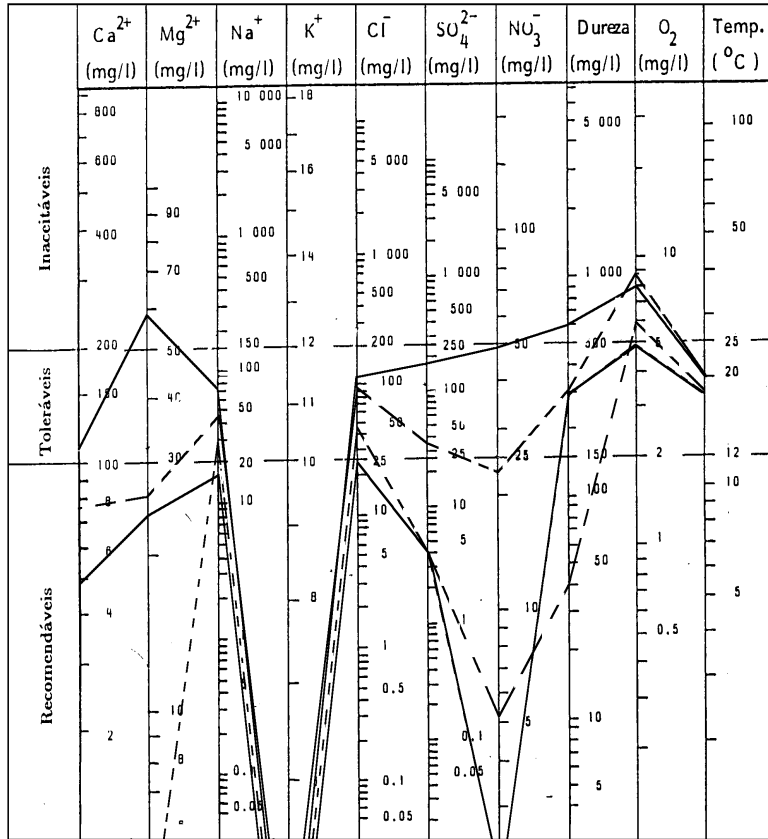


Figura 7 – Diagrama de qualidade da água para consumo humano ( Adaptado do Diário da República, nº 55, I Série, Decreto Lei 74/90 de 7 de Março e das normas da CE de 1990 )  
 ( — Água do aquífero Jurássico; ---- Água do aquífero terciário )

Quadro 5

	pH	Tem. °C	Con. µS/m	Dur. ppm CaCO <sub>3</sub>	Alc. Ppm CaCO <sub>3</sub>	Res. Seco mg/l	Cl mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Al µg/l	CO <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l
AC 1	6.33	20.5	694	261	235	438	116	10.9	26	287	45	2.36	72.3	23	42	2.44	110	27.2	5.28	5.54
JKc1	6.38	19.4	955	335	224	571	160	17.5	59	273	69.5	4	88.3	35.8	3.42	1.27	140	20.3	7.92	6.24
MF 1	6.76	20.2	668	565	222	460	143	11.7	27	271	41	2.4	76	23	4.05	29.2	100	13.9	5.94	6.43
RLA1	7.66	20.2	721	279	237	442	107	8.63	28	289	46.8	2.6	81	23.3	410	12.2	260	19.5	5.06	7.32
JK 9	6.14	18.4	510	152	239	367	70	23.5	31	292	44.8	1.92	32.3	17.8	3.99	0.86	130	9.09	25.3	8.5
JK 8	6.10	18.2	456	137	265	357	65	12.9	35	320	38.0	1.79	28.8	16	40.7	0.95	210	17.7	21.1	8.88
DFT1	5.92	20.4	595	260	384	412	24	9.41	23	468	30.5	1.7	59.3	30	6.86	3.61	400	11.5	24.2	7.44
TD2	6.37	19.8	614	260	324	416	72	2.54	22	395	39.5	1.84	51.8	28.3	10.7	0.65	130	11.3	5.28	5.82
ALC1	6.48	18.8	565	271	286	389	46	25.7	33	349	28	1.3	49.5	30.8	33.4	3.17	990	80.7	<1.d.	6.5
ALC2	6.47	18.9	589	296	365	443	37	35.5	27	445	16.8	0.85	71.3	32.3	8	6.56	160	20.7	7.48	7.92
CP 1	6.17	19.9	933	503	448	722	60	40.2	153	547	28.5	2.32	107	57.3	<2.2	5.5	120	10.1	15.7	7.4
JK1dr	6.38	20.0	664	291	380	456	58	15.2	13	464	33.3	1.95	78.8	24	6	1.43	120	12.1	7.7	7.9
JK1cs	6.08	19.4	955	40	205	238	44	15.5	9	250	29.5	2.9	8.3	3.5	4.9	3.37	100	4.51	13.0	8.37
FD2	6.34	18.7	796	334	277	489	91	14.3	53	338	42.8	3.5	73	42.5	5.32	3.07	80	3.87	7.04	5.70
FD4	6.28	19.5	471	181	182	302	70	5.2	20	222	28.8	2.6	38	26.5	3.95	2.85	80	46.8	<1.d.	4.7
TD1	6.18	18.8	933	459	548	748	93	47	49	669	56	3.33	121	44.5	9.55	4.87	80	11.7	15.6	8.1
FU1	6.90	19.5	933	377	457	530	72	11	4	557	42	1.98	74.8	45.8	23	1.74	120	26	10.6	7.6
NAS	5.88	19.3	499	147	199	328	83	12.5	4	243	47.8	2.4	50.5	6.8	30.1	1.77	200	45	2.86	6.93
Média	6.5	19.6	750	350	334	505	85	19.5	42	407	40.5	2.35	77.1	34.7	46.5	6.19	224	21.4	9.18	6.83
D. P.	0.45	0.67	153	104	107	119	42	14.2	38.1	131	13.9	0.92	20.8	10.8	115	7.87	258	19.9	6.5	0.9
Média	6.14	19.1	592	158	245	341	65	14.1	18.6	299	37.0	2.26	39.5	15.8	15.0	1.87	140	22.5	11.7	7.55
D. P.	0.17	0.67	193	81	73	73	13.1	5.9	12.3	88.5	8.0	0.44	23.7	9.1	16.2	1.03	53.3	18.6	10.1	1.55

Relativamente aos dados de qualidade para consumo humano das águas provenientes de captações no jurássico, verifica-se que a qualidade da água sofre, em geral, um certo agravamento, apresentando valores mais problemático comparativamente com o aquífero terciário. Muitos dos valores ultrapassam por vezes o VMR, nomeadamente o cálcio, o magnésio, sódio, cloreto, sulfato e nitrato. Os parâmetros temperatura, dureza e oxigénio dissolvido, estão sempre acima dos VMR, sendo que o oxigénio dissolvido ultrapassa sempre o VMA. A dureza e o magnésio ultrapassam igualmente, em algumas análises os VMA.

A qualidade mais fraca no aquífero jurássico é explicável pelo facto de constituírem águas com tempo de residência mais elevado, com circulação num meio carbonatado que lhes confere uma maior grau de mineralização, e conseqüentemente um empobrecimento da qualidade.

## **5 – CONCLUSÕES E ACÇÕES A DESENVOLVER**

Através da observação dos dados de produtividades dos furos assim como dos dados das primeiras análises efectuadas, é possível realizar uma distinção clara entre as águas do aquífero terciário e do aquífero jurássico. As produtividades do aquífero terciário são mais fracas que as do aquífero jurássico, sendo as primeiras geralmente inferiores a 10 l/s e as segundas muitas vezes superiores a este valor, podendo atingir 100 l/s

As águas do aquífero cenozóico são bicarbonatadas calco-sódicas, diferenciando-se das águas do aquífero jurássico por apresentarem menor mineralização. As fácies bicarbonatadas calco-magnesianas e bicarbonatadas-cloretadas cálcicas dominam no aquífero jurássico, respectivamente no extremo E da área e Junto à Ribeira de Moinhos.

Não se verificando problemas de quantidade, verificam-se já problemas de qualidade, nomeadamente com nitratos, fundamentalmente devido à agricultura e também às explorações suinícolas, bastante frequentes nesta região.

De futuro será realizado um inventário de fontes de poluição, para compreender melhor os mecanismos de contaminação das águas subterrâneas.

O objectivo final deste trabalho será realizar a modelação do aquífero jurássico, sendo para isso necessário retirar algumas dúvidas relativamente à geometria deste aquífero, tornando-se imperioso realizar alguns furos de pesquisa e instalação de piezómetros, assim como obter dados históricos dos níveis piezométricos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- COSTA, F. E. – Notícia Explicativa da Carta Hidrogeológica de Portugal 1: 200 000, folha 7 e 8. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 1994
- CARVALHO, M. R. E.– HIDSPEC, um programa de especiação e cálculo de equilíbrios água/rocha. Aplicações. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para Obtenção de grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada, FCUL, Lisboa, 1989
- HORTA da SILVA, J.A.; Fraga, R.– Sedimentos Plio-pleistocénicos da área de Sines - Caracterização geológico-geotécnica e implicações práticas no domínio das geociências aplicadas – Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, Lisboa Tomo 22, 1980
- INVERNO, C.; MANUPPELLA G.; ZBYSZEWSKI, G.; PAIS, J.; RIBEIRO, M.L.- Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:50000 42-C- Santiago do Cacém. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1993

- MANUPPELLA, G.; MOREIRA, J. C. B.– Calcários e dolomitos da área de Melides – Santiago do Cacém – Estudos Notas e Trabalhos tomo 31, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 1989, pp 79-94,
- MENDES, C.; BETTENCOURT, L. – Contribuição para o estudo de balanço climatológico de água no solo e classificação climática de Portugal Continental – O Clima de Portugal, Instituto de Meteorologia, Lisboa, XXIV, 1980
- OLIVEIRA, J. T.; HORN, M.; PAPROTH, E.- Preliminary note on the stratigraphic of the Baixo Alentejo Flysh Group, Carboniferous of southern Portugal and on paleogeographic development, compared to corresponding units in Northwest Germany. Comunicações dos Serviços geológicos de Portugal, Serviços geológicos de Portugal, Lisboa, Tomo 65, 1979, pp151-168,
- REIS, R.M.M.; GONÇALVES, M.Z.– Caracterização climática da Região Agrícola do Alentejo – O Clima de Portugal, Fascículo XXXIV; Instituto de Meteorologia, Lisboa, 1987
- RIBEIRO, A *et al*– Introduction à la Géologie Générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1979
- ZBYSZEWSKI, G.– Le Quaternaire du Portugal – Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, Lisboa, Tomo 13, 1958, pp 3-227,