

# **EXCERTO DO RELATÓRIO TÉCNICO**

**Sistema Aquífero Monforte – Alter do Chão**

## **Parte 4 - Caracterização e descrição hidrogeológica HIDRODINÂMICA**

**(Janeiro de 2001)**

**Judite Fernandes**

**Com a colaboração de Alain Francés na produção de cartografia temática**

## SISTEMA AQUÍFERO DE MONFORTE-ALTER DO CHÃO

### 4 – Caracterização e descrição hidrogeológica - HIDRODINÂMICA

#### 4.1 – Caracterização da informação disponível

A partir dos 147 pontos inventariados estabeleceu-se uma rede de monitorização piezométrica (**figura 9**), constituída por 52 pontos de água espacialmente distribuídos e 5 piezómetros, 3 dos quais construídos para o efeito e 2 cedidos por um particular e pela Câmara de Alter.

Efectuaram-se periodicamente 11 campanhas de medições do nível piezométrico, e dos parâmetros temperatura, condutividade, pH, potencial redox e nitratos, nos meses de Julho, Agosto de 1997, Fevereiro, Junho, Outubro e Dezembro de 1998, Abril, Junho, Setembro, Novembro de 1999 e Março de 2000.

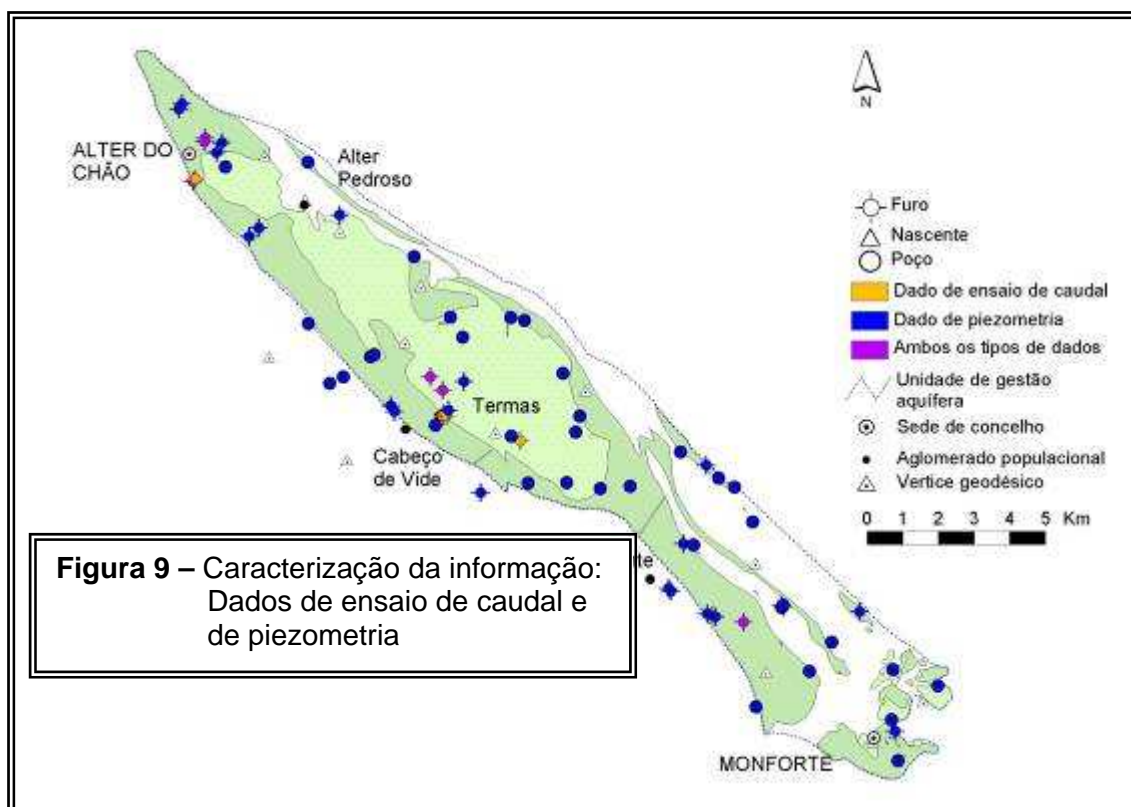
Realizaram-se 3 sondagens de prospecção hidrogeológica e construíram-se piezómetros, com diagrfias eléctricas e nucleares e 6 ensaios de air lift.

Equiparam-se 4 piezómetros com sondas automáticas de aquisição de níveis em registo horário.

Instalou-se um udómetro junto a Vaiamonte em registo contínuo.

Realizou-se 1 ensaio de bombagem com bomba eléctrica submersível no Monte dos Esquerdos.

Realizaram-se campanhas de geofísica utilizando o VLF-EM e definiram-se locais favoráveis à construção de furos.

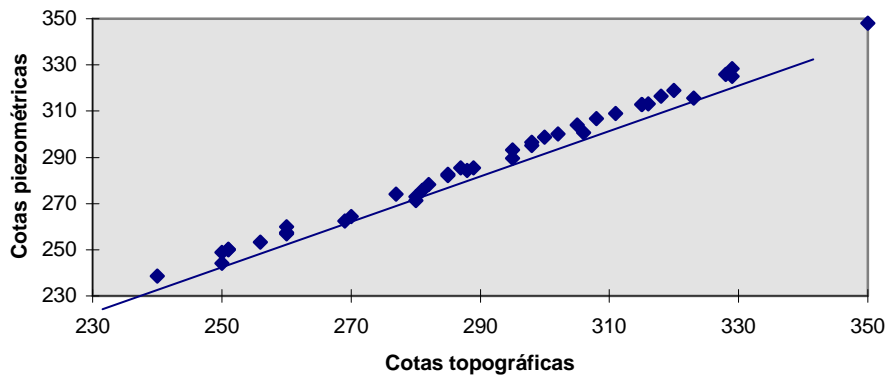


## 4.2 – Piezometria

A análise da evolução espaço-temporal da piezometria, recorrendo à articulação de diversas técnicas geoestatísticas, permitiu clarificar o modelo de circulação do sistema aquífero Monforte-Alter do Chão.

Num aquífero livre a superfície piezométrica tende a acompanhar o modelado topográfico. Com efeito, ao projectar as cotas topográficas *versus* as cotas dos níveis piezométricos, consegue-se definir um modelo de regressão linear, como se pode observar no exemplo da **figura 10**. O valor calculado para o coeficiente de correlação entre estas duas variáveis é de 0.997.

A equação calculada para a recta é  $Y=1.00568 X - 4.65339$ .

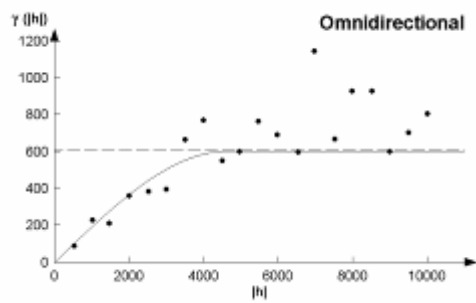


**Figura 10** - Projecção das cotas topográficas *versus* cotas piezométricas obtidas na campanha de Outubro de 98

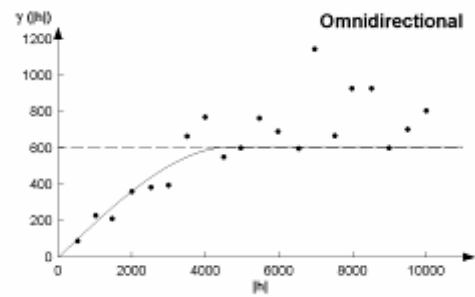
### **Análise estrutural e estimação da variável piezometria**

A piezometria enquadra-se no tipo de variáveis aleatórias que se desenvolvem no espaço e no tempo, possuindo uma certa estrutura. Neste sentido a piezometria é uma variável regionalizada. Essa variabilidade espacial pode, geoestatisticamente, ser avaliada e descrita por uma função de autocorrelação, que é o variograma.

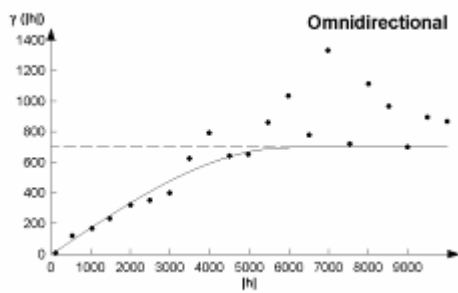
Com o objectivo de identificar e caracterizar a estrutura subjacente à variável piezometria calcularam-se os variogramas experimentais, omnidireccionais, para os meses de Junho, Outubro e Dezembro de 1998 e para os meses de Abril, Junho, Setembro e Novembro de 1999 (**figura 11**). Para a totalidade dos variogramas experimentais foi ajustado um modelo esférico e calculados os respectivos parâmetros estruturais.



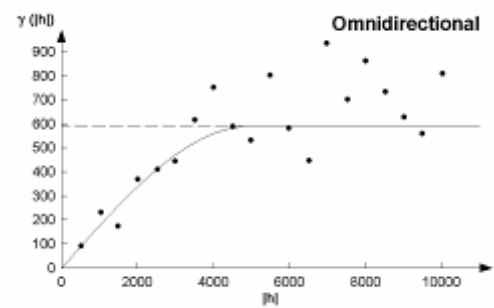
Junho 98



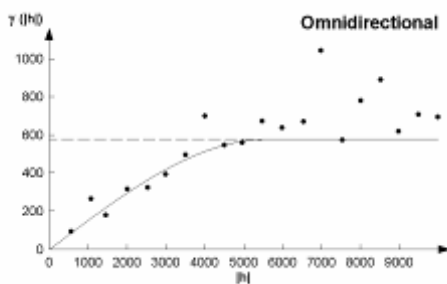
Junho 99



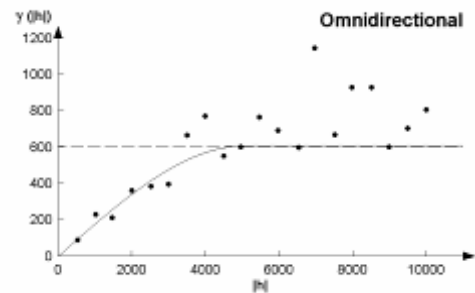
Outubro 98



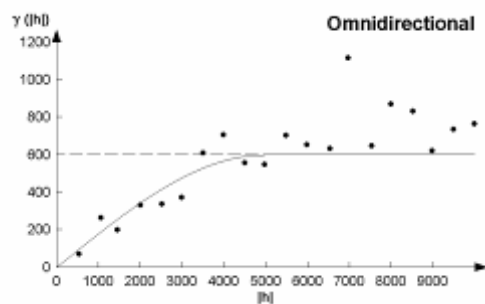
Setembro 99



Dezembro 98



Novembro 99

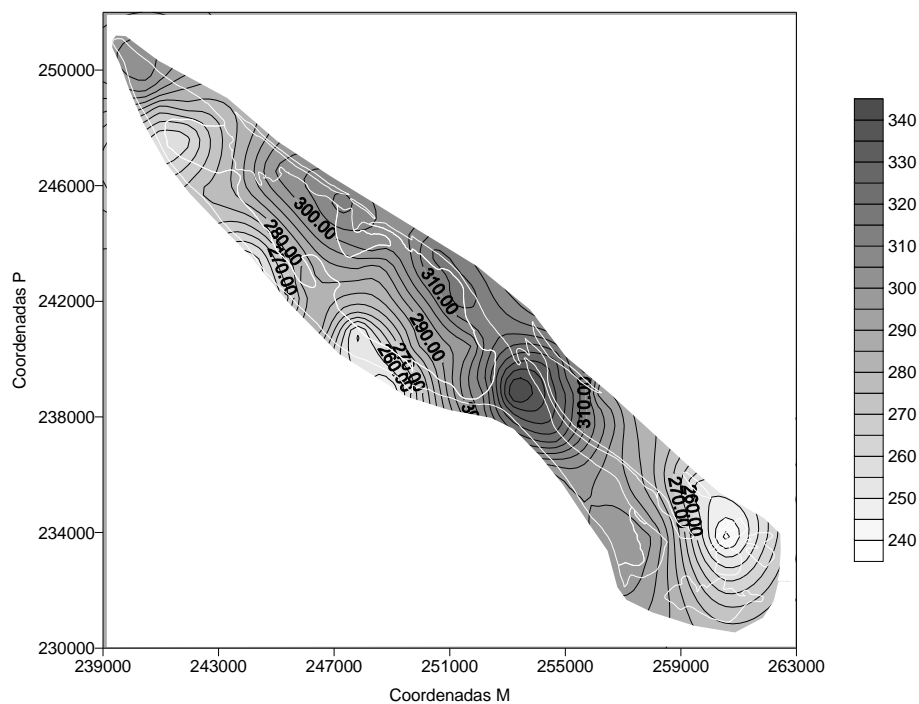


Abril 99

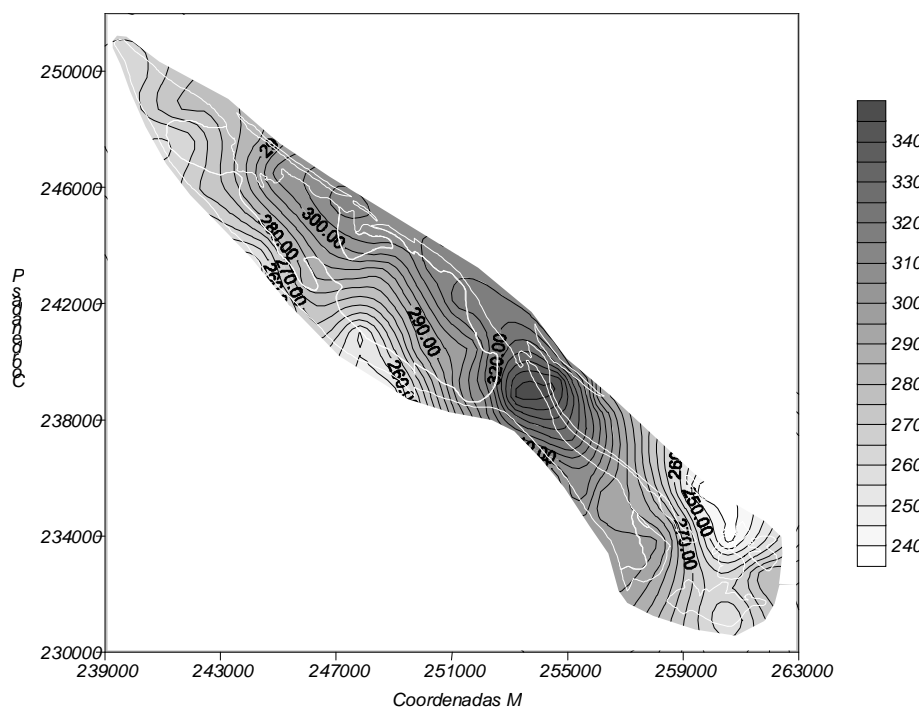
**Figura 11** - Variogramas experimentais da variável piezometria para os diversos períodos

A análise dos variogramas mostra que a variável apresenta estacionaridade, com amplitudes compreendidas entre 4600 e 6000 m. A partir dessa distância não existe correlação entre pontos. Quanto ao comportamento na origem, o facto de não se ter detectado efeito de pepita, é indicador da regularidade e continuidade da variável.

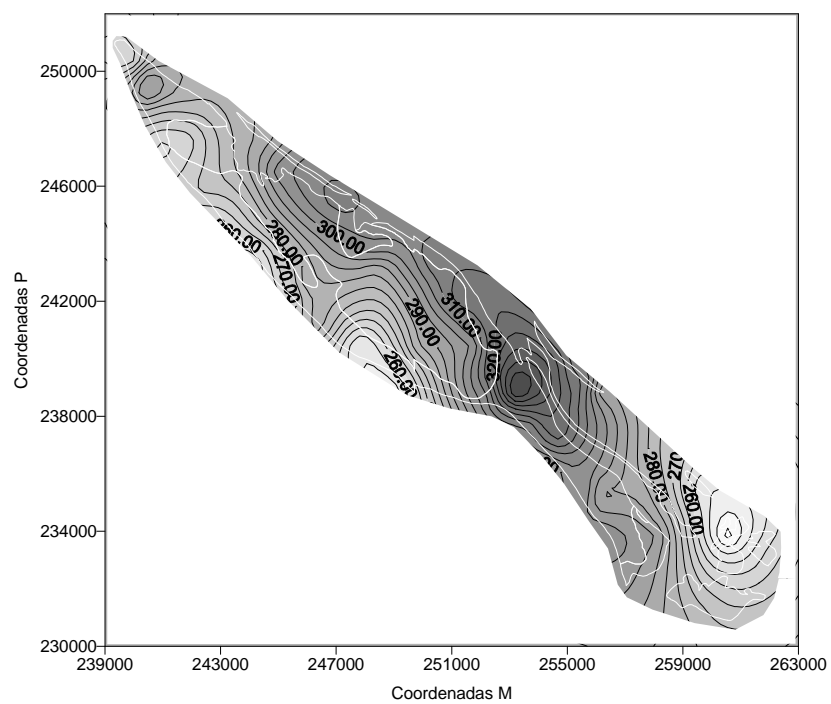
A estimação de valores da piezometria em locais onde não se realizaram observações, foi feita por krigagem ordinária, um interpolador linear exacto, que tem em conta a estrutura da variável definida pelos variogramas. Assim, geraram-se as superfícies piezométricas para os meses de Junho, Outubro e Dezembro de 1998 e para os meses de Abril, Junho, Setembro e Novembro de 1999 (**figura 12**).



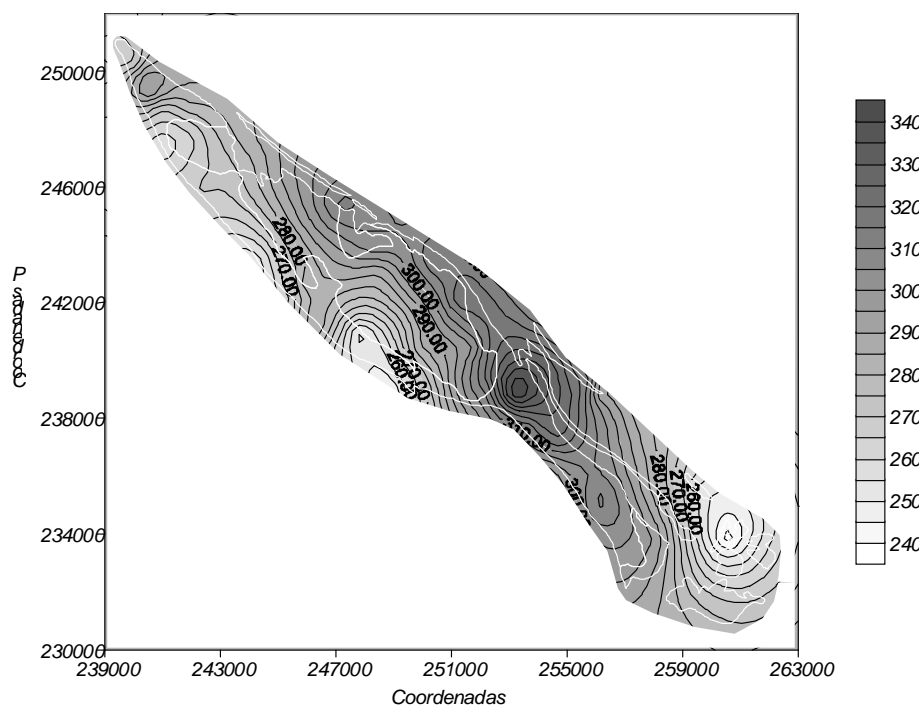
Junho 98



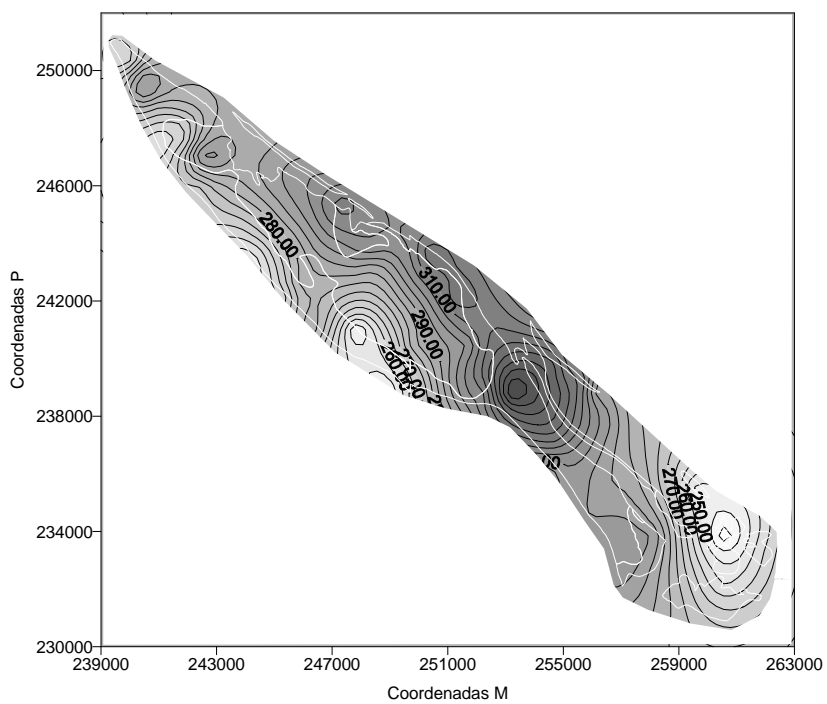
Outubro 98



Dezembro 98

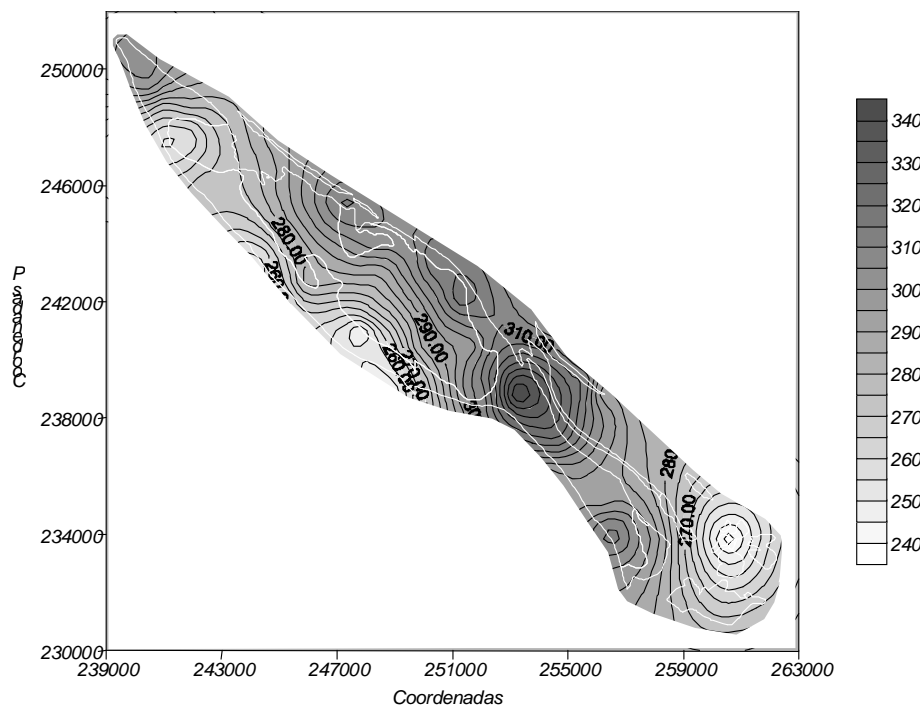


Abril 99

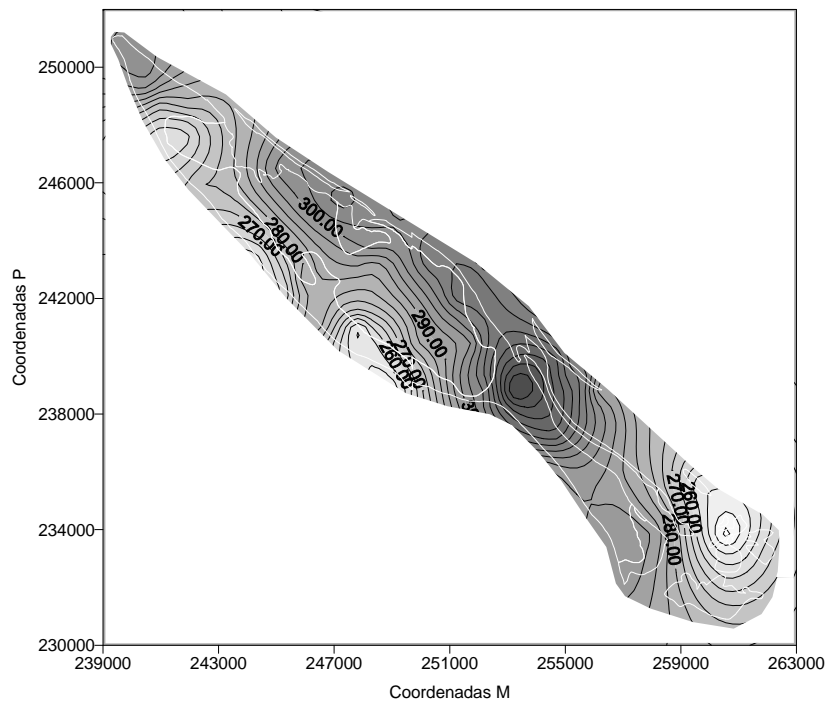


Junho 99





Setembro 99



Novembro 99

**Figura 12 – Superfícies piezométricas**

Verifica-se que existe uma grande semelhança nas superfícies piezométricas obtidas, indicando que, à escala regional, a tendência do fluxo é no sentido de SW. Nos extremos N e S do sistema esta tendência é alterada, respectivamente, para S-SE e E-SE.

Os sentidos preferenciais do escoamento subterrâneo são concordantes, quer com os sentidos de escorrência das linhas de água, o que normalmente acontece em aquíferos do tipo freático, quer com o padrão de distribuição espacial das nascentes (ao longo do bordo SW da estrutura).

Factores, como o nível piezométrico acompanhar o modelado topográfico, contribuíram para a estacionaridade do fenómeno, anulando o efeito de deriva, que normalmente caracteriza este tipo de variável em situações onde o escoamento se processa naturalmente (Ribeiro & Lopes, 1997).

### **Índice de evolução temporal da piezometria**

A análise em componentes principais permitiu evidenciar a similitude e oposição existente entre diversos tipos de evolução temporal, observada nos piezómetros ao longo do período amostrado. O padrão temporal dos piezómetros pode ser avaliado no 1º eixo factorial, que explica 98% da variância inicial dos dados, discriminando no semi-eixo positivo, uma evolução temporal mais oscilante, reflectindo picos de recarga, e no semi-eixo negativo, um comportamento temporal relativamente constante.

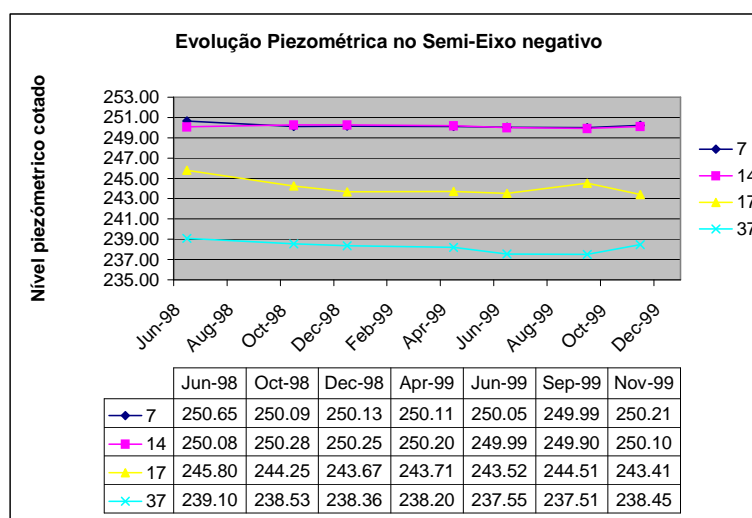
No **quadro 6** é possível observar a posição de cada piezómetro ao longo do eixo tendo em conta os dois tipos de tendência de evolução.

**Quadro 6 – Coordenadas dos piezómetros no 1º eixo factorial**

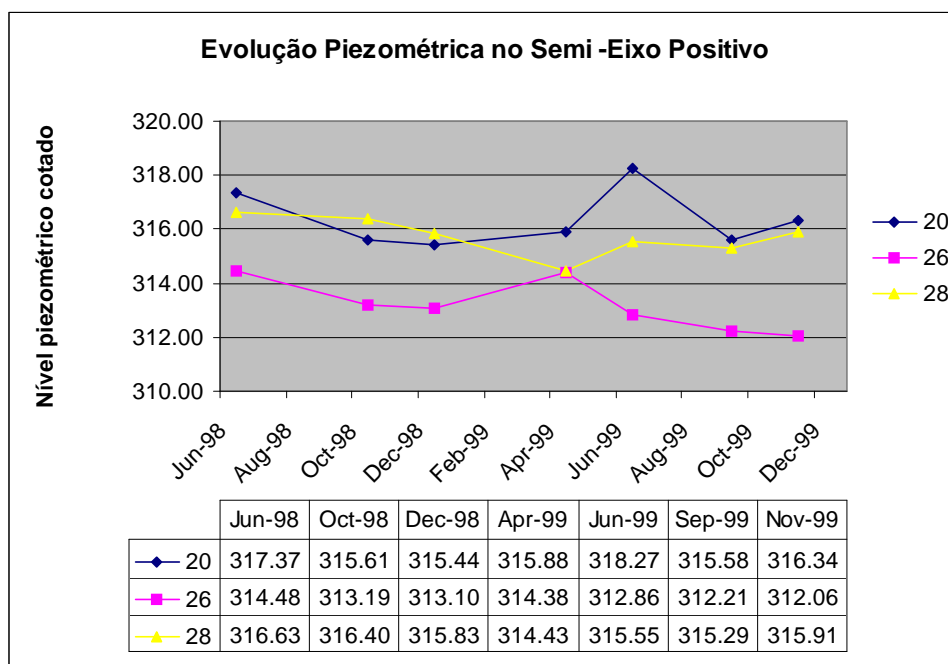
Piezómetros	1º Eixo	Piezómetros	1º Eixo	Piezómetros	1º Eixo
p 37	-2.015	p 21	-0.346	p 32	0.537
p 17	-1.766	p 11	-0.16	p 23	0.563
p 14	-1.512	p 12	-0.137	p 15	0.618
p 7	-1.51	p 19	-0.066	p 22	0.704
p 2	-1.267	p 16	-0.029	p 27	0.788
p 10	-1.176	p 8	0.04	p 18	0.885
P 38	-1.117	p 33	0.129	p 24	1.122
p 5	-1.105	p 30	0.3	p 13	1.123
p 36	-0.993	p 34	0.33	p 26	1.153
p 6	-0.567	p 1	0.423	p 28	1.261
p 3	-0.558	p 31	0.442	p 20	1.287
p 35	-0.492	p 9	0.443	p 25	2.619
p 4	-0.428	p 29	0.481		

Cada valor representa então um índice que sintetiza de uma forma simples a evolução temporal em cada um dos piezómetros, com base em 7 campanhas distribuídas de Junho de 98 a Novembro de 99.

Projectou-se os níveis piezométricos dos pontos extremos do semi-eixo negativo (**figura 13**) e do semi-eixo positivo (**figura 14**). Na **figura 13** verifica-se que os piezómetros têm um comportamento semelhante com uma evolução temporal pouco oscilante.



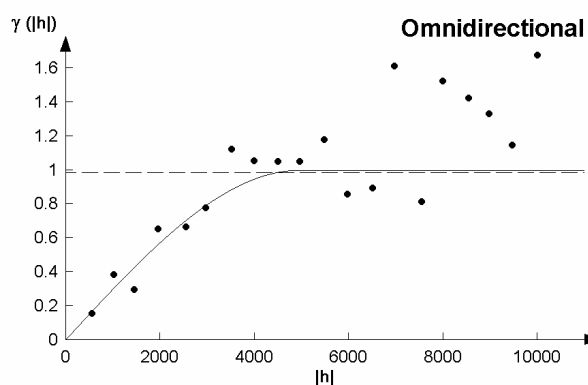
**Figura 13 – Padrão da evolução temporal piezométrica nos pontos extremos do semi-eixo negativo**



**Figura 14** – Padrão da evolução temporal piezométrica nos pontos extremos do semi-eixo positivo

Na **figura 14** os piezômetros têm um comportamento temporal bastante oscilante.

Com o intuito de analisar a distribuição espacial do índice de evolução temporal da piezometria, calculou-se o respectivo variograma omnidireccional (**figura 15**).



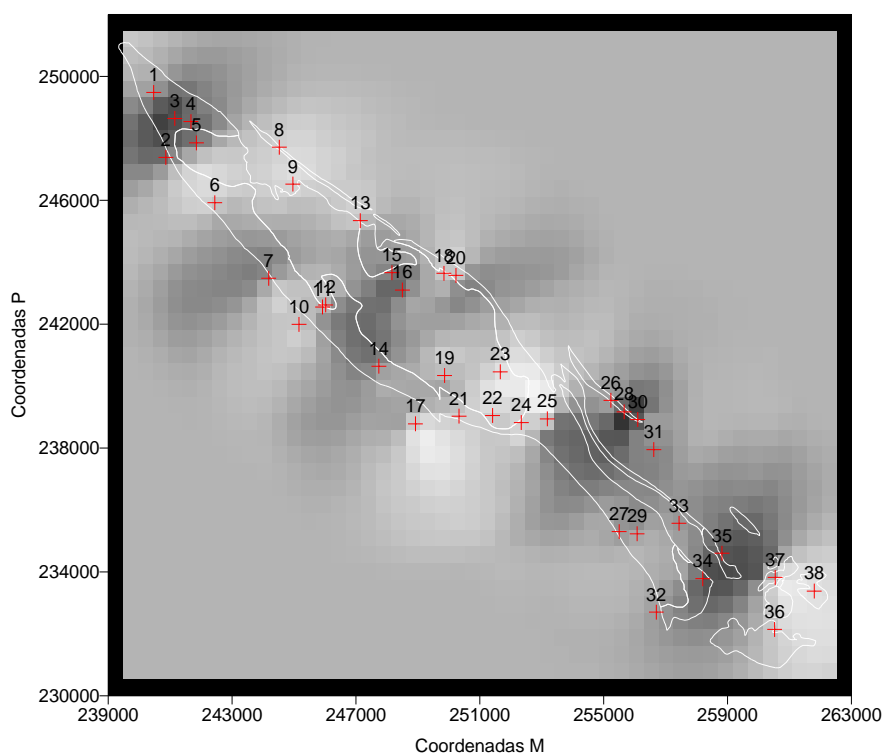
**Figura 15** – Variograma do índice de evolução temporal da piezometria

Comparando os parâmetros do variograma obtido para o índice e os que se obtiveram para cada horizonte temporal, verifica-se que a amplitude daquele corresponde à mediana das amplitudes calculadas, e que a variável mantém um comportamento linear junto à origem.

Na **figura 16** representa-se cartograficamente o resultado da krigagem do índice de evolução temporal da piezometria.

As zonas mais claras reflectem as áreas onde os piezómetros são sensíveis ao fenómeno da recarga, apresentando um padrão de evolução oscilante, enquanto que, as zonas mais escuras, correspondem aos piezómetros com um comportamento temporal relativamente constante.

Ao cruzar a localização dos pólos de extracção de água subterrânea, dos concelhos de Monforte, Fronteira e Alter do Chão, com a cartografia do índice verifica-se que estes se localizam sobre três das áreas mais escuras. O efeito da bombagem contínua induz uma regularidade nos níveis observados e anula qualquer efeito de recarga.

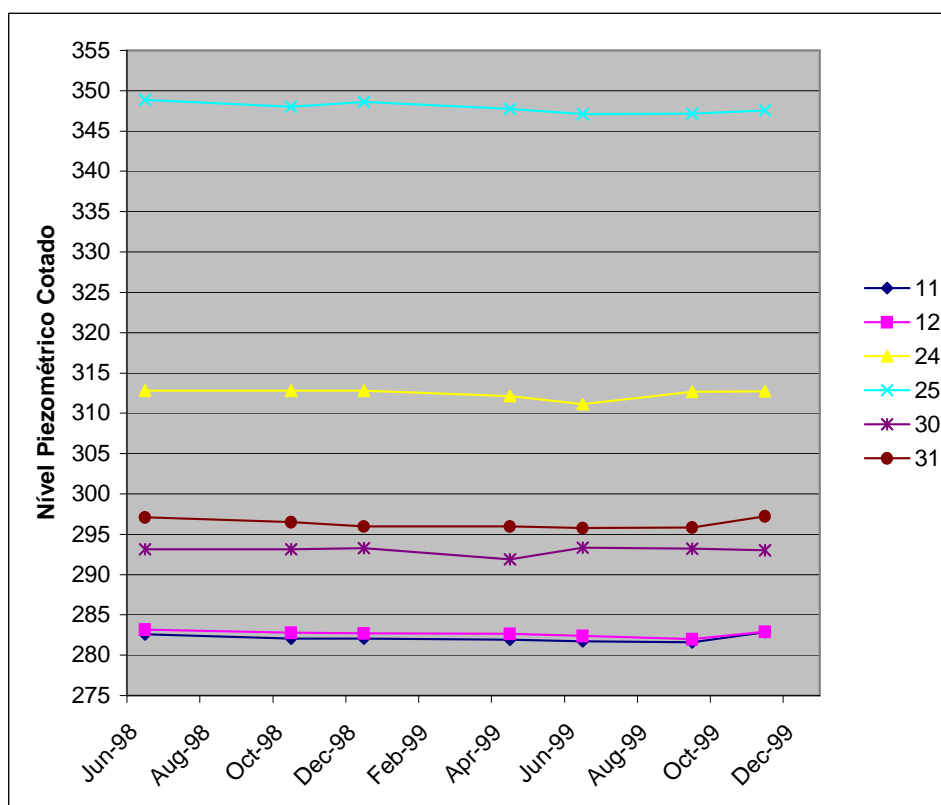


**Figura 16** – Cartografia do índice de evolução temporal da piezometria

A individualização de sectores com diferentes padrões de evolução temporal piezométrica, através do desenvolvimento e cartografia de um índice sintético possibilita, entre outros, a identificação de zonas afectadas/não afectadas por extracções intensas e a optimização de redes de monitorização.

Observando as **figuras 16 e 17** e a título de exemplo, verifica-se que os pares de pontos 11 e 12, 24 e 25, 30 e 31, encontram-se espacialmente muito próximos e têm um padrão

de evolução temporal muito semelhante. Numa perspectiva de optimização bastaria que apenas um membro do par integrasse a rede de monitorização ou, caso se comprove a regularidade do comportamento, que apenas um fosse representativo da evolução dos seis.



**Figura 17** – Evolução piezométrica dos pontos 11, 12, 24, 25, 30, 31

### 4.3 – Prospecção geofísica

#### 4.3.1 – Métodos geofísicos indirectos, Very Low Frequency – Electromagnetic (VLF – EM)

A utilização de métodos geofísicos electromagnéticos tem permitido aprofundar e complementar o conhecimento sobre a geometria e estrutura dos aquíferos através da identificação em profundidade de contactos litológicos, paleorelevos, redes de fracturação, grandes acidentes e estruturas cársicas.

Na prospecção e exploração de águas subterrâneas este tipo de conhecimento representa uma mais valia, contribuindo para o sucesso do furo de pesquisa.

Este método foi aplicado na zona de Alter do Chão e Monte dos Esquerdos por forma a determinar locais propícios à construção de captações de água subterrânea. A aplicação do método em Alter do Chão efectuou-se nas áreas recomendadas pelo Estudo Prévio das Condições Hidrogeológicas do Concelho (A. Pais Quina, 1997).

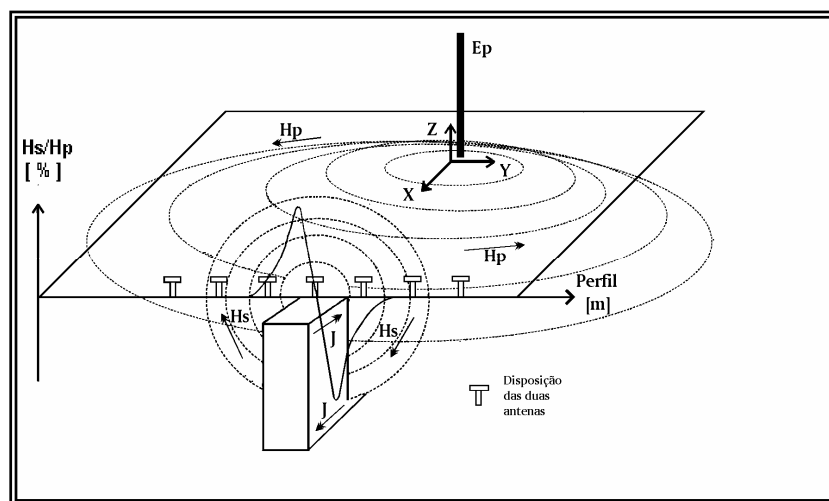
Este método utiliza as ondas de rádio de baixa a muito baixa frequência, que são emitidas por antenas fixas, de longo alcance, na banda dos 12 aos 300 kHz. A profundidade de penetração das ondas no subsolo (ou seja a profundidade de penetração do campo primário) dependente da frequência do emissor e da resistividade da rocha, como se pode ver a partir da seguinte equação (Dill et al, 1998):

$$P = 503 \sqrt{\frac{\rho_a}{F}}$$

em que: P = profundidade de penetração em metros (Skin depth)  
 $\rho_a$  = resistividade aparente em ohm.m  
F = frequência das ondas utilizadas em Hertz

As ondas de rádio originam nas rochas um campo electromagnético secundário que depende da natureza e das discontinuidades do meio rochoso e, que pode ser detectado à superfície. Assim o campo total resultante será a soma do campo secundário e do campo primário, distinguindo-se do primário na intensidade, na fase e na direcção (Dill et al, 1998).

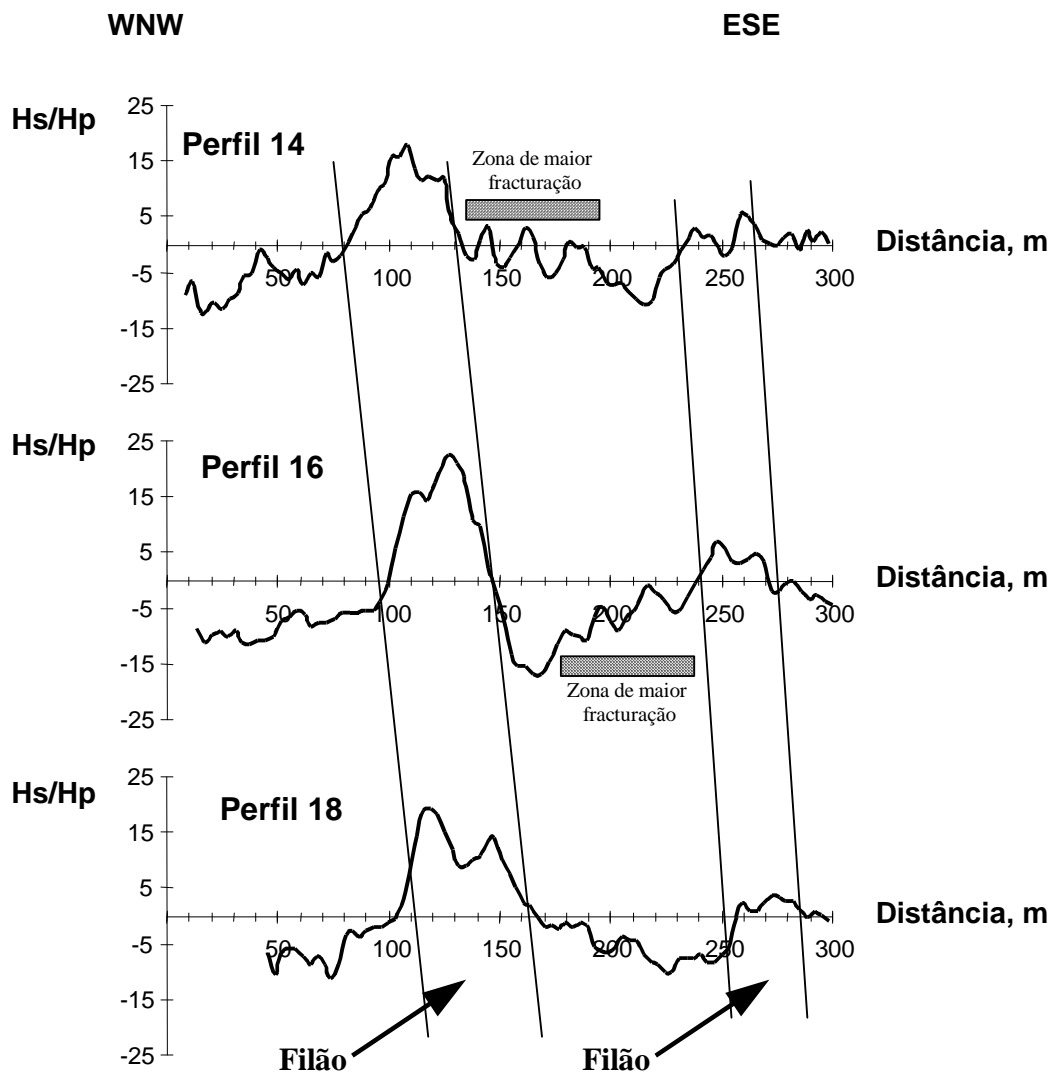
Segundo Dill et al (1998) o método VLF-EM mede a intensidade do campo magnético primário (Hp) através de uma bobine de eixo horizontal e detecta as componentes verticais (Hs) por intermédio de outra bobine de eixo vertical. As componentes verticais encontram-se em fase (in-phase) ou em quadratura (out-of-phase) com o campo primário. Os resultados exprimem-se sob a forma de uma relação entre as intensidades de ambos campos e em percentagem (Hs/Hp %) como se exemplifica na **figura 18**.



**Figura 18** - Princípio do método VLF-EM, adaptado de Turberg e Müller (1992) in Dill et al (1998)

A aparelhagem e metodologia utilizada pelo IGM foi desenvolvida por uma equipa de investigação do Centro de Hidrogeologia da Universidade de Neuchâtel - Suíça, sob a orientação do Prof. Müller. Distingue-se dos aparelhos VLF comerciais, porque regista em contínuo a variação do sinal.

Carvalho (1997) e Carvalho e Costa (1998) referem os resultados obtidos nas formações carbonatadas (**figura 19**) numa área a norte de Alter do Chão, zona G, recomendada por Pais Quina (1997).



**Figura 19** - Gráficos representativos dos perfis de VLF-EM efectuados em Alter do Chão, zona G recomendada por Pais Quina (1997), adaptado de Carvalho (1997) e Carvalho e Costa (1998)

Segundo os autores a análise dos 3 perfis paralelos põe em evidência duas anomalias, que deverão corresponder a filões subverticais de direcção N60°W e inclinação para SSW, detectados num levantamento de campo, e a existência de zonas de maior fracturação do meio, estas últimas potencialmente favoráveis à pesquisa hidrogeológica.



Outro exemplo de aplicação do método realizou-se a norte dos furos camarários de Estoril em Alter do Chão, numa propriedade designada por Alcarcova. Realizaram-se 5 perfis com as seguintes características:

**1º perfil** – perfil de teste à recepção do sinal, foi desprezado no tratamento dos resultados;

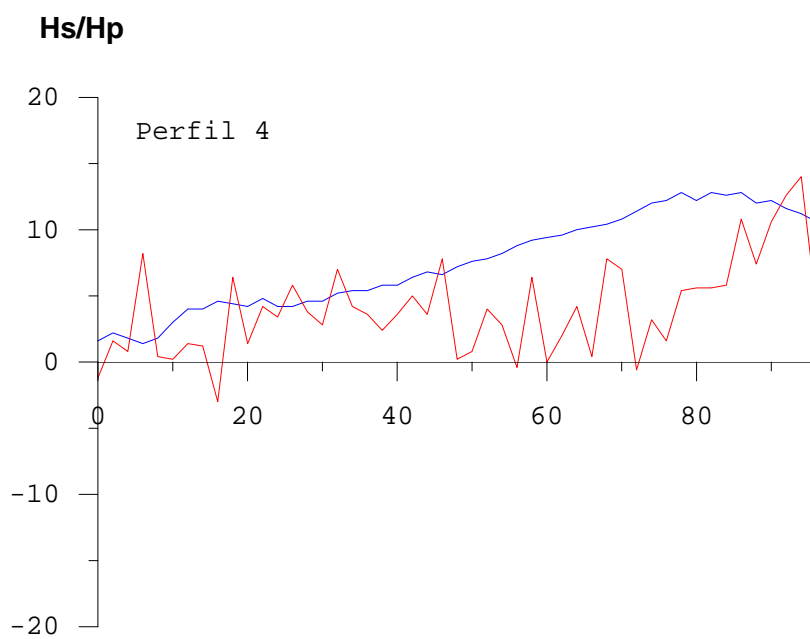
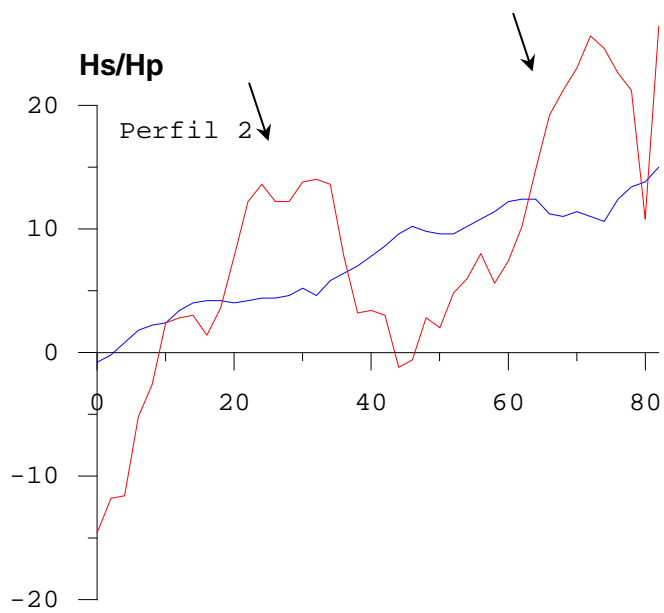
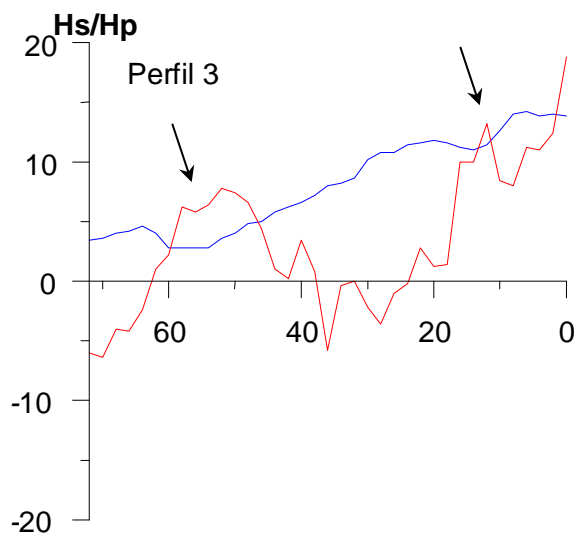
**2º perfil** – perfil de orientação W-E com 150 m de comprimento;

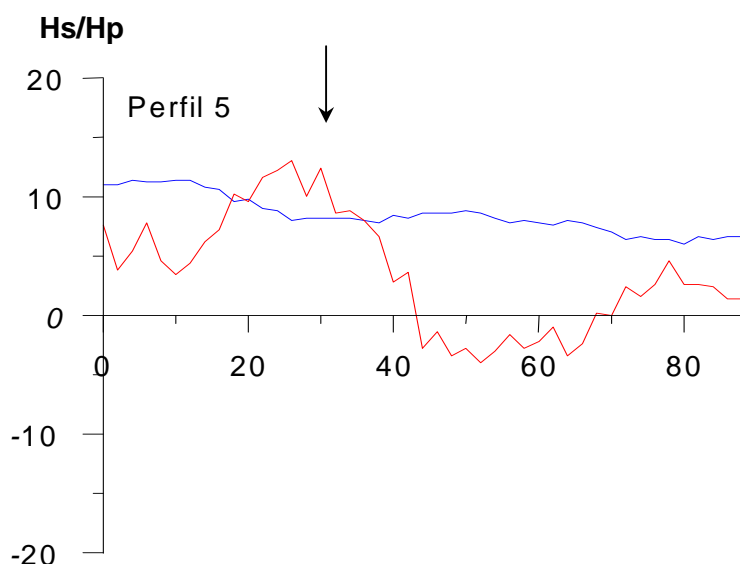
**3º perfil** – perfil de orientação E-W com 140 m de comprimento, localizado 62 m a norte do 2º perfil;

**4º perfil** – perfil de orientação NW-SE com 190 m de comprimento, que cruza o 2º e o 3º obliquamente.

**5º perfil** - perfil de orientação S-N com 160 m de comprimento, que cruza o 2º e o 3º perpendicularmente.

Os perfis estão representados na **figura 20**. O eixo das ordenadas representa a relação em percentagem entre os valores dos campos magnéticos secundário e primário. O eixo das abcissas está à escala para que se possam comparar os perfis. A vermelho está representado o in-phase e a azul o out-of-phase.





**Figura 20** – Perfis de VLF-EM na Alarcova em Alter do Chão

A interpretação dos perfis contou com a colaboração da Prof. Amélia Dill. No perfil 4 nota-se que a linha de outphase se aproxima gradualmente do eixo do X parecendo indicar que as camadas de calcários mergulham para NW.

Existem duas anomalias detectadas nos perfis paralelos 2 e 3, que se encontram assinaladas por setas. No perfil 5 é igualmente intersectada a mesma estrutura. A direcção desta estrutura deve ser aproximadamente NW-SE uma vez que o perfil 4, realizado segundo esta direcção não evidencia qualquer anomalia dominante, comportamento típico de perfil realizado sobre a estrutura.

Salienta-se que a Câmara Municipal de Alter do Chão realizou posteriormente um furo de captação no local onde se detectou a anomalia principal, tendo-se revelado produtivo, o que levou ao seu aproveitamento para reforço do abastecimento público.

#### **4.4 – Execução de sondagens verticais e diagrfias**

Em colaboração com a Divisão de Sondagens realizaram-se 3 sondagens de prospecção hidrogeológica designadas por SDH Azinhal, junto a Vaimonte, SDH Sto. António das Paredes, junto a Cabeço de Vide, e SDH Vale Doce (**quadro 7**). Cada sondagem foi objecto de uma caracterização litológica e estrutural, de diagrfias eléctricas, nucleares e de temperatura, e de 2 ensaios de caudal com sistema de air-lift, realizados aos 30 m e no final da sondagem, que permitiram a determinação de parâmetros hidráulicos. Ao longo dos trabalhos de perfuração efectuaram-se descrições sumárias das litologias

atravessadas, mediram-se os níveis da água para avaliar a sua evolução, quantificaram-se as percentagens de recuperação dos testemunhos e definiram-se as colunas de entubamento.

Um dos principais objectivos na realização das sondagens, para além de obter dados litológicos, de fracturação e hidráulicos, foi a sua transformação em piezómetros tendo em vista o estabelecimento de uma rede de monitorização piezométrica no sistema aquífero.

O facto destes piezómetros possuírem uma caracterização, tanto quanto possível, completa, é uma garantia fundamental na fiabilidade dos dados hidrogeológicos obtidos, transformando-os nos pontos mais fiáveis das redes de monitorização piezométrica e de qualidade.

Assim procedeu-se à instalação de dois sistemas automáticos de aquisição de níveis na SDH Azinhal e SDH Sto. António das Paredes, configurados para a aquisição de dados horários.

**Quadro 7 – Sondagens do Sistema Monforte-Alter do Chão**

carta	designação	coord M	coord P	cota	prof	litologia	data de construção
384	SDH Azinhal	253585	237765	315	112.48	calcários	11-11-98
371	SDH Sto. António das Paredes	249395	242090	296	60.25	gabros	2-12-99
371	SDH Vale Doce	252710	242060	335	60.03	ortognaisses graníticos e sienitos hipercalinos	3-5-99

#### **4.4.1 - Caracterização litológica e estrutural**

A sondagem SdH Azinhal situa-se a cerca de 1.5 km a N da povoação de Vaiamonte. A interpretação da carta geológica 1/50 000 bem como os levantamentos de campo realizados mostram que a sondagem se inicia na unidade dos calcários cristalinos por vezes xistificados e silicificados do Câmbrio. Esta unidade é largamente representativa de toda a sondagem, sendo apenas interrompida em profundidade pela existência de algumas intercalações de rochas metavulcânicas de idade Câmbria provável.

O log sumário das formações atravessadas, pode ser visualizado na **figura 21**.

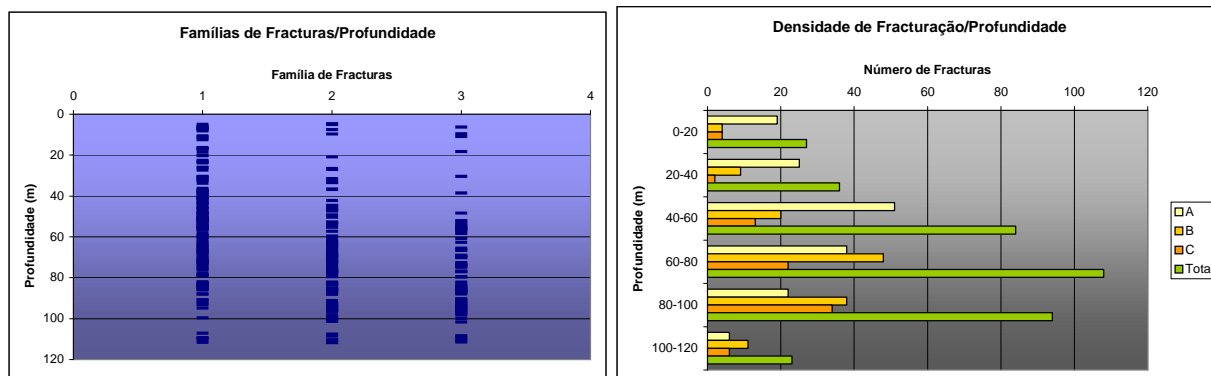


**Figura 21** -Log da SDH Azinhal

Para caracterizar a fracturação ao longo da sondagem foram individualizadas três famílias ou classes distintas, cujos intervalos abarcam todo o espectro de inclinações possíveis:

- **Família A-** incluem-se aqui as fracturas sub-horizontais a pouco inclinadas, ou seja, as que inclinam menos de 30°;
- **Família B-** constitui o grupo de fracturas que se apresentam mediamente inclinadas, com valores de inclinação que variam entre os 31° e os 60°;
- **Família C-** agrupa o conjunto de fracturas fortemente inclinadas a sub-verticais, com inclinações superiores a 61°.

A distribuição das diferentes famílias de fracturas ao longo da sondagem pode ser observada na **figura 22**.



**Figura 22** - Densidade das 3 famílias da fracturas *versus* profundidade na SDH Azinhal

Verifica-se que a densidade de fracturação aumenta gradualmente entre os 0 e os 40 metros de profundidade, apresentando um aumento brusco no intervalo compreendido entre 40 e os 60 metros de profundidade. Atinge o pico máximo de densidade de fracturação no intervalo compreendido entre os 60 e os 80 metros de profundidade. Desse nível em diante decresce, primeiro de forma gradual e depois bruscamente.

Visto que esta variação da densidade de fracturação não pode ser explicada por factores litológicos (pois ao longo de toda a sondagem a litologia é bastante homogénea), a justificação deve-se a factores estruturais, ou seja a partir dos 40 metros aproxima-se uma zona fracturada. O facto deste aumento de densidade estar relacionado quer com a família B, quer com a família C, parece indicar que a(s) zona(s) de acidente, a existirem, deverão ter uma posição bastante inclinada.

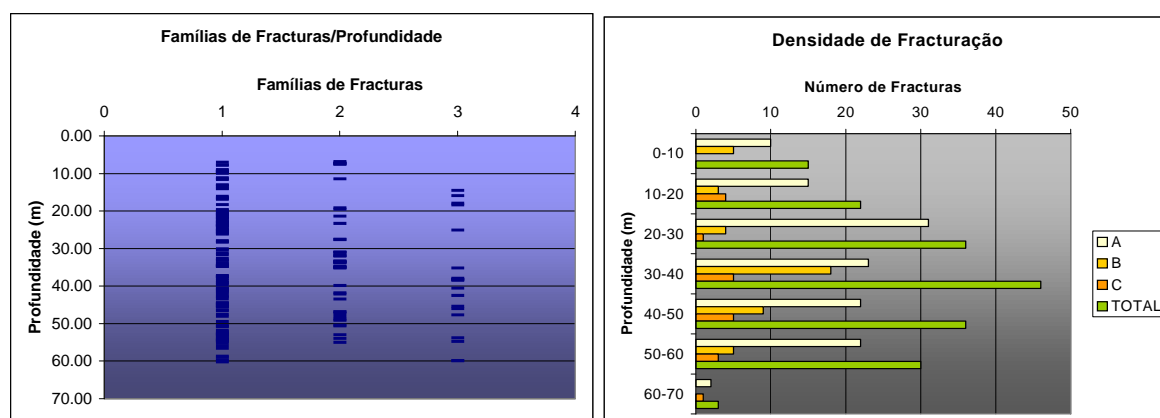
A sondagem SdH Sto.António das Paredes situa-se a cerca de 2.5 km a NE da povoação de Cabeço de Vide. Inicia-se na unidade de rochas ultrabásicas que constitui a única unidade a ser atravessada pela sondagem. Encontra-se quase exclusivamente representada por rochas ultrabásicas (peridotitos a piroxenitos) mais ou menos serpentinizadas, localmente atravessadas por filões máficos cuja natureza se encontra ainda por identificar.

O log sumário das formações atravessadas pode ser visualizado na **figura 23**.



**Figura 23** -Log da SDH Sto. António das Paredes

Para caracterizar a fracturação ao longo da sondagem procedeu-se de forma análoga à descrita para a SDH Azinhal. A distribuição das três famílias de fracturas ao longo da sondagem pode ser observada na **figura 24**.



**Figura 24** - Densidade das 3 famílias da fracturas versus profundidade na SDH Sto. António das Paredes

Verifica-se que a densidade de fracturação aumenta gradualmente até ao intervalo entre os 30 e 40 metros de profundidade onde atinge o seu máximo. Dos 40 aos 60 metros de profundidade decresce de uma forma gradual, muito embora se mantenha com valores relativamente elevados. O decréscimo acentuado que se verifica no intervalo entre os 60 e 70 metros de profundidade deve-se ao facto de a sondagem terminar aos 60.25 metros de profundidade.

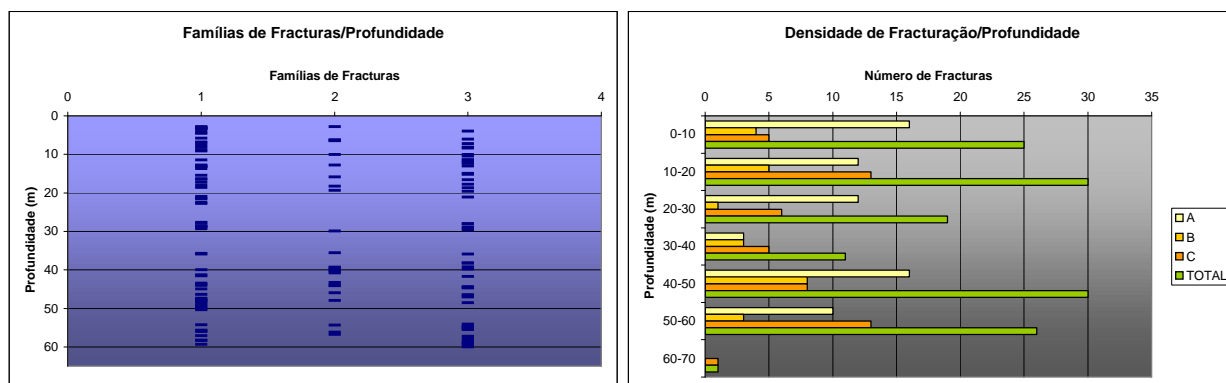
O aumento de densidade da fracturação poderá ser atribuído à possível zona de falha descrita entre os 35.80 e 37.70 metros, uma vez que ao longo de toda a sondagem a litologia é bastante homogénea. A observação da **figura 24** mostra que o aumento brusco está associado à família de fracturas moderadamente inclinadas (família B), o que parece traduzir que a zona de falha aqui existente terá uma inclinação entre os 30 e os 60°. Com efeito, não se observa nenhuma variação da densidade das outras duas famílias em torno destas profundidades.

A sondagem SdH Vale Doce situa-se a cerca de 6 km a ENE da povoação de Cabeço de Vide, no flanco NE do sistema aquífero. A sondagem inicia-se na unidade dos ortognaisses graníticos e sienitos peralcalinos, cuja idade se encontra estimada entre 430 e 460 Ma (Ordovícico superior). Esta unidade é claramente dominante ao longo de toda a sondagem e encontra-se quase exclusivamente representada por sienitos. Entre os 46 e 50 metros de profundidade, a sondagem atravessa um nível de rochas vulcânicas ácidas de idade Câmbrica provável. A partir deste nível a sondagem parece intersectar novamente a unidade dos sienitos peralcalinos. O facto de encontrarmos a unidade dos sienitos sob o nível de vulcânicas ácidas da base do Câmbrico pode apenas resultar da geometria da intrusão ou, alternativamente, da presença de acidentes secundários associados ao cavalgamento de Alter do Chão. Em anexo encontra-se uma descrição exaustiva das carotes.

Para a caracterização da fracturação adoptou-se uma metodologia análoga à já descrita para as outras sondagens.

A distribuição das três famílias de fracturas ao longo da sondagem pode ser observada na **figura 25**.





**Figura 25** - Densidade das 3 famílias da fracturas versus profundidade na SDH Vale Doce

A densidade de fracturação apresenta um comportamento irregular, atingindo o seu máximo entre os 10-20 e os 40-50 metros de profundidade.

O aspecto que parece mais relevante tem a ver com uma queda acentuada da densidade de fracturação associada as profundidades entre os 30 e os 40 metros, que contrastam fortemente com uma densidade bastante homogénea para as restantes profundidades. Esta diminuição do número de fracturas para estas cotas pode ser facilmente explicada por factores litológicos. Com efeito entre os 31.3 e os 36.44 metros de profundidade os sienitos encontram-se bastante alterados, sendo a zona de alteração mais marcante ao longo de todo o corte. No entanto, o facto destes sienitos se encontrarem profundamente alterados, poderá talvez indicar que se está em presença de uma zona de falha ao longo da qual a circulação de fluidos terá contribuído para a alteração dos sienitos.

#### 4.4.2 - Diagrafias

Em colaboração com o Departamento de Geofísica foram realizadas diagrafias eléctricas nucleares e de temperatura em diferentes etapas de perfuração. Nas várias campanhas realizadas nas sondagens carotadas de investigação hidrogeológica foram medidos 11 parâmetros por furo, designadamente Temperatura, Condutividade do Fluido, Fluxo, Neutrões, Potencial Espontâneo (SP), Radiação Gama Natural, Single Point Resistance (SPR), Resistividades Normais 8", 16", 32" e 64", para localização, numa primeira fase, de possíveis zonas aquíferas e identificação de contactos.

Os dados provenientes das diagrafias poderão ser cruzados com a maior parte dos dados litológicos e de fracturação, por forma a desenvolver metodologias susceptíveis de serem utilizadas em sondagens não carotadas e em furos com escassa informação. Esta

correlação mais detalhada projectar-se-á para uma fase posterior a este estudo. De qualquer forma, a interpretação inicial das diagrfias foi efectuada com o recurso às carotes disponíveis e respectiva descrição sumária, através de analogias com os furos melhor estudados.

Nas campanhas de diagrfias, foi utilizado um logger digital MGXII da Mount Sopris, **(figura 26)** adquirido no âmbito do projecto, cujo objectivo principal consistiu no conhecimento de parâmetros que permitam caracterizar as formações atravessadas **(quadro 8)**. O processamento dos dados no campo foi efectuado com o recurso ao software LOGSHELL, enquanto que em gabinete foram processados com o software VIEWLOG.

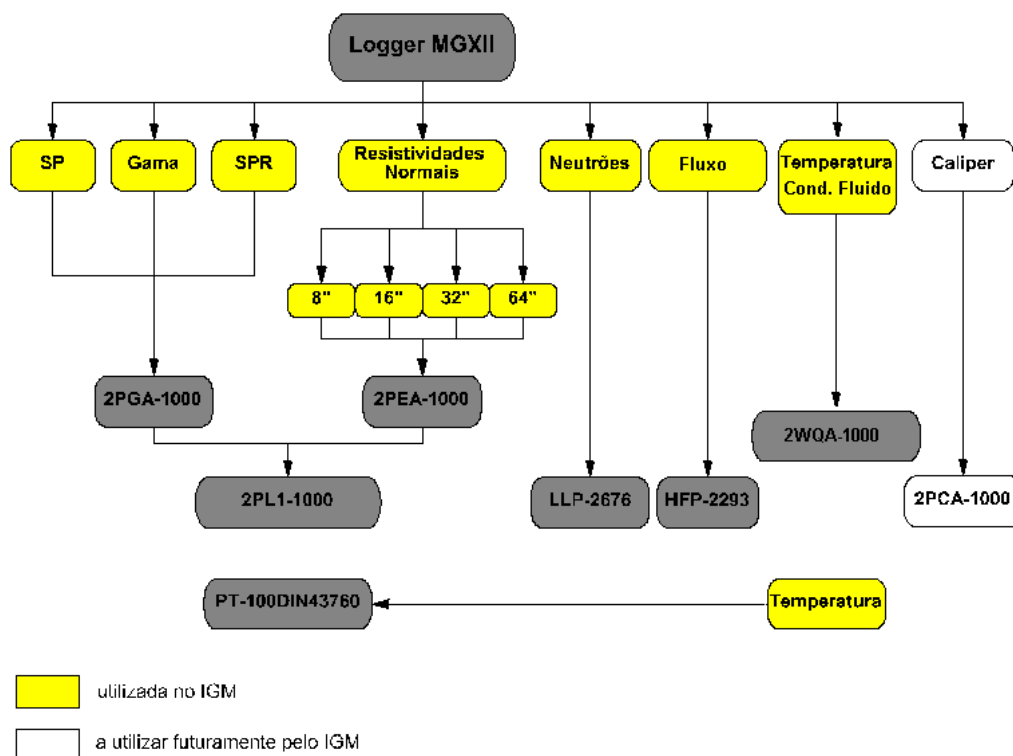


**Figura 26** - Equipamento de campo - logger MGXII da Mount Sopris, com guincho 2500 e PC com processador 486

**Quadro 8** - Informações passíveis de obter a partir da interpretação das diagrfias registadas com o equipamento existente actualmente no Instituto Geológico e Mineiro (adaptado de Keys, 1990)

LOG	PROPRIEDADES MEDIDAS	APLICAÇÃO POTENCIAL	CONDIÇÕES DO FURO	UNIDADE
<b>SP</b>	Potencial eléctrico causado por diferenças de salinidade no furo e fluidos intersticiais	Identificação de litologias, conteúdo em argilas, qualidade da água, localização de zonas permeáveis	furo não entubado preenchido com fluido condutivo	mV
<b>Gama natural</b>	Radiação gama de radioisótopos naturais ou artificiais	Identificação de litologias relacionadas com o conteúdo em argilas e siltes e localização de zonas permeáveis	quaisquer condições, desde que o furo não tenha diâmetro demasiado grande	c.p.s.
<b>SPR</b>	Resistência da rocha, fluido de saturação e fluido do furo	Identificação de litologias, localização de fracturas localização de zonas permeáveis	furo não entubado preenchido com fluido condutivo	Ohm
<b>Resistividade multielectrónica</b>	Resistividade das rochas e fluidos de saturação	Identificação de litologias, interpretações quantitativas da salinidade da água intersticial e localização de zonas permeáveis	furo não entubado preenchido com fluido condutivo	Ohm.m
<b>Neutrões</b>	Conteúdo em hidrogénio (porosidade)	Identificação de litologias, porosidade saturada	quaisquer condições	c.p.s.
<b>Temp</b>	Temperatura do fluido e/ou temperatura das formações	Gradiente geotérmico, localização da água injectada	furo preenchido com fluido	graus Celsius
<b>Condutividade do fluido</b>	Condutividade/resistividade do fluido	Muito eficiente para localizar zonas de circulação de água e interface água doce/salgada	furo preenchido com fluido	$\mu\text{S/cm}$
<b>Fluxo</b>	Sentido e velocidade do fluxo	Zonas de entrada e saída de água	furo preenchido com fluido	m/min ou L/h

Com o equipamento disponível (**figura 27**), foi possível a aquisição simultânea de um conjunto razoável de parâmetros e, embora por si só a análise de uma única diagrafia quase nunca seja conclusiva, a análise em paralelo de um conjunto de diagrafias poderá fornecer indicações esclarecedoras acerca das formações que o furo atravessa (Howard, 1990) e da respectiva hidrogeologia. Sob condições favoráveis, é possível estabelecer modelos de secções verticais que definam a geometria das formações, a partir das correlações observadas entre os 11 parâmetros medidos e elementos adicionais fornecidos pelo estudo detalhado das carotes dos furos, a nível de fracturação.



**Figura 27** - Os 11 parâmetros medidos actualmente nas campanhas de diagrafias do IGM e referência das sondas. Nos furos de Monforte não se utilizou a sonda PT-100DIN43760, nas medidas de Temperatura

Todas as diagrafias de Radiação Gama Natural, SP, SPR, Resistividades Normais 8", 16", 32" e 64" realizadas com a sonda 2PEA-1000 e ainda as diagrafias de Temperatura e Condutividade do Fluxo, realizadas com a sonda 2WQA-1000, foram efectuadas com uma velocidade constante de 5 m/min. Por questões de operacionalidade, as diagrafias efectuadas com a sonda de Neutrões também foram realizadas com uma velocidade constante de 5 m/min. A aquisição de diagrafias de Fluxo foi efectuada com espaçamento constante de 5m. A partir das diagrafias de temperatura calcularam-se as diagrafias do gradiente geotérmico a cada 2 metros.

No **quadro 9** estão representados a metragem e os furos diagrfados no sistema aquífero.

**Quadro 9** - Metragem e os furos diagrfados no sistema aquífero

	<b>Metragem diagrfada (m)</b>	<b>Furos diagrfados</b>
<b>Diagrafias eléctricas em modo eléctrico (SP + SPR + Res.Norm. 8", 16", 32" e 64")</b>	1550	SDH1-Azinhal; SDH2-Sto. António das Paredes; SDH3-Vale Doce
<b>Diagrafias nucleares (Gama + Neutrões)</b>	450	SDH1-Azinhal; SDH2-Sto. António das Paredes; SDH3- Vale Doce
<b>Diagrafias da coluna de fluido (temperatura, condutividade do fluido e fluxo)</b>	865	SDH1-Azinhal; SDH2-Sto. António das Paredes; SDH3- Vale Doce
<b>Total</b>	<b>2865</b>	

Através da observação dos Relatórios do LÍRIO e respectiva correlação com as diagrafias efectuadas, é possível atribuir valores e características genéricas a cada uma das principais formações atravessadas pelos furos estudados.

Embora em formações calcárias, muito compactas e resistivas, a calibração das sondas eléctricas deixe frequentemente de ser linear, tornando-se as diagrafias apenas qualitativas neste tipo de ambientes, existe um padrão de comportamento para cada tipo de formação, não obstante o facto dos valores registados (sob a forma quantitativa) terem validade apenas enquanto perante as mesmas condições de operacionalidade. Estas últimas considerações estendem-se também às diagrafias nucleares. Como exemplos destes tipos de variação, citam-se os casos da variação do diâmetro do furo, se é um furo em "open-hole"/entubado, o tipo de coluna de fluido, o tipo de detectores Geiger para a sonda de radiação gama natural, o tipo de fonte radioactiva para o caso da sonda de Neutrões (neste caso, uma sonda de Am-Be, com mais de 10 anos), velocidade do registo, etc. Assim, de uma forma meramente qualitativa (válida com qualquer tipo de equipamento), é possível distinguir as formações e respectivas características genéricas que se encontram representadas no **quadro 10**.

**Quadro 10** – Tipos de formações principais atravessadas pelos furos e respectivas características genéricas. Para uma sonda de Neutrões com espaçamento fonte radioactiva-detector superior a 30 cm. O SPR, pelas características do dispositivo, é apenas quantitativo (distância eléctrodo de corrente-eléctrodo de superfície impossível de calcular)

	<b>Radiação Gama Natural (cps)</b>	<b>Neutrões (cps)</b>	<b>SPR (<math>\Omega</math>)</b>
<b>Calcários são</b>	<b>Muito baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Elevado</b>
<b>Calcários brechoides</b>	<b>Médio</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>
<b>Calcários ferruginosos</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Médio</b>
<b>Rochas ultrabásicas</b>	<b>Muito baixo</b>	<b>Baixo</b>	<b>Baixo-Médio</b>
<b>Filões</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Baixo</b>

Esta mesma distinção poderá ser feita para o equipamento utilizado, ainda que, pelas características muito resistivas das formações carbonatadas atravessadas não tenha sido possível registar valores quantitativos para as diagrfias eléctricas (tal como já foi mencionado), designadamente, as Resistividades Normais largas (32" e 64"), cujo poder de penetração nas paredes do furo é suficiente para permitir concluir acerca da resistividade aparente das formações que o furo atravessa. No que diz respeito às rochas ultrabásicas, constata-se a grande heterogeneidade de resistividades eléctricas registadas, que variam entre os 700 Ohm.m e os 3600 Ohm.m, para a Resistividade Normal 64". Embora seja de registar a baixa correlação entre as diagrfias eléctricas e a análise das carotes, salienta-se que a existência abundante de sulfuretos disseminados e minerais magnéticos influenciará localmente e de forma mais ou menos imprevista os valores registados para as diagrfias eléctricas, dificultando, por isso a sua interpretação.

O **Quadro 11** mostra os valores médios obtidos para as formações principais atravessadas pelos furos e respectivas características genéricas, com o equipamento existente no IGM.

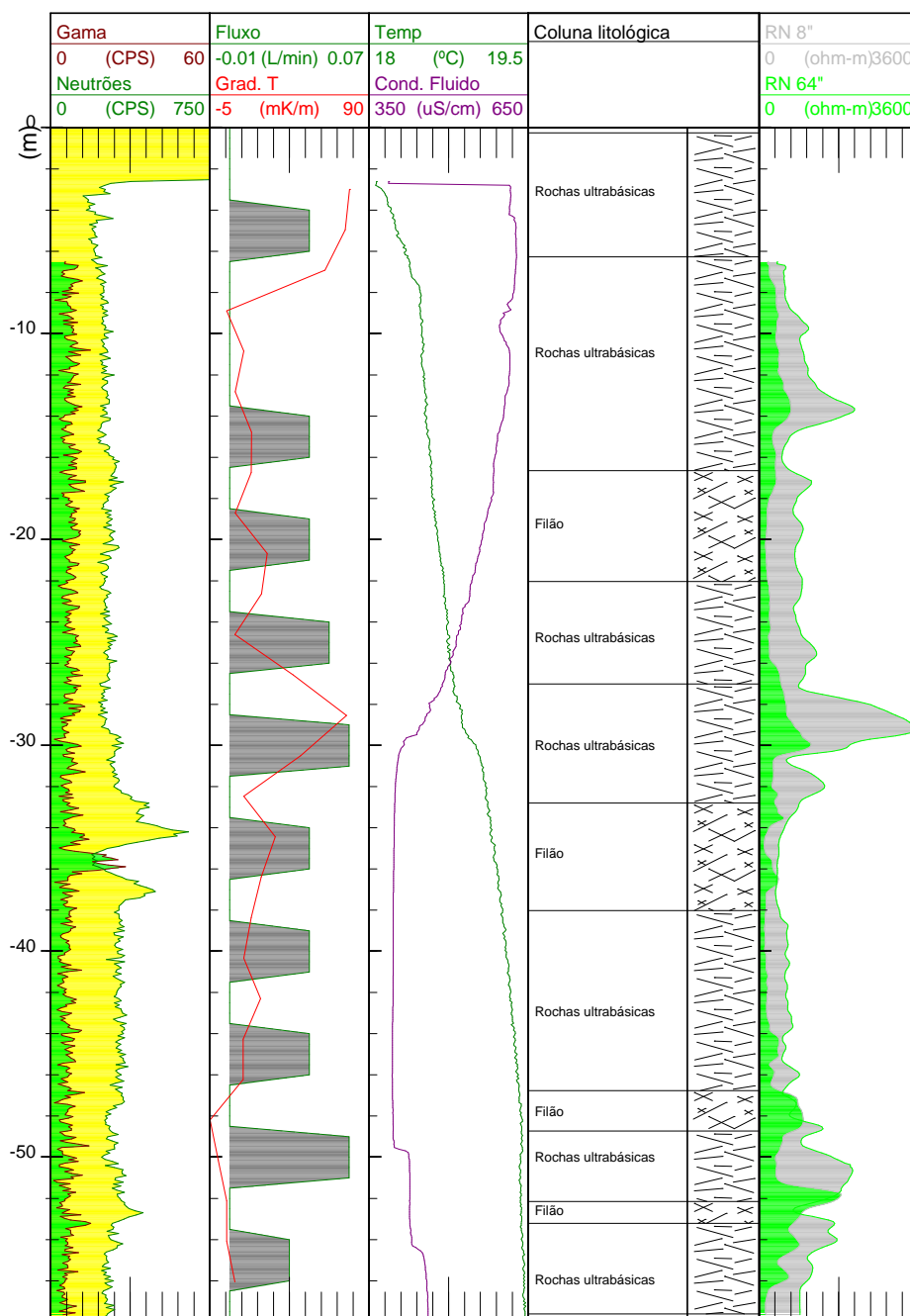
**Quadro 11** - Valores médios obtidos para as formações principais atravessadas pelos furos efectuados e respectivas características genéricas, com o equipamento existente no IGM

	<b>Radiação Gama Natural (cps)</b>	<b>Neutrões (cps)</b>	<b>SPR (<math>\Omega</math>)</b>
<b>Calcários sãos</b>	<b>&lt;20</b>	<b>1500</b>	<b>Elevado</b>
<b>Calcários brechoides</b>	<b>100</b>	<b>700</b>	<b>Médio</b>
<b>Calcários ferruginosos</b>	<b>&lt;50</b>	<b>1100-1200</b>	<b>Médio</b>
<b>Rochas ultrabásicas</b>	<b>&lt;10</b>	<b>200</b>	<b>Baixo-Médio</b>
<b>Filões</b>	<b>&lt;10</b>	<b>200</b>	<b>Baixo</b>

Em todos os furos as diagrfias foram efectuadas imediatamente após a perfuração ou após algumas horas. Nestas, a sua interpretação serviu como um dos critérios fundamentais para o respectivo entubamento. Além disso, as diagrfias têm como papel principal a determinação de parâmetros físicos das rochas e ainda a localização de zonas fracturadas com potencial interesse hidrogeológico.

Esta localização de zonas fracturadas, com este tipo de formações e com as sondas disponíveis, centra-se na determinação de locais que, por um lado pareçam ser zonas de alteração e, por outro, apresentem circulação de fluidos visível, detectadas por exemplo, pelas diagrfias nucleares, através de um aumento do diâmetro do furo e/ou deposição de hidróxidos nas zonas falhadas (Howard, 1990). Para o efeito utilizaram-se, fundamentalmente, as diagrfias de neutrões, temperatura e gradiente geotérmico, condutividade do fluido e fluxo associadas às diagrfias eléctricas, na ausência das diagrfias do “caliper”, que dão indicações muito importantes acerca das variações do diâmetro do furo.

Em seguida, e apenas a título de exemplo, apresentam-se diagrfias de dois furos, que ilustram com alguma clareza a capacidade das diagrfias para identificação de formações **(figuras 28, 29 e 30)**.



**Figura 28** - Diagramas eléctricos (RN8" e RN 64"), nucleares (neutrões e radiação gama natural) e diagramas da coluna de fluido (fluxo, condutividade do fluido, temperatura e gradiente geotérmico) efectuadas no furo SDH2 Sto. António das Paredes

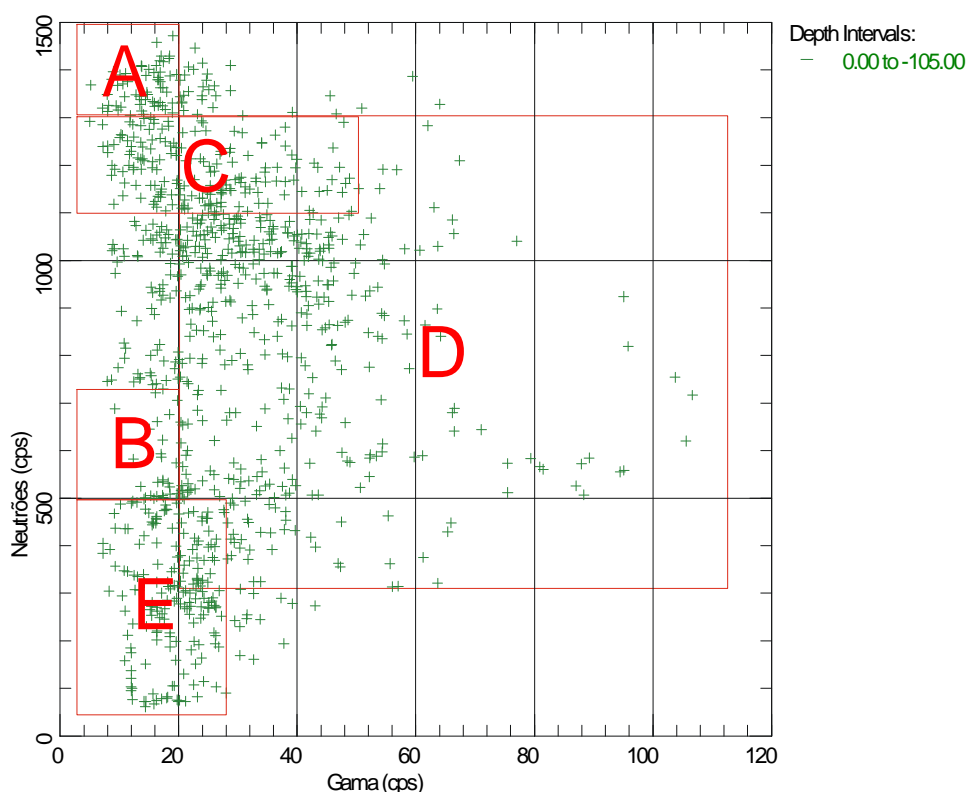




diagrafias eléctricas (motivada pela existência de sulfuretos disseminados nas rochas ultrabásicas que dificulta a interpretação destas últimas).

A **figura 29** mostra o conjunto de diagrafias nucleares (neutrões e radiação gama natural) e diagrafias da coluna de fluido (fluxo, condutividade do fluido, temperatura e gradiente geotérmico) efectuadas no furo SDH1 Azinhal.

A **figura 30** mostra o gráfico dos registos da diagrafia de neutrões *versus* radiação gama natural relativamente ao furo SDH1 Azinhal.



**Figura 30** - Gráfico dos registos da diagrafia de neutrões *versus* radiação gama natural para o furo SDH1 Azinhal; A = calcários sãos; B = zonas fracturadas; C = calcários com veios ferruginosos; D = calcários brechóides; E = zona entubada

## 4.5 – Ensaios de caudal

### 4.5.1– Metodologia e interpretação de resultados

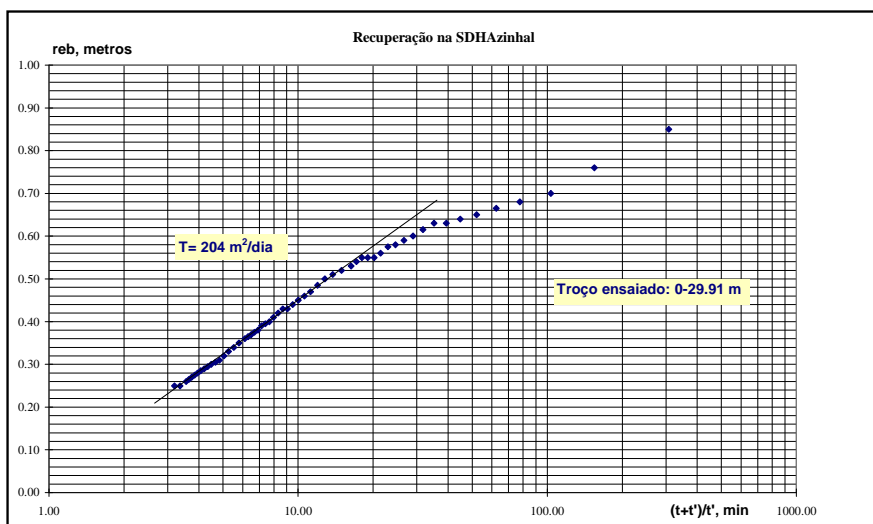
#### ◆ Ensaios de air-lift nas sondagens de prospecção hidrogeológica

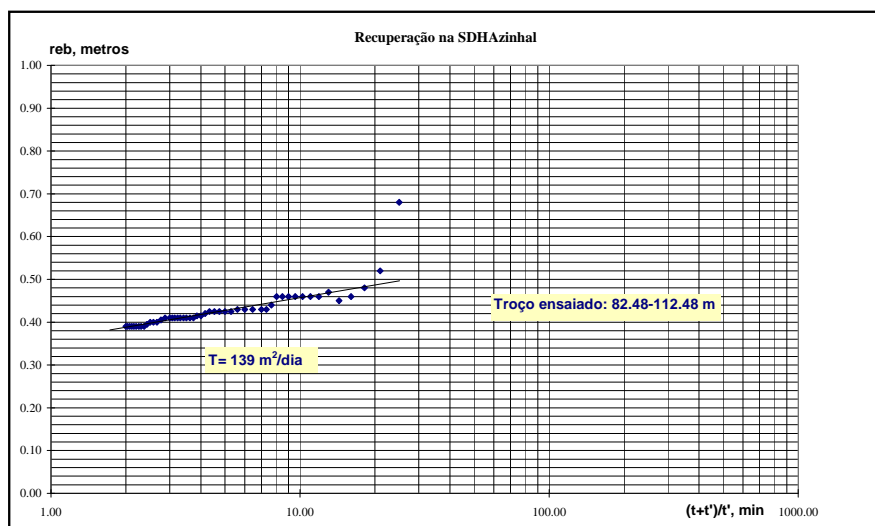
Os ensaios de bombagem utilizando a técnica de ar comprimido permitem estimar o grau de produtividade da captação em construção, assim como obter uma primeira aproximação sobre os valores dos parâmetros hidrogeológicos dos aquíferos bombeados

(Martinez & Iglesias Lopez, 1984). Por outro lado o ar comprimido tem um importante papel no desenvolvimento de sondagens para eliminar uma certa percentagem de finos que normalmente ficam retidos no maciço filtrante.

O fundamento teórico do método está baseado no sistema de vasos comunicantes. Ao injectar ar comprimido por um tubo a uma pressão superior à necessária para vencer uma coluna de água, ascenderá pelo tubo da água uma mistura de ar e água até à altura em que os pesos interior e exterior se equilibrem. Para o sucesso do ensaio é necessário ter atenção aos parâmetros pressão do ar e submersão, entendendo-se por submersão a relação entre o comprimento do tubo situado abaixo do nível da água e o comprimento total do tubo expresso em percentagem. Experimentalmente foi comprovado que a submersão mais conveniente deverá ser de 60 a 65% (Martinez e Iglesias Lopez, 1984). Como varia em função da evolução do nível dinâmico, para que seja atingida a submersão ideal é necessário estimar o rebaixamento provocado pela bombagem.

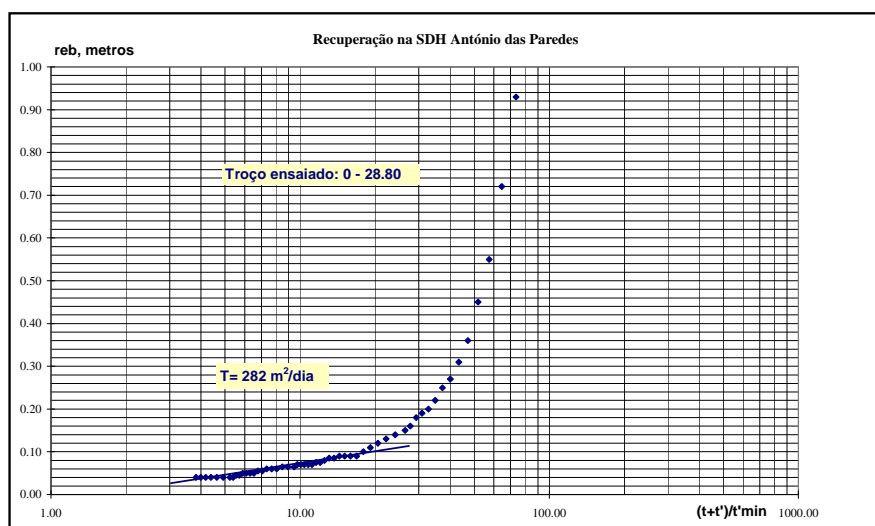
Neste tipo de ensaio a análise deve incidir sobre a evolução dos níveis da recuperação. Os resultados obtidos para as três sondagens encontram-se expressos nas **figuras 31, 32 e 33**. Os minutos iniciais da recuperação devem ser desprezados e a recta deve ser ajustada ao troço final (Martinez & Iglesias Lopez, 1984).

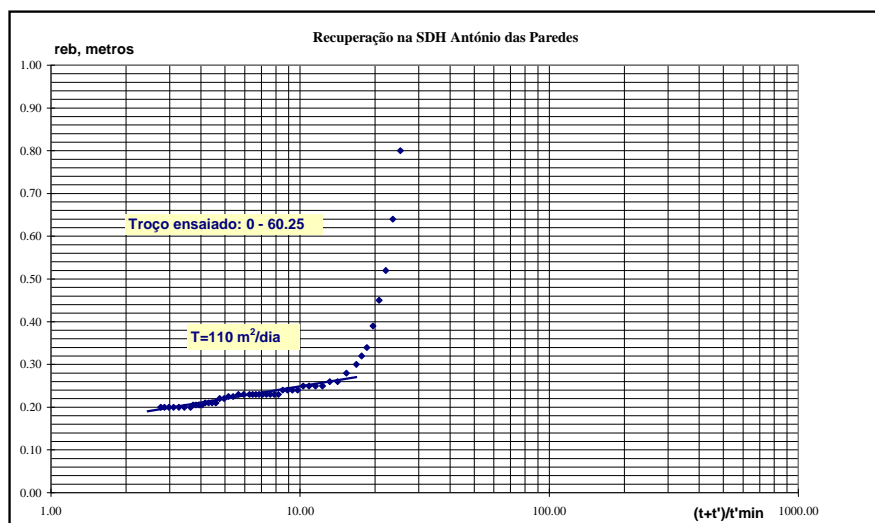




**Figura 31** – Ensaio de recuperação na SDH Azinhal

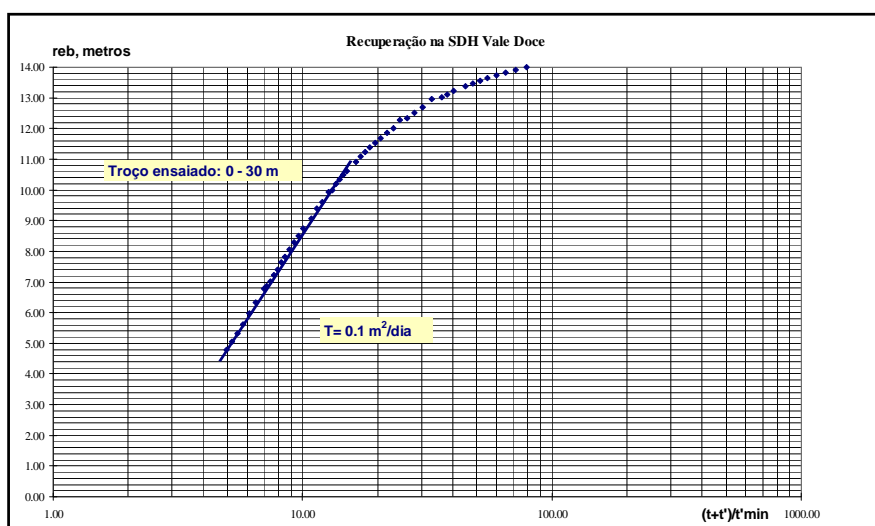
Na sondagem do Monte do Azinhal obteve-se uma transmissividade de  $204 \text{ m}^2/\text{dia}$  para o troço dos 0 aos 30 m. Para o troço de 82,5 aos 112, 5 m obteve-se um rebaixamento residual de 35 cm. Uma vez que a recta não passa na origem das coordenadas o valor de transmissividade de  $139 \text{ m}^2/\text{dia}$  não é um valor real. No entanto como o rebaixamento residual não é grande pode-se admitir o valor calculado para transmissividade como válido numa perspectiva optimista.

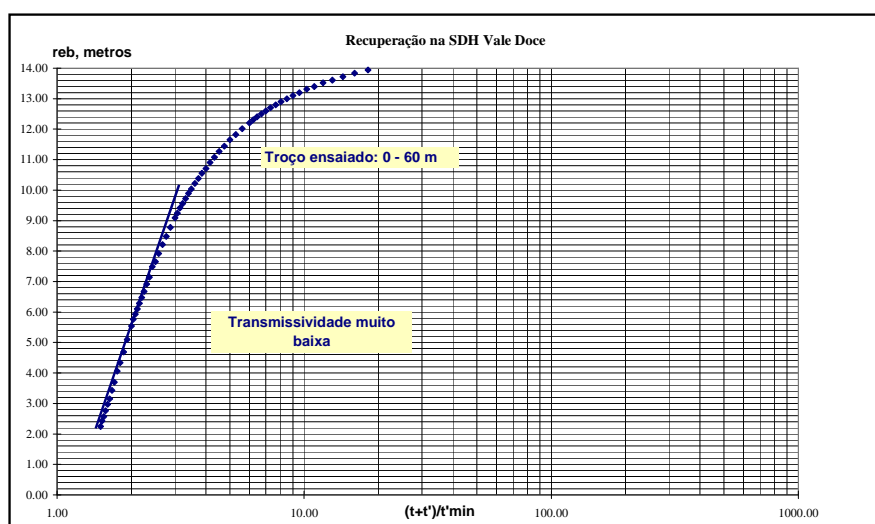




**Figura 32** – Ensaio de recuperação na SDH António das Paredes

Na sondagem de Sto. António das Paredes ensaiou-se os primeiros 29 m nas rochas ultrabásicas e obteve-se uma transmissividade de 282 m<sup>2</sup>/dia. No segundo ensaio houve um rebaixamento residual de 15 cm que pode ser considerado pouco significativo. A transmissividade no segundo ensaio é de 110 m<sup>2</sup>/dia.





**Figura 33** – Ensaio de recuperação na SDH Vale Doce

A SDH Vale Doce teve como objectivo avaliar as potencialidades hidrogeológicas dos ortognaisses graníticos e sienitos hipercalinos que contactam com os calcários e os conglomerados, no flanco NE da estrutura, e se encontram intruídos naqueles a norte e a sul do sistema. Por outro lado pretendia-se avaliar se existia alguma cedência de água dos calcários e conglomerados para estas formações, existindo uma divergência de fluxo para NE, ou se o fluxo se processava na totalidade para SW.

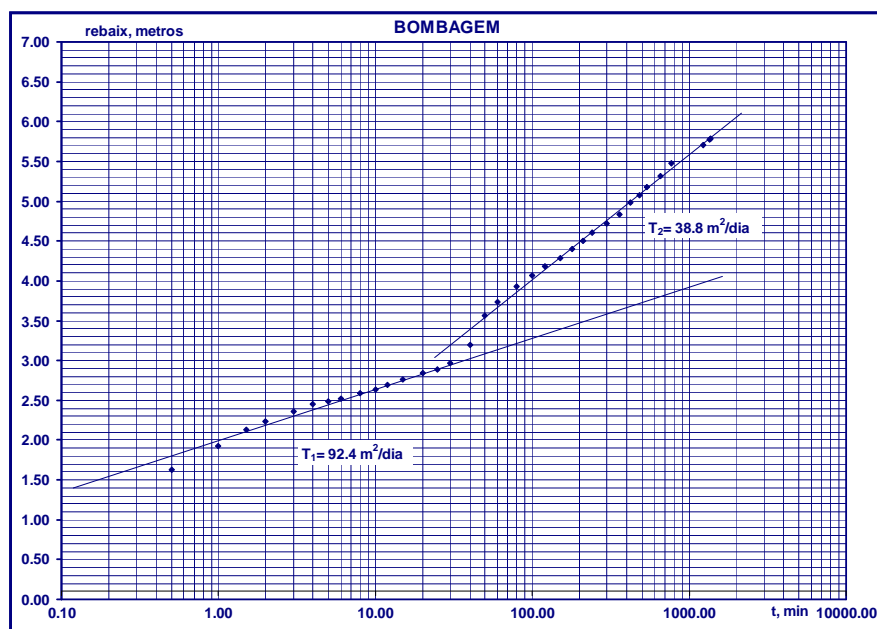
A sondagem foi construída numa zona potencialmente favorável, com acidentes transversais a ambas as formações. O log da sondagem comprova que foram intersectados acidentes dos 31.3 aos 36.4, dos 42.5 aos 43.3 m e dos 45.3 aos 46 m. No entanto os ensaios de bombagem mostram que a formação naquela área não consegue transmitir água em condições de ser explorada economicamente. Assim esta formação embora por vezes esteja englobada na unidade de gestão do sistema aquífero não faz parte do mesmo.

Confirma-se que não existe cedência de água dos calcários e conglomerados para estas formações e que a recarga existente nos cabeços da Herdadinha do Nabo e de Santo Cristo gera um fluxo no sentido no SW.

### ◈ Ensaio de bombagem e recuperação

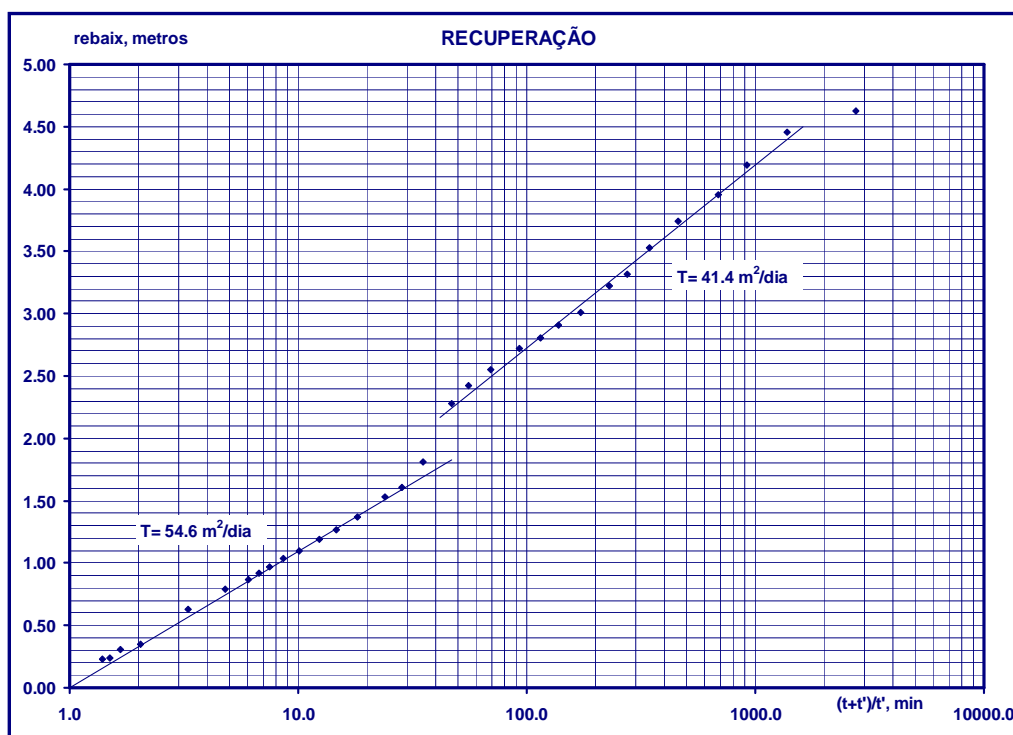
Ensaio de bombagem e recuperação no Monte dos Esquerdos

Efectuou-se um ensaio de bombagem seguido de recuperação no furo 384G023 do Monte dos Esquerdos com bomba submersível. A bombagem teve a duração de 22 horas e 52 minutos com um caudal constante de 3.8 l/s. O ensaio foi interpretado pelo método de Jacob e calcularam-se os valores da transmissividade.



**Figura 34** - Interpretação da evolução dos níveis durante a bombagem

A observação da **figura 34** sugere a existência de uma barreira negativa, impermeável. É possível definir dois troços rectilíneos onde o declive do 2º troço é praticamente o dobro do declive do 1º troço. A transmissividade real dada pelo 1º troço é de 92 m<sup>2</sup>/dia e a transmissividade do 2º troço é de 39 m<sup>2</sup>/dia, ou seja sensivelmente metade do 1º. Esta afirmação é consubstanciada pelo contexto geológico do local. O furo onde se realizou o ensaio situa-se numa estreita faixa de calcários do Câmbrio a cerca de 70 metros do contacto com os ortognaisses graníticos e sienitos hiperalcalinos, pouco permeáveis.



**Figura 35** - Interpretação da recuperação dos níveis após bombeamento

No ensaio de recuperação (**figura 35**) é igualmente possível definir dois troços rectilíneos com diferentes transmissividades. Quer no ensaio de bombagem quer no de recuperação a quebra dos dois troços dá-se aos 40 min. A transmissividade obtida no ensaio de recuperação para o 2º troço é semelhante ao obtido no ensaio de bombagem e é de  $41 \text{ m}^2/\text{dia}$ . O 1º troço tem uma transmissividade mais baixa relativamente ao ensaio de bombagem de  $55 \text{ m}^2/\text{dia}$ .

Ensaio de bombagem e recuperação na Herdade de Palma realizados em Dezembro de 94 sob a responsabilidade de Marques da Costa.

Foi feito um ensaio de bombagem a caudal constante seguido de recuperação na Herdade de Palma com bomba submersível. A bombagem teve uma duração de 30 horas e 15 minutos e foi efectuada no furo 384G002. Os furos 384G001 e 384G003 foram utilizados como piezómetros.

Os dados foram tratados segundo o método de Theis e calcularam-se os parâmetros hidráulicos do aquífero. Importa referir o comportamento “anómalo” observado no piezómetro 384G003, que continuou a rebaixar após a paragem da bomba no furo de extracção.



O piezómetro 384G003 está localizado a 210 metros da captação e sofreu, após as 30 horas e 15 minutos de bombagem, um rebaixamento de 8 cm. Depois de parada a bomba, o nível piezométrico continuou a descer até aos 20 cm. Este comportamento poderá ser explicado partindo do pressuposto que a ele está associado um nível suspenso, que entra em regime de drenância quando se dá o rompimento entre o nível dinâmico regional e este. Assim, com o final da bombagem, o nível no piezómetro continuará a baixar até ao esgotamento dos recursos que lhe estão associados, ou até que se retome o contacto entre os dois níveis.

Os valores dos parâmetros hidráulicos encontrados para cada um dos furos estão apresentados no **Quadro 12**.

**Quadro 12** - Parâmetros hidráulicos dos piezómetros 384G001 e 384G003 e da captação 384G002 determinados pelo ensaio de bombagem realizado na Herdade de Palma

Ponto de Água		Transmissividade	Coef. de Armazenamento
384G001	Piezómetro	176 m <sup>2</sup> /dia	2,15x10 <sup>-3</sup>
384G003	Piezómetro	257 m <sup>2</sup> /dia	2,48x10 <sup>-2</sup>
384G002	Captação	133 m <sup>2</sup> /dia	---

O valor de coeficiente de armazenamento, calculado para o piezómetro 384G001 é excessivamente baixo para um aquífero livre, mas pode reflectir algum confinamento pelos níveis mais xistosos, que devem ter sido intersectados nos primeiros metros do furo de bombagem e do piezómetro. O valor mais representativo deste parâmetro, na maior parte do aquífero, e em especial na respectiva área de recarga, deve ser significativamente maior, mais próximo do verificado no piezómetro 384G003. Contudo, só um estudo regional poderá fazer uma estimativa mais aproximada deste parâmetro. Noutras zonas, com rochas carbonatadas do Câmbrio, têm sido encontrados valores em geral superiores a 2x10<sup>-2</sup>, assim como valores mais elevados de transmissividade, o que também é habitual neste tipo de aquíferos carbonatados.

A transmissividade está directamente relacionada com a permeabilidade e a espessura do aquífero; assim, encontram-se normalmente nos aquíferos fissurados e, de forma ainda mais acentuada nos meios cársicos, grandes variações, uma vez que são meios muito heterogéneos e, por vezes anisótropos. Além das heterogeneidades que se reflectem nos

valores de transmissividade calculados, importa referir que a evolução de níveis observada é característica de um furo situado próximo dos limites do próprio aquífero.

Num sistema aquífero regional, a recuperação de níveis após uma extracção de cerca de 1500 m<sup>3</sup> de água deveria ser completa, no entanto verificou-se um rebaixamento residual de 1,2 metros.

Este facto poderá ser explicado partindo do pressuposto que o sistema aquífero carbonatado, devido à sua heterogeneidade, seja composto por pequenos aquíferos locais independentes à escala temporal da duração da bombagem, mas ligados entre si considerando uma escala temporal sazonal. Não foi detectada qualquer barreira positiva, susceptível de representar comunicação hidráulica entre o aquífero captado e o sistema a nível regional.

## **4.6 – Distribuição espacial de caudais**

### **4.6.1 - Resultados e interpretação**

Os dados de caudais de captações e nascentes foram obtidos a partir da compilação dos caudais de exploração recomendados nos relatórios de execução das captações, estimados a partir da capacidade das bombas instaladas nos furos e sempre que possível medidos directamente no campo. A inexistência de contadores de caudal instalados nos furos camarários e particulares não permite saber concretamente quais os caudais extraídos e o volume de recursos utilizados ao longo do tempo. Os valores obtidos são muitas vezes função das necessidades do proprietário do furo e não correspondem às reais capacidades do aquífero. Neste contexto apresenta-se no **quadro 13** as principais estatísticas das produtividades de furos das formações carbonatadas em l/seg. Constatase que 50% dos furos tem caudais compreendidos entre 1,8 e 6 l/s. As heterogeneidades do meio cársico-fissurado contribuem para a variabilidade da produtividade que apresenta um valor mínimo de 0.04 l/s e um máximo de 16.5 l/s.

**Quadro 13** - Principais estatísticas de caudais de furos nas formações carbonatadas

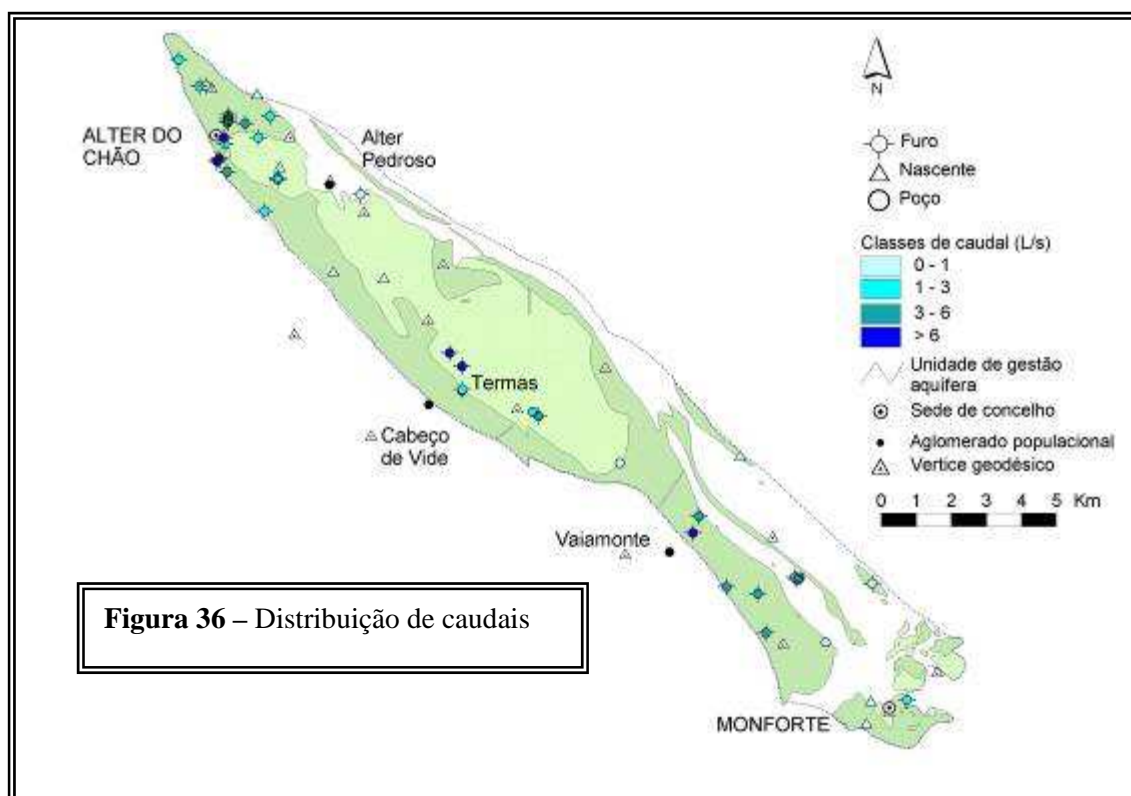
n	mínimo	1º Q	mediana	3º Q	máximo	média
27	0.04	1.81	3.33	5.97	16.50	4.88

Os caudais medidos nas nascentes do aquífero cársico-fissurado oscilam entre 0.09 e 0.86 l/s.

Nas formações básicas e ultrabásicas conhecem-se 5 valores de caudal de furos camarários. No extremo norte da mancha junto de Alter do Chão os furos fornecem 1.69 e 1.99 l/s. Junto a Cabeço de Vide os furos fornecem caudais de 5.5, 10.5 e 16 l/s. Os caudais das nascentes oscilam entre 0.2 e 2 l/s.

A formação dos ortognaisses graníticos e sienitos hipercalinos tem baixa produtividade com caudais compreendidos entre 0.04 e 1.67 l/s. Parte desta formação está incluída na unidade de gestão do sistema aquífero mas dada a fraca produtividade não é considerada aquífero. Salienta-se que os furos com maior produtividade localizam-se próximo do contacto com os calcários.

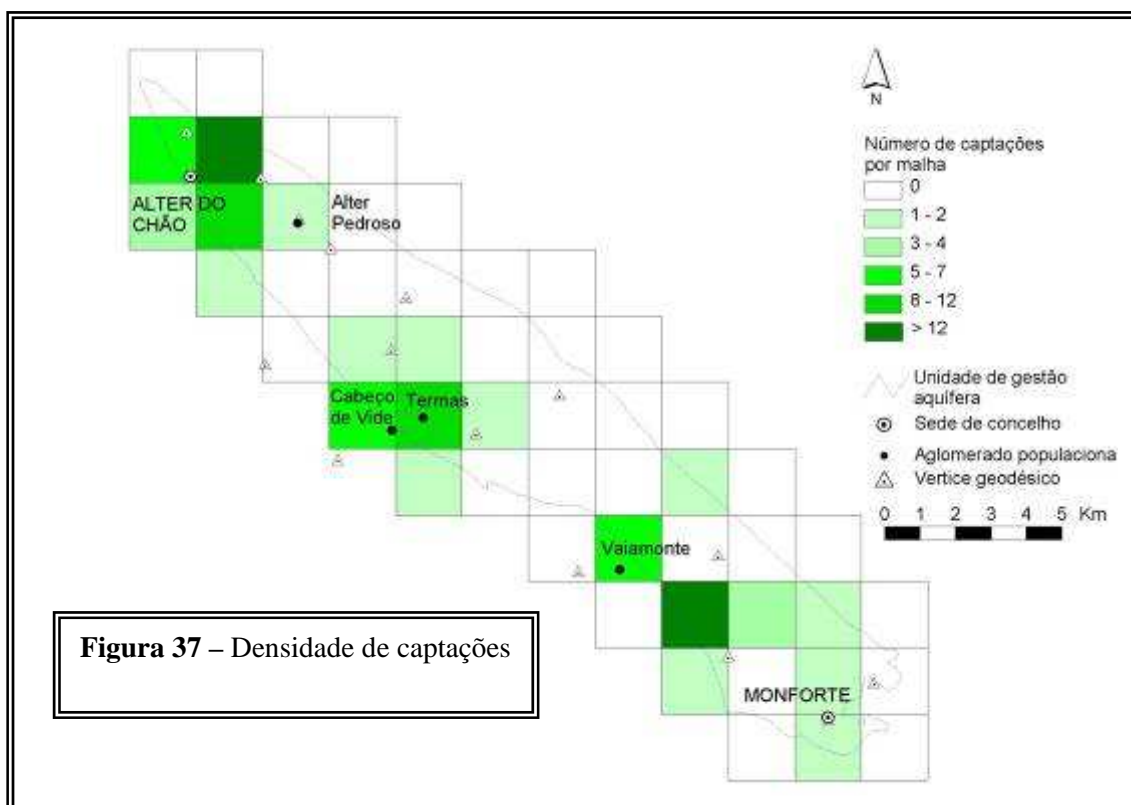
Em termos de distribuição espacial (**figura 36**) os furos mais produtivos situam-se no bordo sudoeste do sistema para ambos os tipos de formações.



#### 4.7 – Densidade de captações verticais profundas

No mapa da **figura 37** é possível observar a distribuição do número de captações existentes no sistema por cada 4 km<sup>2</sup>. Existem 3 áreas críticas onde se concentra um número superior a 8 captações por cada 4 km<sup>2</sup>, nomeadamente em Alter do Chão,

Cabeço de Vide e a SE de Vaiamonte junto a Torre de Palma. Esta concentração de captações encontra justificação na proximidade das sedes de concelho e de freguesia. A abertura de novos furos para abastecimento público é normalmente feita na proximidade de pólos de extracção e sistemas adutores já existentes. As áreas em branco, sem captações, não tem forçosamente a ver com a menor produtividade das formações mas sim com o tipo de ocupação do solo e distribuição dos aglomerados populacionais. Contudo poder-se-á afirmar que o alinhamento de relevos no bordo nordeste do sistema são zonas menos produtivos e correspondem a áreas preferenciais de recarga. Ao longo do bordo sudoeste a organização do sistema de condutas reflecte-se no padrão de distribuição das nascentes.



#### 4.8 - Caracterização e quantificação de usos

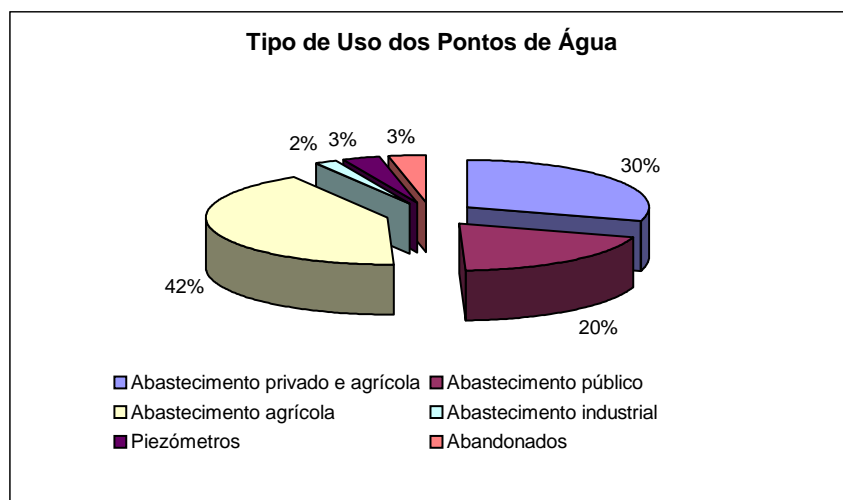
A água consumida na área do sistema, para diversos usos, é de origem subterrânea e provem na totalidade do sistema aquífero. Existem algumas charcas ou pequenas barragens para agricultura, que embora retenham alguma água de origem superficial, são construídas junto a nascentes ou são alimentadas por furos.

De um total de 152 pontos de água inventariados no sistema, 79 correspondem a furos dos quais 5 foram abandonados, 46 a poços e 22 a nascentes. O tipo de utilização dado a cada ponto de água pode ser visualizado no **quadro 14** e a respectiva distribuição espacial na **figura 38**. Do total de pontos de água 20% são para abastecimento público, 74% para abastecimento particular, 3% para monitorização do sistema aquífero e 3% encontram-se abandonados.

**Quadro 14**– Distribuição dos tipos de pontos de água pelos diferentes usos

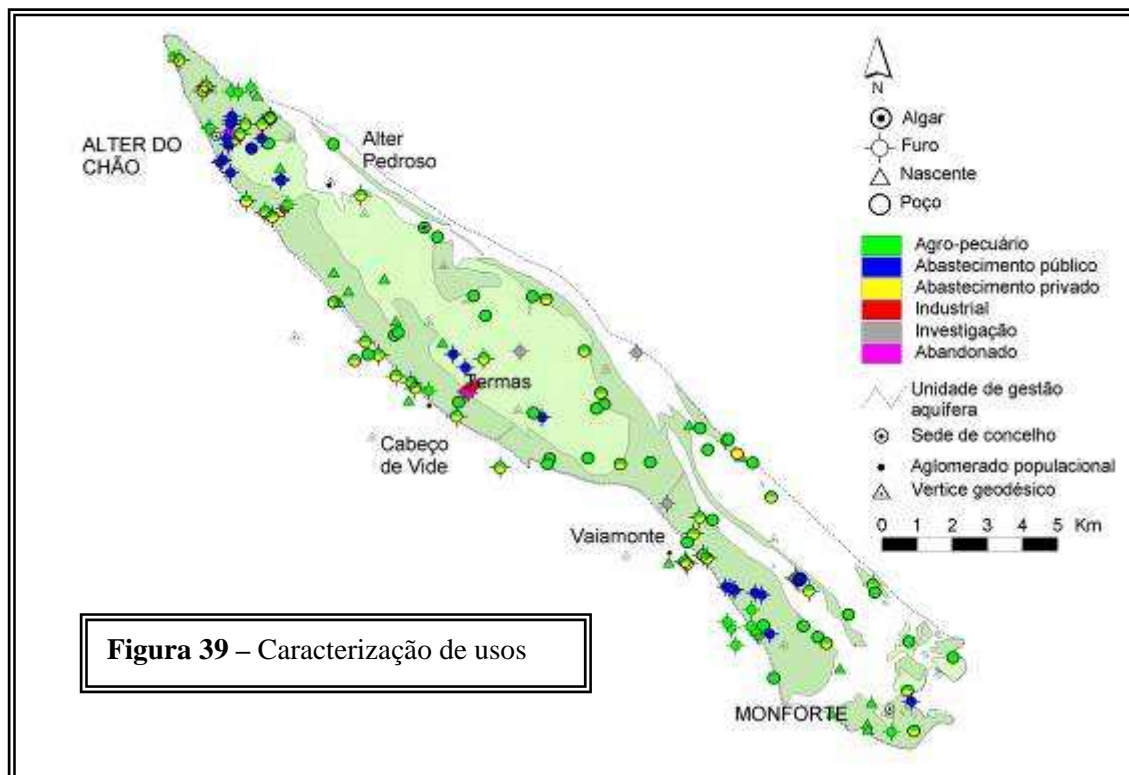
Usos	Furos	Poços	Nascentes	Total
Abastecimento privado e agrícola	31	12	2	45
Abastecimento público	24	3	3	30
Abastecimento agrícola	16	31	17	64
Abastecimento industrial	3			3
Piezómetros	5			5
Abandonados	5			5
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>46</b>	<b>22</b>	<b>152</b>

O abastecimento público é assegurado por 30 pontos de água dos quais 6 pertencem ao concelho de Fronteira e abastecem Cabeço de Vide, 10 pertencem a Monforte e 14 a Alter do Chão. Os números aqui apresentados incluem os furos de reserva, e no caso de Cabeço de Vide, as nascentes existentes nas Termas utilizadas frequentemente pela população.



**Figura 38** - Valores percentuais dos diferentes tipos de usos

A **figura 39** reflecte o carácter eminentemente agrícola da região e a dependência do sector das águas subterrâneas. Com efeito dos 74% para abastecimento particular verifica-se que 42% dos pontos de água são para abastecimento agrícola e 30% para abastecimento misto, agrícola e particular. Não existem registos de pontos de água exclusivamente para abastecimento particular. Apenas 2 % dos pontos de água são para abastecimento industrial.



#### 4.9 - Previsões quanto ao futuro

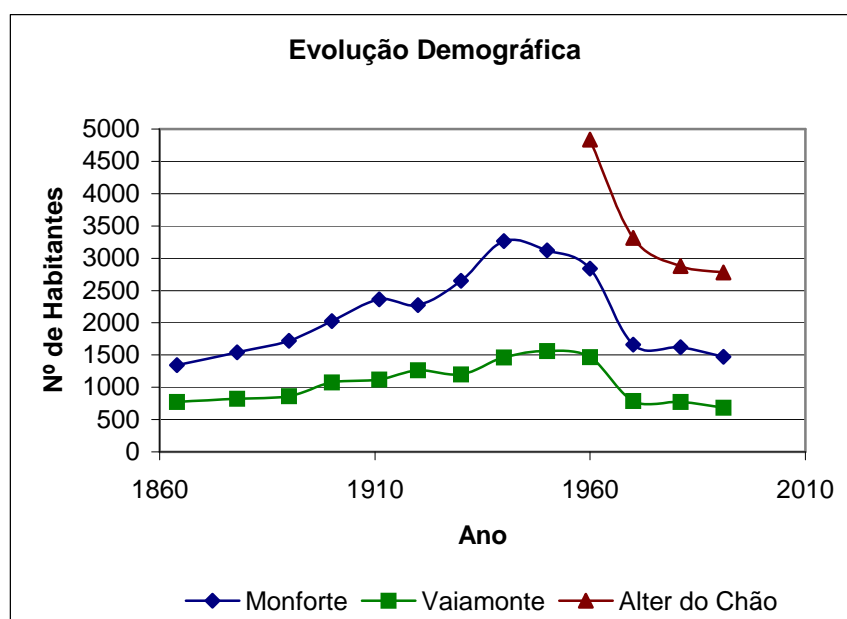
A partir do sistema aquífero Monforte-Alter do Chão são abastecidas na integra as populações das sedes de concelho de Monforte, Alter do Chão, das freguesias de Cabeço de Vide e Vaiamonte e do lugar de Alter Pedroso. Actualmente as autarquias possuem um sistema de abastecimento dimensionado face às necessidades. Para tal foram construídos 3 novos furos para reforçar o abastecimento a Alter do Chão e Alter Pedroso e 1 furo novo para reforço do abastecimento de Monforte e Vaiamonte.

As previsões para os próximos anos quanto ao crescimento demográfico apontam para uma estabilização do número de habitantes através de um crescimento na ordem dos 1,4% que irá inverter o crescimento negativo registado nas últimas décadas (PDM's de Alter do Chão e Monforte). A evolução demográfica registada no período de 1864 a 1991 nas sedes de concelho de Monforte e Alter do Chão e no aglomerado de Vaiamonte podem ser observados no **quadro 15 e figura 40** . A sua análise evidencia uma tendência

negativa a partir da década de 50 e um decréscimo de população na ordem dos 50% desde os anos 50 até aos anos 90 (PDM's de Alter do Chão e Monforte). A principal causa é a emigração de jovens activos que contribui não só para um crescimento efectivo negativo mas também para a quebra do crescimento natural.

**Quadro 15** - N.º de habitantes em Monforte, Vaiamonte e Alter do Chão desde 1864 até 1991

Ano	Monforte	Vaiamonte	Alter do Chão
1864	1342	775	-
1878	1540	823	-
1890	1721	862	-
1900	2029	1075	-
1911	2362	1119	-
1920	2276	1263	-
1930	2652	1197	-
1940	3264	1461	-
1950	3123	1563	-
1960	2839	1469	4838
1970	1660	788	3315
1981	1620	772	2880
1991	1471	684	2781



**Figura 40** - Evolução demográfica em Monforte, Vaiamonte e Alter do Chão

Neste contexto prevê-se que os actuais sistemas de abastecimento estejam dimensionados para a evolução demográfica estimada. Contudo devem ser construídas captações de reserva por forma a prevenir situações inesperadas (ver capítulo Princípios e recomendações de planeamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos).

Considerando uma capitação média de 130 l/hab/dia na época das chuvas e de 150 l/hab/dia na estiagem e uma tendência de estabilização do número de habitantes estima-se que o volume de extracções no aquífero para abastecimento público não exceda os 641680 l/dia durante a época das chuvas e 740400 l/dia na estiagem, ou seja cerca de 243096 m<sup>3</sup>/ano.

Considerando que o cálculo da recarga do sistema é da ordem dos 5.67 hm<sup>3</sup>/ano pode-se afirmar que o volume de recursos renováveis é bastante superior ao volume de recursos extraídos para abastecimento público e particular. Neste quadro não se prevê a necessidade de complementar o abastecimento com origens superficiais (por exemplo barragens) encontrando-se o sistema em condições de fornecer caudais superiores aos actualmente extraídos.