

# AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DA FORMAÇÃO CARBONATADA DE VIANA DO ALENTEJO – ALVITO

Irene Regina Ramos CANDEIAS<sup>(1)</sup>; Mário Lourenço da SILVA<sup>(2)</sup>

## RESUMO

A formação carbonatada de Viana do Alentejo – Alvito tem uma área aproximada de 17.5 Km<sup>2</sup>, e é formada por calcários e dolomitos carsificados e rochas calcossilicatadas de idade câmbria.

A precipitação média anual calculada pelo método de isoietas é de 651.9 mm.

A avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e caracterização hidráulica da formação foi feita com base em: *a)* – aplicação do método de balanço de cloretos, resultando uma recarga média anual de  $1.8 \times 10^6$  m<sup>3</sup>; *b)* – monitorização dos níveis de 13 pontos de água, o que permitiu detectar sentidos de fluxo e áreas de recarga; *c)* – ensaios de bombagem, a partir dos quais foram quantificados os parâmetros hidráulicos, transmissividade que varia entre 2500 e 3900 m<sup>2</sup>/dia, coeficiente de armazenamento das fracturas entre valores da ordem de 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-1</sup> e coeficiente de armazenamento dos blocos entre 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-3</sup>.

**Palavras-chave:** Infiltração, monitorização, recarga, AQFIS, transmissividade, armazenamento ( $S_f$ ;  $S_b$ ).

---

<sup>(1)</sup> Escola E. B. 2+3 dos Castanheiros – 1675 CANEÇAS

<sup>(2)</sup> Centro de Geologia e Departamento de Geologia da F.C.U.L. Campo Grande, 1700 LISBOA

## 1 - INTRODUÇÃO

As condições climáticas e geológicas do Alentejo, fazem com que a região seja pobre em recursos hídricos subterrâneos. Como as manchas carbonatadas são as áreas potencialmente mais produtivas, o sector de Geologia Aplicada do Departamento de Geologia da F.C.U.L. tem vindo a proceder ao estudo hidrogeológico das mesmas (CUPETO, 1991; SILVA, 1991; MONTEIRO, 1993; CANDEIAS, 1997).

A formação carbonatada, que se estende com maior desenvolvimento entre as vilas de Alvito e Viana do Alentejo, abrangendo uma área aproximada de 17.5 Km<sup>2</sup>, abastece de água a quase totalidade das populações daqueles concelhos, a qual é igualmente utilizada em regadio. Torna-se assim de grande importância a avaliação desses recursos bem como a caracterização hidráulica daquela formação.

Neste trabalho apresentam-se alguns resultados provenientes do estudo hidrogeológico que foi realizado entre 1993 e 1997 e que constituiu uma dissertação de mestrado (CANDEIAS, *op. cit.*).

## 2 - LOCALIZAÇÃO E ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A área de estudo situa-se no Alentejo, entre as vilas de Viana do Alentejo e de Alvito e no limite oriental da bacia do Sado (Figura 1).

Em termos estruturais, esta região localiza-se no Maciço Ibérico, na Zona de Ossa Morena (ZOM) (Figura 2) e esteve sujeita a várias fases de deformação hercínica que originaram muitos acidentes tectónicos. Inúmeras falhas, muitas delas cavalgamentos, cortam praticamente todas as unidades litológicas e são em geral, responsáveis por todos os contactos entre as diferentes unidades, constituindo imbricação tectónica muito complexa (FONSECA, 1995).

Litologicamente a área é bastante variada: compreende formações que vão desde o Proterozóico Superior, Câmbrico e Câmbrico – Ordovícico (a Silúrico?) (CARVALHOSA e ZBYZEWSKI, 1972) (Figura 3). Estas formações são essencialmente metamórficas e também eruptivas contemporâneas da orogenia hercínica, que cortaram as primeiras provocando auréolas de metamorfismo. Devido à ausência de fósseis, a escala litoestratigráfica foi realizada com base em correlações ou comparações com terrenos vizinhos mais bem datados do Alentejo e de Espanha, apesar de todos os erros que daí poderão advir.

Na parte oeste e norte da área predominam as formações eruptivas – gnaisses félsicos, rochas gabrodioríticas e gnaisses, granitóides e migmatitos. Do lado oriental predominam as formações xistosas (xistos e quartzitos negros e a unidade metabásica de Vila Ruiva – Alvito – Viana do Alentejo) (Figura 3).

A formação carbonatada, que apresenta maior desenvolvimento entre as vilas de Alvito e Viana do Alentejo, estende-se por uma área aproximada de 17.5 Km<sup>2</sup> e é constituída por calcários, dolomitos e rochas calcossilicatadas, com espessuras que podem atingir os 100 metros, datada, por correlação com outras séries carbonatadas como pertencente ao Câmbrico Inferior (CARVALHOSA, 1972). Apresenta-se intensamente carsificada, principalmente nos níveis mais superiores, visível em bastantes pedreiras abandonadas na região de Viana do Alentejo; por vezes encontra-se coberta por camada de alteração (*terra rossa*) que chega a atingir espessuras de cerca de 10 metros. A unidade é também explorada como rocha ornamental, sendo a variedade “Verde Viana”, a mais típica desta região.



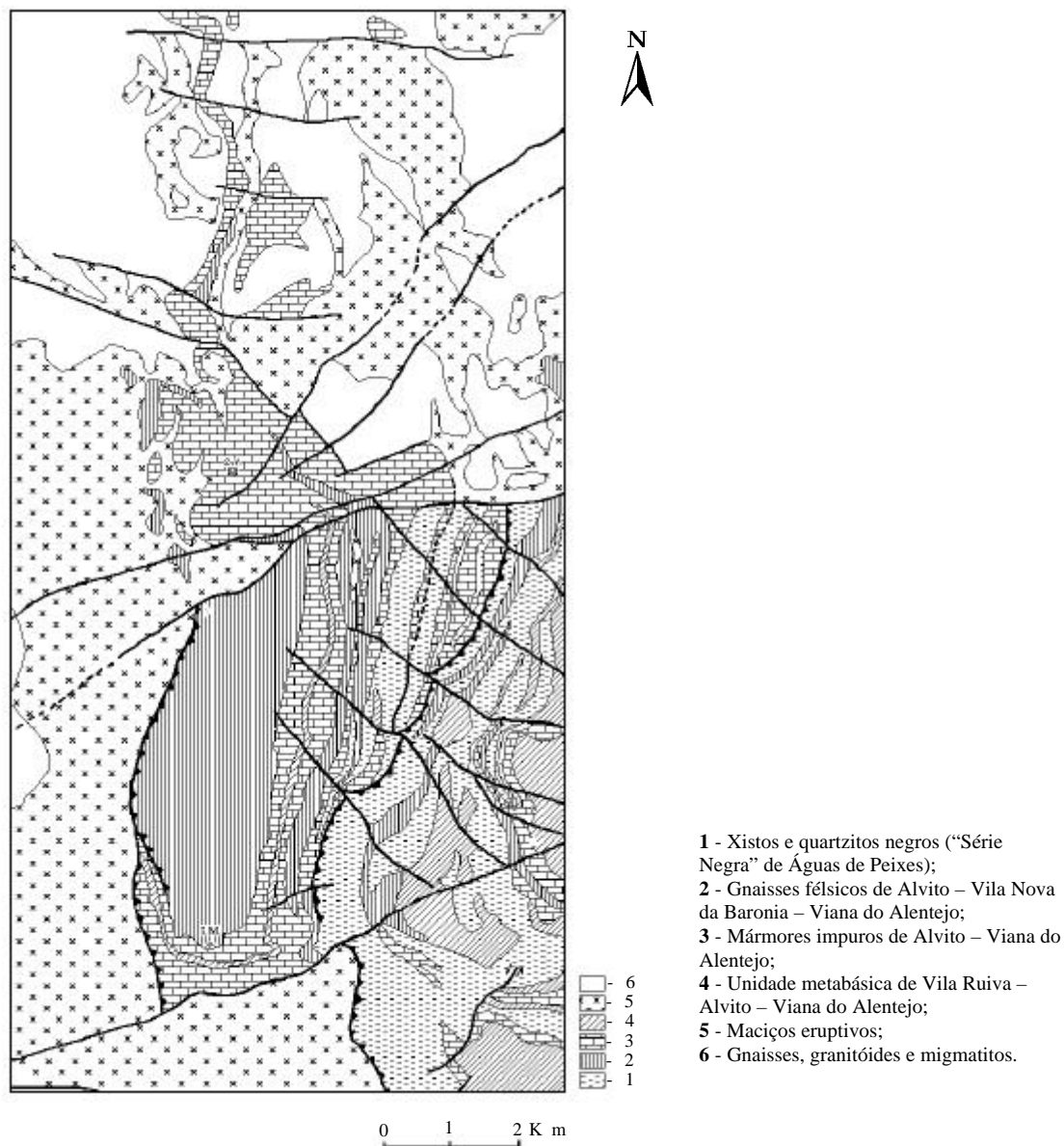


Figura 3 – Mapa representativo das litologias presentes na área de estudo (adaptado da Carta Geológica de Portugal, folha 40-C, Viana do Alentejo, à escala 1:50 000)

### 3 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

#### 3.1 – Precipitação

A precipitação média anual na formação carbonatada calculada pelo método de isoietas (Figura 4) é de 651.9 mm, (Quadro 1). As isoietas foram traçadas com intervalos de 50 mm (HERAS, 1976) e obtidas pelo programa WINSURFER, que aplica o método de krigagem.

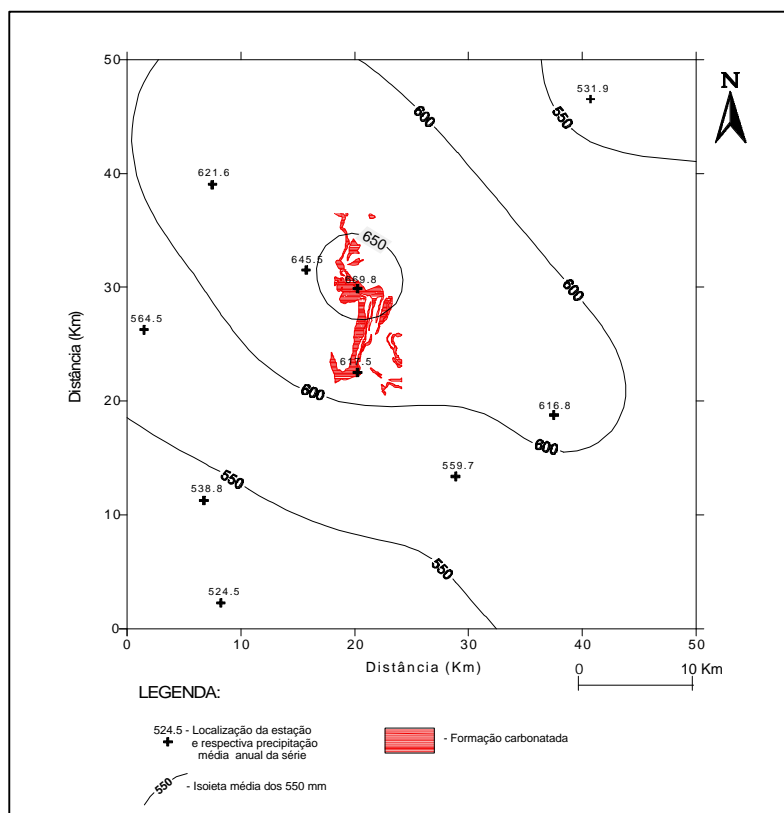


Figura 4 – Mapa de isoietas médias da região (a equidistância entre as curvas isoietas é de 50 mm)

### Quadro 1

Precipitação média anual na formação carbonatada calculada pelo método das isoietas ( $S = 17.5 \text{ Km}^2$ )

Isoietas (mm)	Si ( $\text{Km}^2$ )	Pi (mm)	Si.Pi/S (mm)
> 650	7.83	631.5	282.6
600 – 650	9.65	669.8	369.3
P(mm/ano) = 651.9			

A precipitação média anual calculada a partir da construção de polígonos de Thiessen, abrangendo as estações da zona de estudo e área circundante, é de 655.1 mm, na formação carbonatada.

### 3.2 - Relação entre a precipitação e a temperatura

Os valores médios mensais de precipitação e temperatura referentes à estação climatológica de Viana do Alentejo (Est. 247) (Quadro 2) permitiram a construção do diagrama termopluiométrico de Gausson, do qual resultou que o período seco vai de meados de Maio a meados de Setembro.

### Quadro 2

Precipitação e temperatura médias mensais da série de 40 anos (1955/56 a 1994/95) da estação de Viana do Alentejo (Est. 247)

Meses	P (mm)	T (°C)
O	66.4	17.0
N	78.3	12.6
D	94.4	9.9
J	86.2	9.3
F	88.4	10.1
M	64.6	12.1
A	59.3	13.5
M	41.3	16.6
J	21.3	20.3
J	5.9	23.5
A	4.3	23.5
S	30.0	21.3

### 3.3 - Balanço hídrico sequencial mensal

Através do programa CEDEVAP (ALMEIDA, 1979) obteve-se o balanço hídrico sequencial mensal para a área de influência da estação climatológica de Viana do Alentejo (Est. 247), apresentado no Quadro 3.

### Quadro 3

Balanço hídrico sequencial mensal para a área de influência da estação de Viana do Alentejo (Est. 247)

Meses	P (mm)	EVP (mm)	EVR (mm)	Défice Hídrico (DH) (mm)	Excedentes (SH) (mm)	Água no solo (mm)
O	66.4	65.4	65.4	-	-	1.0
N	78.3	33.9	33.9	-	-	45.4
D	94.4	23.1	23.1	-	16.7	100.0
J	86.2	21.7	21.7	-	64.5	100.0
F	88.4	21.9	21.9	-	66.5	100.0
M	64.6	40.3	40.3	-	24.1	100.0
A	59.3	49.7	49.7	-	9.6	100.0
M	41.3	80.3	80.3	-	-	61.0
J	21.3	108.4	82.3	26.1	-	0.0
J	5.9	143.7	5.9	137.8	-	0.0
A	4.3	134.6	4.3	130.3	-	0.0
S	30.0	98.1	30.0	68.1	-	0.0
(mm/ano)	640.4	821.0	458.8	362.3	181.4	

P – precipitação média mensal da série; EVP – evapotranspiração potencial determinada pelo método de Thornthwaite; EVR – evapotranspiração real; DH – défice hídrico; SH – superavit hídrico  
c.c = 100 mm;

Água no solo no início dos cálculos = 0 mm.

Verifica-se, assim, através do Quadro 3 que o valor de EVR é de 458.8 mm/ano e que o déficit hídrico (DH) anual supera largamente o superavit hídrico (SH) anual, correspondendo este último a cerca de metade do primeiro.

### 3.4 - Infiltração

A infiltração eficaz foi determinada pelo método de balanço de cloretos entre a água de precipitação e a água subterrânea.

O Quadro 4 apresenta valores de concentrações médias do ião cloreto da água subterrânea ( $C_i$ ) e da água da chuva ( $C_p$ ), recolhidas em vários pontos da formação carbonatada ao longo do ano de 1996.

Como o escoamento superficial na área de estudo é muito pequeno, então o coeficiente de infiltração é (CUSTODIO e LLAMAS, 1976):

$$Inf = \frac{I}{P} \approx \frac{C_p}{C_i}$$

sendo,

$\frac{I}{P}$  – coeficiente de infiltração;

$C_p$  – concentração média de  $Cl^-$  na água de precipitação em ppm;

$C_i$  – concentração média de  $Cl^-$  na água de subterrânea em ppm.

#### Quadro 4

Teores médios de cloretos da água da chuva e do aquífero

Local da colheita	$C_p$ (ppm)	$C_i$ (ppm)	$I/P \approx C_p/C_i$
Fonte da Telha	4.54	39.1	0.116
Vale Paridas	3.93	23.3	0.168
Fonte Seca	3.95	21.6	0.183
			<b><math>I/P</math> médio = 0.156</b>

Verifica-se que o coeficiente de infiltração médio obtido por este método na área de estudo é de 0.156.

Considerando a área carbonatada de cerca de 17.5 Km<sup>2</sup>, e a precipitação média anual, determinada pelo método de isoietas (651.9 mm), a recarga média anual da formação carbonatada, admitindo uma infiltração eficaz de 15.6%, é de 1.8x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano.

## 4 - COMPORTAMENTO HIDRÁULICO

O estudo do comportamento hidráulico da formação carbonatada foi feito com base em dados recolhidos nos pontos de água cuja localização está representada na figura 5.

A monitorização dos níveis de pontos de água ao longo de várias campanhas permitiu determinar os potenciais hidráulicos nesses pontos e assim detectar-se sentidos gerais de fluxo sendo a área preferencial de recarga a zona envolvente ao monte de S. Vicente, próximo de Viana do Alentejo (Figura 5).

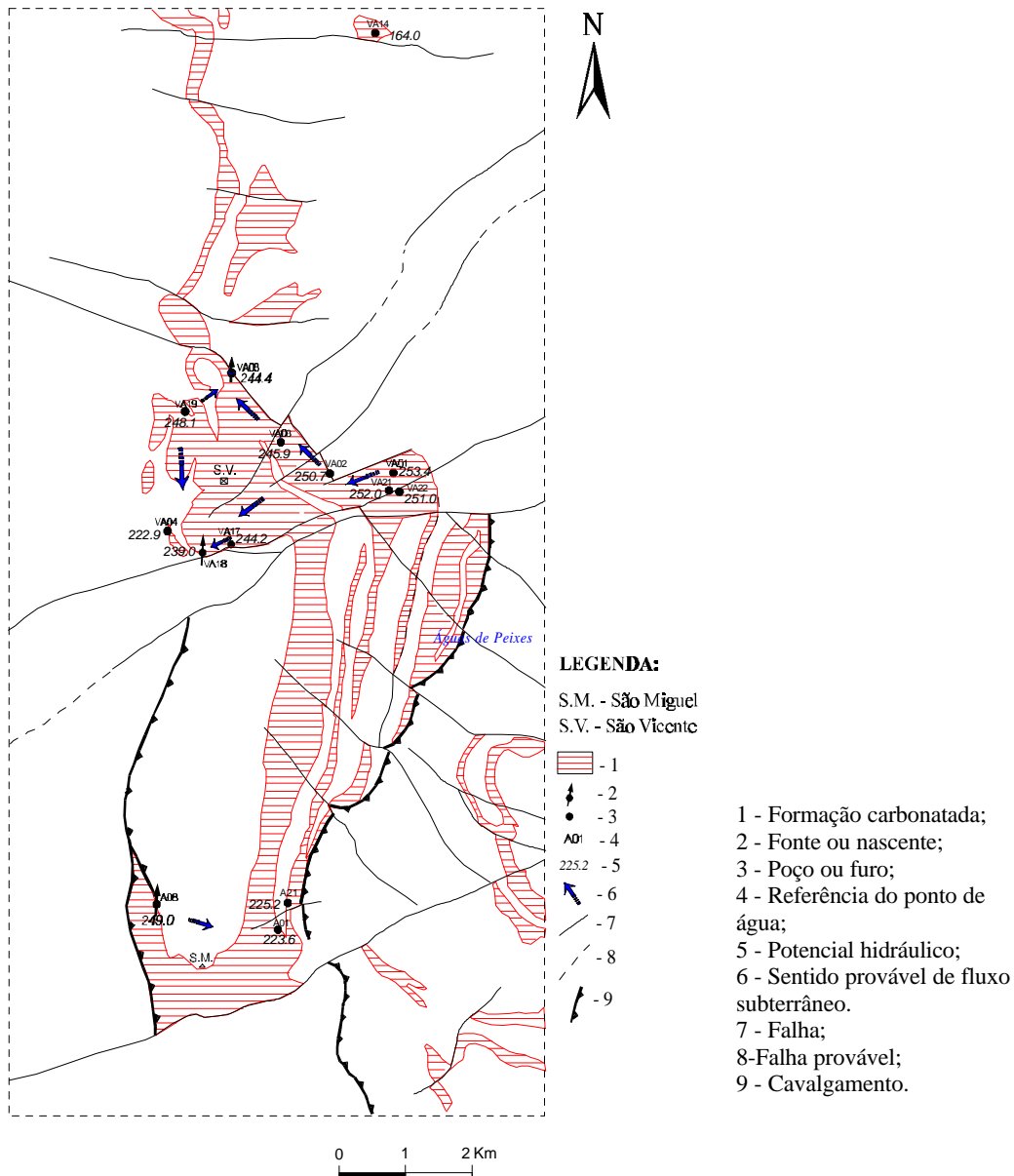


Figura 5 – Potenciais hidráulicos nos pontos de água da formação carbonatada, obtidos na campanha de Agosto de 1996

#### 4.1 - Ensaios de bombeamento

Os ensaios de bombeamento foram realizados a caudal constante – regime variável, em extracção e em recuperação. Destes ensaios obtiveram-se valores de parâmetros hidráulicos tais como a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S). É de referir, que a formação carbonatada apresenta comportamento de meio fracturado carsificado.

A interpretação dos ensaios, de que resultaram valores de alguns parâmetros hidráulicos, foi feita com base no programa AQFIS (OLIVEIRA, 1990).

## Ensaio n.º 1 – VA01 (Santa Tensa)

### Em extracção

O furo utilizado pertence à Câmara Municipal de Viana do Alentejo, e corresponde a uma captação de água para abastecimento público. O ensaio foi realizado a caudal constante de  $1.35 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/dia. Os rebaixamentos foram medidos na captação até se verificar a sua estabilização.

Os dados tratados pelo programa AQFIS permitiram a obtenção da curva rebaixamento/tempo em meios de porosidade dupla (Figura 6), que é o modelo que melhor se adapta aos dados do ensaio. A transmissividade obtida é de 2448.2 m<sup>2</sup>/dia e os coeficientes de armazenamento das fracturas e dos blocos são da ordem de  $5.5 \times 10^{-2}$  e  $5.1 \times 10^{-4}$ , respectivamente. O elevado valor de transmissividade mostra que a água deve afluir à captação através de fracturas importantes.

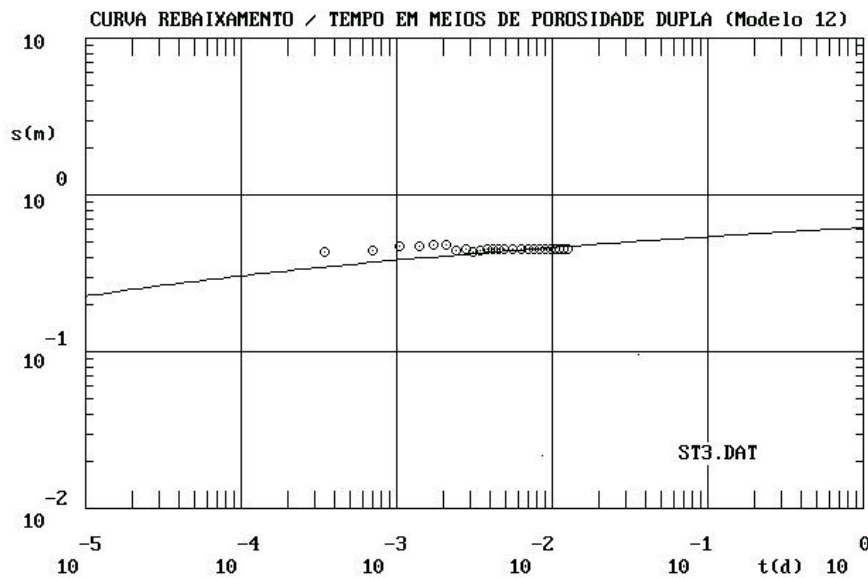


Figura 6 – Projecção dos dados obtidos no ensaio e representação da curva gerada pelo programa AQFIS, relativamente ao ensaio realizado no furo VA01

## Ensaio n.º 2 – VA02 (Vale das Rãs)

### Em extracção

Tal como o anterior, o furo pertence à Câmara Municipal de Viana do Alentejo, cuja água é utilizada para abastecimento público. O ensaio foi realizado a caudal constante de  $1.96 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/dia, sendo os rebaixamentos medidos num piezómetro a 4.5 m da captação até se verificar a sua estabilização.

A representação da curva rebaixamento/tempo gerada pelo programa AQFIS, modelo de porosidade dupla, e que melhor se adapta aos dados, está representada na figura 7. A transmissividade obtida é de 3625.1 m<sup>2</sup>/dia e os coeficientes de armazenamento das fracturas e dos blocos são da ordem de  $3.1 \times 10^{-1}$  e  $1.7 \times 10^{-3}$ , respectivamente.

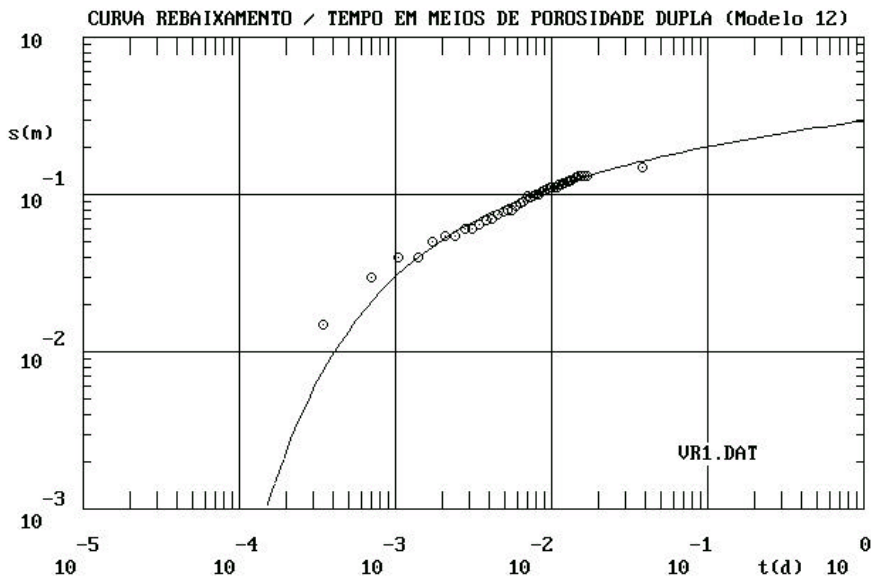


Figura 7 – Projecção dos dados obtidos no ensaio e representação da curva gerada pelo programa *AQFIS*, relativamente ao ensaio realizado no furo VA02

### Em recuperação

No gráfico da figura 8 apresenta-se a projecção dos dados obtidos durante a recuperação dos níveis após paragem da bomba. O tempo que decorreu desde a paragem da bomba foi de 94 minutos, não se tendo atingido, no fim daquele tempo, o nível inicial. Assim, da projecção num gráfico semilogarítmico dos rebaixamentos residuais ( $s'$ ) vs  $\log[(t + t')/t']$  obtém-se alinhamento aproximadamente rectilíneo dos pontos projectados (Figura 8).

A não recuperação completa dos níveis poderá dever-se ao facto de não ter decorrido tempo suficiente ou indicar ausência de recarga do aquífero possivelmente limitado por barreira negativa (por exemplo um dique).

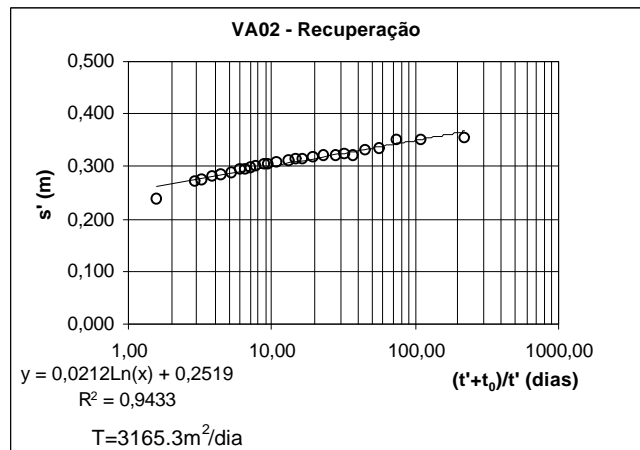


Figura 8 – Projecção dos dados do ensaio e representação gráfica dos dados obtidos durante a recuperação no ensaio realizado no furo VA02 em Agosto de 1996

## Ensaio n.º 3 – VA03 (Fonte Figueira)

### Em extracção

Este furo, é igualmente propriedade da Câmara Municipal de Viana do Alentejo, sendo a água utilizada para abastecimento público. O ensaio foi realizado a caudal constante de  $2.62 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/dia. Os rebaixamentos foram medidos na captação até se verificar a sua estabilização.

A adaptação possível dos dados do ensaio à curva rebaixamento/tempo de Theis obtida através do programa AQFIS permite detectar dois troços distintos no perfil de rebaixamentos. No primeiro os rebaixamentos não se ajustam ao modelo de Theis, no segundo, a partir de  $t = 8.5$  min., obtém-se uma curva que se adapta de forma irregular aos dados projectados.

O valor obtido para a transmissividade é de 3959.0 m<sup>2</sup>/dia. O valor de coeficiente de armazenamento não poderá representar um valor real uma vez que é superior à unidade.

No Quadro 5 apresenta-se uma compilação de algumas características obtidas por interpretação dos ensaios. Neste quadro os valores calculados de K foram estimados a partir da expressão  $T = Kb$ , sendo b a espessura do aquífero no ponto de água correspondente.

### Quadro 5

Compilação de algumas características hidráulicas obtidas através da interpretação dos ensaios de bombeamento realizados em Agosto de 1996

Captação	b (m)	Ensaio	Duração (min.)	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	T (m <sup>2</sup> /dia)	K (m/dia)	S <sub>r</sub>	S <sub>b</sub>
VA01 (Santa Tensa)	107.5	Extracção	18.0	$1.35 \times 10^3$	2484.9	23.1	$5.5 \times 10^{-2}$	$5.1 \times 10^{-4}$
VA02 (Vale das Rãs)	105.0	Extracção	54.5	$1.96 \times 10^3$	3625.1	34.5	$3.1 \times 10^{-1}$	$1.7 \times 10^{-3}$
		Recuperação	65.0	---	3165.3	30.1	---	---
VA03 (Fonte Figueira)	65.0	Extracção	48.5	$2.62 \times 10^3$	3959.0	60.9	---	---

S<sub>r</sub> e S<sub>b</sub>, coeficiente de armazenamento das fracturas e dos blocos, respectivamente.

## 5 - BALANÇO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

O balanço dos recursos hídricos subterrâneos fez-se através da avaliação das entradas e das saídas de água do sistema.

### 5.1 - Avaliação das entradas de água no sistema

As entradas de água no sistema foram avaliadas através da precipitação média anual calculada pelo método de isoietas sobre a formação carbonatada, e da infiltração eficaz obtendo-se assim, para recarga média o valor aproximado de  $1.8 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano como foi determinado anteriormente.

### 5.2 - Avaliação das saídas de água do sistema

A avaliação das saídas de água foi feita com base em dados disponíveis respeitantes a extracções efectuadas nas captações de abastecimento público, fornecidos pelas câmaras municipais de Viana do Alentejo e de Alvito.

No Quadro 6 mostram-se os volumes médios mensais de água extraídos das várias captações que abastecem as povoações do concelho de Viana do Alentejo.

**Quadro 6**

Volumes de água médios mensais extraídos nas diferentes captações que abastecem as povoações do concelho de Viana do Alentejo

Captação	Volume de água extraído (m <sup>3</sup> /mês)	Povoações abastecidas
VA01 (Santa Tensa)	9150	Viana do Alentejo, Aguiar, Alcáçovas
VA02 (Vale das Rãs)	8910	<i>Idem</i>
VA03 (Fonte Figueira)	5460	<i>Idem</i>
VA04 (Poço n.º 1)	2430	<i>Idem</i>
VA05 (Poço n.º 2)	3690	<i>Idem</i>
VA06 (Poço n.º 3)	4200	<i>Idem</i>
VA14 (Cabeço de Aguiar)	2520	Aguiar
<b>Total (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>36360</b>	

A observação deste quadro permite concluir que, anualmente são extraídos cerca de  $4.4 \times 10^5$  m<sup>3</sup> nas captações de abastecimento público de Viana do Alentejo, Aguiar e Alcáçovas.

Para o concelho de Alvito em 1991 foram extraídos, em média, cerca de  $1.1 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/mês. Dos volumes médios anuais extraídos nas duas captações de abastecimento público (LF1/LF2), cerca de 45% foram para Vila Nova da Baronia e os restantes 55% abasteceram Alvito. Estes valores permitem avaliar as extracções neste concelho em cerca de  $1.3 \times 10^5$  m<sup>3</sup>/ano.

Partindo dos valores obtidos tem-se:

ENTRADAS:  $1.8 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano

SAÍDAS:  $5.7 \times 10^5$  m<sup>3</sup>/ano

Destes dois dados obtém-se um balanço positivo de  $1.2 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano. É de realçar que este valor poderá estar sobrevalorizado uma vez que não é possível avaliar as extracções realizadas em furos particulares, assim como o consumo de água associado à agricultura, principalmente na rega de campos de girassol. Neste caso a água é muitas vezes extraída de poços, furos ou nascentes existentes nas herdades. No entanto, nem toda a água extraída para rega é evapotranspirada havendo uma parte que se infiltra novamente.

Por outro lado, o cálculo das entradas poderá estar um pouco subestimado se se considerar que alguns reservatórios superficiais de água, como as barragens de Alvito e de Odivelas possam contribuir também para recarga subterrânea.

## 6 - CONCLUSÕES

A formação carbonatada de Viana do Alentejo – Alvito é formada por calcários e dolomitos carsificados e rochas calcossilicatadas de idade câmbria.

A precipitação média anual obtida pelo método das isoietas, na formação carbonatada é de 651.9 mm. A evapotranspiração real obtida do balanço hídrico sequencial mensal

elaborado a partir de dados da estação climatológica de Viana do Alentejo é de 458.8 mm/ano. O déficit hídrico é de 362.3 mm/ano e o superavit de 141.4 mm/ano.

A infiltração eficaz obtida pelo método de balanço de cloretos para a área carbonatada é de 15.6%. Considerando a precipitação média anual de 651.9 mm e a área da formação carbonatada (17.5 Km<sup>2</sup>) obtém-se um valor de recarga de cerca de 1.8x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano.

O controlo dos potenciais hidráulicos deu indicação de sentidos gerais de fluxo, tendo sido detectado que a área preferencial de recarga é a zona envolvente do monte de São Vicente, próximo de Viana do Alentejo.

Um conjunto de ensaios de caudal permitiu obter valores de transmissividade, que variam entre 2500 a 3900 m<sup>2</sup>/dia, coeficiente de armazenamento das fracturas, que varia entre valores da ordem de 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-1</sup> e coeficiente de armazenamento dos blocos, entre 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-3</sup>. Estes valores permitiram estabelecer que:

- O aquífero formado pela unidade carbonatada poderá funcionar em algumas zonas como aquífero livre, mas noutros locais como confinado devido à apreciável capa de alteração que o cobre;
- O comportamento hidráulico da formação carbonatada está principalmente relacionado com a sua carsificação e fracturação intensas, constituindo uma rede de condutas e fracturas importantes e complexa, o que possibilita também a conexão hidráulica com outras formações menos produtivas.

As extracções de água subterrânea para abastecimento público foram avaliadas em cerca de 4.4x10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>/ano no concelho de Viana do Alentejo, e 1.3x10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>/ano no concelho de Alvito. Com estes valores e com base na quantificação das entradas de água na unidade carbonatada obteve-se um balanço hídrico positivo de 1.2x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, ignorando as extracções em furos e poços particulares para consumo domestico, para gado e regadio.

## **BIBLIOGRFIA**

ALMEIDA, C. C. - “Programa para Calculadoras de Bolso com Aplicações em Hidrologia.” *Boletim do Museu e Laboratório de Mineralogia e Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa*, **Vol. 16 (1)**, 1979, pp. 101 - 122.

CANDEIAS, I. R. R. - *Estudo Quantitativo e Qualitativo dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Área de Viana do Alentejo – Alvito (Alentejo)*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1997.

CARVALHOSA, A. B. & ZBYZEWSKI, G. - *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000 – Notícia Explicativa da Folha 40-C, Viana do Alentejo*. Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos, 1972.

CARVALHOSA, A. B. - “Estudo Geológico - Petrográfico da Região de Viana do Alentejo – Alvito” *Separata do Bol. da Soc. Geol. de Portugal*, **Vol. XVIII, fasc. I**, 1972, pp. 7-56.

CUPETO, C. A. C. T. - *Contribuição para o Conhecimento Hidrogeológico do Maciço Calcário de Estremoz (Cano – Sousel)*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1991.

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. - *Hidrología Subterránea*. Ediciones Omega, S. A. - Casanova, 220 - Barcelona, **Vols. I e II**, 1976, 2359 pp.

FONSECA, P. E. - *Estudo da Sutura Varisca no SW Ibérico nas Regiões de Serpa – Beja – Torrão e Alvito – Viana do Alentejo*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1995.

HERAS, R. - *Hidrología y recursos hidráulicos*. Dirección de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid. Tomo I e II, 1976.

MONTEIRO, G. P. P. J. - *Hidrogeologia da Formação Carbonatada de Escusa (Castelo de Vide)*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1993.

OLIVEIRA, M. M. - “AQFIS. Um programa para gerar curvas rebaixamento/tempo para aquíferos fracturados” *Geolis*, **Vol. V, fascs. 1 e 2**, Lisboa, 1990, pp 97-102.

SILVA, A. M. V. da - *Hidrogeologia de Uma Área do Sistema Aquífero de Elvas – Vila Boim*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1991.