

# **EXCERTO DO RELATÓRIO TÉCNICO**

**Sistema Aquífero Monforte – Alter do Chão**

## **Parte 5 - Caracterização e descrição hidrogeológica HIDROGEOQUÍMICA**

**(Janeiro de 2001)**

**Judite Fernandes**

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

## SISTEMA AQUÍFERO DE MONFORTE-ALTER DO CHÃO

### 5 – Caracterização e descrição hidrogeológica – HIDROGEOQUÍMICA

#### 5.1 – Caracterização da informação disponível

A informação disponível e que serve de base à caracterização hidrogeoquímica pode ser discriminada da seguinte forma:

⇒ 140 análises físico-químicas relativamente completas tendo em vista a caracterização dos aniões e catiões principais presentes nas águas;

⇒ 11 campanhas para controlo da evolução dos parâmetros Temperatura, Condutividade, pH e Potencial redox, em 55 pontos de água, nos meses de Julho 97, Agosto 97, Fevereiro 98, Junho 98, Outubro 98, Dezembro 98, Abril 99, Junho 99, Setembro 99, Novembro 99 e Fevereiro 00;

Do total das 140 análises físico-químicas, 30 correspondem ao período compreendido entre 1960 e 1995, mais especificamente 2 de 1960, 1 de 1983 e as restantes ao período compreendido entre 1992 a 1995. As restantes 110 análises foram realizadas no âmbito do ERHSA em três épocas diferentes, que se podem dividir em época de águas baixas de 97 (40 análises), época de águas altas de 97/98 (44 análises) e época de águas baixas de 98 (26 análises). Determinaram-se algumas estatísticas dos principais parâmetros analisados, para as 3 épocas anteriormente referidas, que se encontram expressas nos **quadros 16, 17 e 18**. A condutividade está expressa em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e os restantes parâmetros em  $\text{mg}/\text{l}$  à excepção do pH. A distribuição dos pontos amostrados observa-se na **figura 41**.

**Quadro 16** - Principais estatísticas para a época de águas baixas de 1997

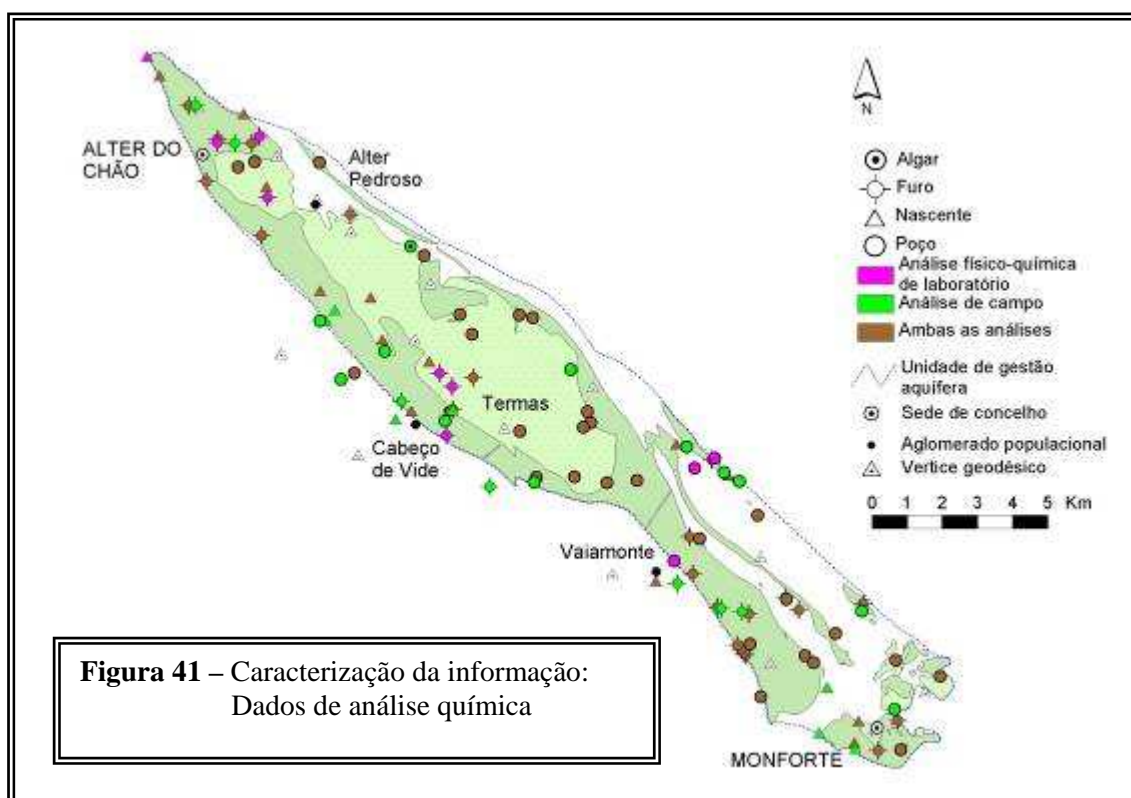
	n	média	Desvio padrão	mín.	Q <sub>1</sub>	mediana	Q <sub>3</sub>	máx.
Cond	40	710	294	334	630	712	776	2309
pH	36	7.5	0.3	6.8	7.31	7.48	7.62	8
Dureza	40	308	77	118	271	305	379	425
Alcalinidade	21	280	81	22	245	275	328	386
Resíduo	21	404	53	257	363	424	445	471
Na	31	18	7	9	13	16	24	39
K	31	1.2	0.9	0.4	0.5	1.2	1.6	4.2
Ca	31	87	31	30	52	95	108	143
Mg	31	25.8	18.4	0.2	12.8	24.4	30.9	83.3
Fe	10	0.2	0	0.09	0.14	0.19	0.21	0.22
HCO <sub>3</sub>	21	344	95	50	298	336	400	470
Cl	36	33	20	14	19	26	40	112
SO <sub>4</sub>	36	22	10	7	15	21	27	47
NO <sub>3</sub>	36	25.2	19.7	0	11.4	18.2	39.4	69.9
F	21	0.6	0.3	0.01	0.43	0.61	0.85	1.23
PO <sub>4</sub>	15	0.1	0.1	0.02	0.05	0.08	0.18	0.53
SiO <sub>2</sub>	40	34	14	18	23	31	42	73
CO <sub>2</sub>	21	23	11	10	17	19	27	48

**Quadro 17** - Principais estatísticas para a época de águas altas de 1997-1998

	n	média	Desvio padrão	mín.	Q <sub>1</sub>	mediana	Q <sub>3</sub>	máx.
Cond	44	617	202	189	497	609	736	1134
pH	44	7.4	0.6	6.4	7.26	7.4	7.54	10.9
Dureza	44	343	139	48	274	336	426	680
Alcalinidade	44	255	110	13	204	265	325	606
Resíduo	44	423	139	133	358	405	510	854
Na	44	21	13	7	12	17	25	68
K	44	1.8	2.4	0.3	0.6	1.4	2	15.5
Ca	44	83	38	15	56	85	109	168
Mg	44	30	19	2	18	26	33	88
Fe	18	0.1	0.1	0.06	0.07	0.09	0.13	0.34
HCO <sub>3</sub>	44	302	114	47	235	306	371	606
Cl	44	37	28	10	15	25	54	136
SO <sub>4</sub>	44	27	16	1	17	27	35	77
NO <sub>3</sub>	44	46	47	2	15	31	61	205
F	26	0.7	0.7	0.04	0.2	0.47	0.93	3.29
SiO <sub>2</sub>	44	29	14	4	20	27	37	82
CO <sub>2</sub>	25	33	31	4	17	24	40	169

**Quadro 18** - Principais estatísticas para a época de águas baixas de 1998

	n	média	Desvio padrão	mín.	Q <sub>1</sub>	mediana	Q <sub>3</sub>	máx.
Cond	6	655	164	447	526	655	731	918
pH	26	7.5	0.8	6.5	7.2	7.4	7.6	11.1
Dureza	26	330	108	94	259	351	422	494
Alcalinidade	26	277	93	34	220	301	344	411
Resíduo	26	440	149	235	317	421	485	784
Na	26	20	13	7	11	16	22	59
K	26	2.6	4.3	0.3	0.7	1.4	2	18.5
Ca	26	83	37	18	50	78	110	158
Mg	26	30	16	0.15	19	29	39	68
HCO <sub>3</sub>	26	291	107	34	220	312	368	480
Cl	26	35	28	8	18	22	50	111
SO <sub>4</sub>	26	25	13	3	17	22	26	60
NO <sub>3</sub>	26	36	42	0.2	13	19	40	149
F	6	0.7	0.2	0.58	0.61	0.64	0.86	0.98
SiO <sub>2</sub>	26	39	19	6	26	34	47	84
CO <sub>2</sub>	6	34	12	20	26	30	43	53



A análise comparativa das 3 épocas parece indicar relativa estabilidade no pH e nos iões Na, K, Ca, Mg, Cl,  $\text{HCO}_3$  e F. Na época de águas altas verifica-se um incremento de iões externos, nomeadamente  $\text{SO}_4$  e  $\text{NO}_3$ , que pode ser justificado pela lexiviação de solos normalmente adubados em Setembro-Outubro nesta área. A condutividade e a  $\text{SiO}_2$  tendem a diminuir na época de águas altas, provavelmente devido a processos de diluição. O ião Fe não foi analisado na época de águas baixas de 98 pelo que apenas se pode comparar as restantes duas épocas. Este ião apresenta uma tendência de diminuição na época de águas altas que poderá ser aparente ou eventualmente estar relacionada com fenómenos de oxidação devido à entrada de água mais oxidadas.

## 5.2 – Distribuições de pH, condutividade eléctrica, catiões e aniões

### 5.2.1 - Metodologias aplicadas

Seleccionaram-se as épocas de águas altas de 97-98 e águas baixas de 98 para representar a distribuição dos principais parâmetros analisados, à excepção da condutividade. Para este parâmetro apenas se disponham de 6 valores na época de águas baixas de 98 pelo que se optou por confrontar os valores da época de águas altas com a de águas baixas de 97.

A representação de cada parâmetro foi feita por classes cujos limites foram estabelecidos de acordo com o intervalo de variação e a frequência do parâmetro e os limites estabelecidos para a qualidade de água para consumo humano (Decreto-lei nº236/98).

### **5.2.2 - Resultados e interpretação**

#### **pH**

As águas do sistema pertencem na maioria à classe 6,5-7,5 ou seja águas consideradas de pH neutro **(Figura 42)**.

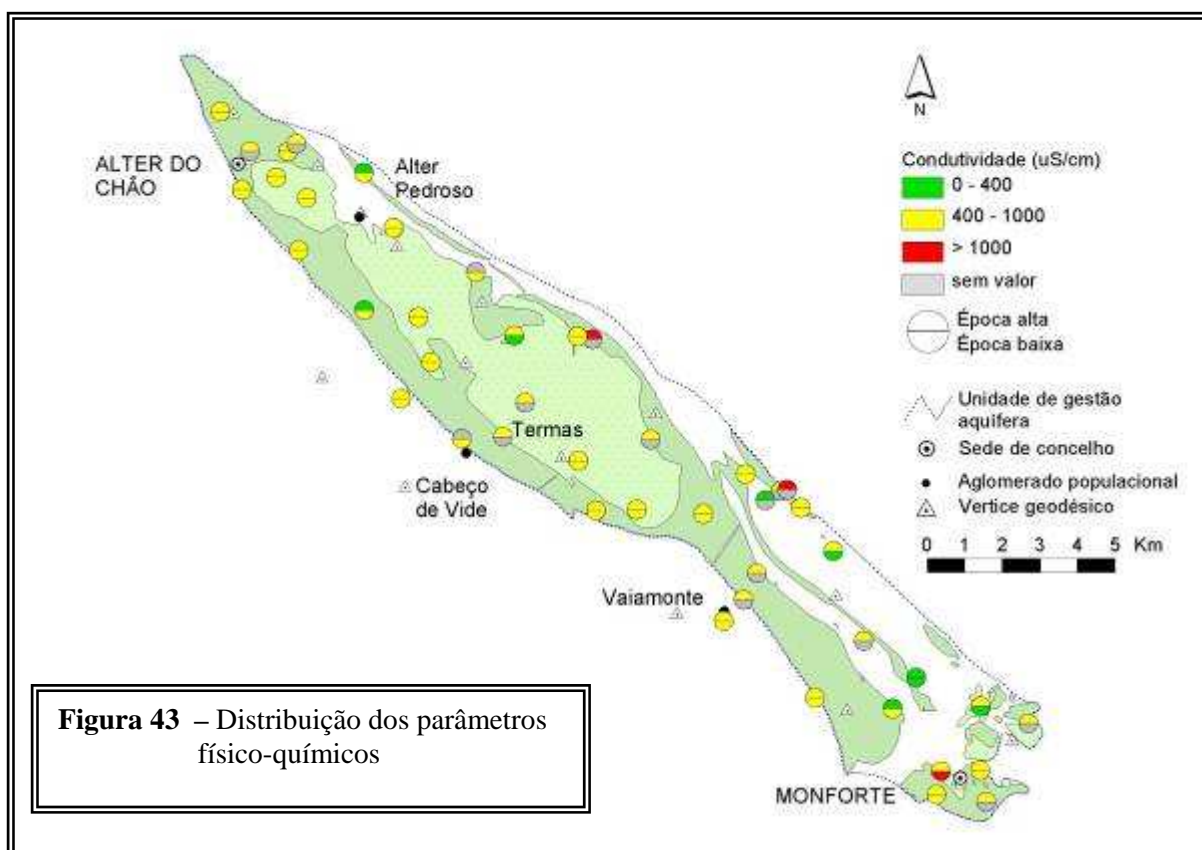
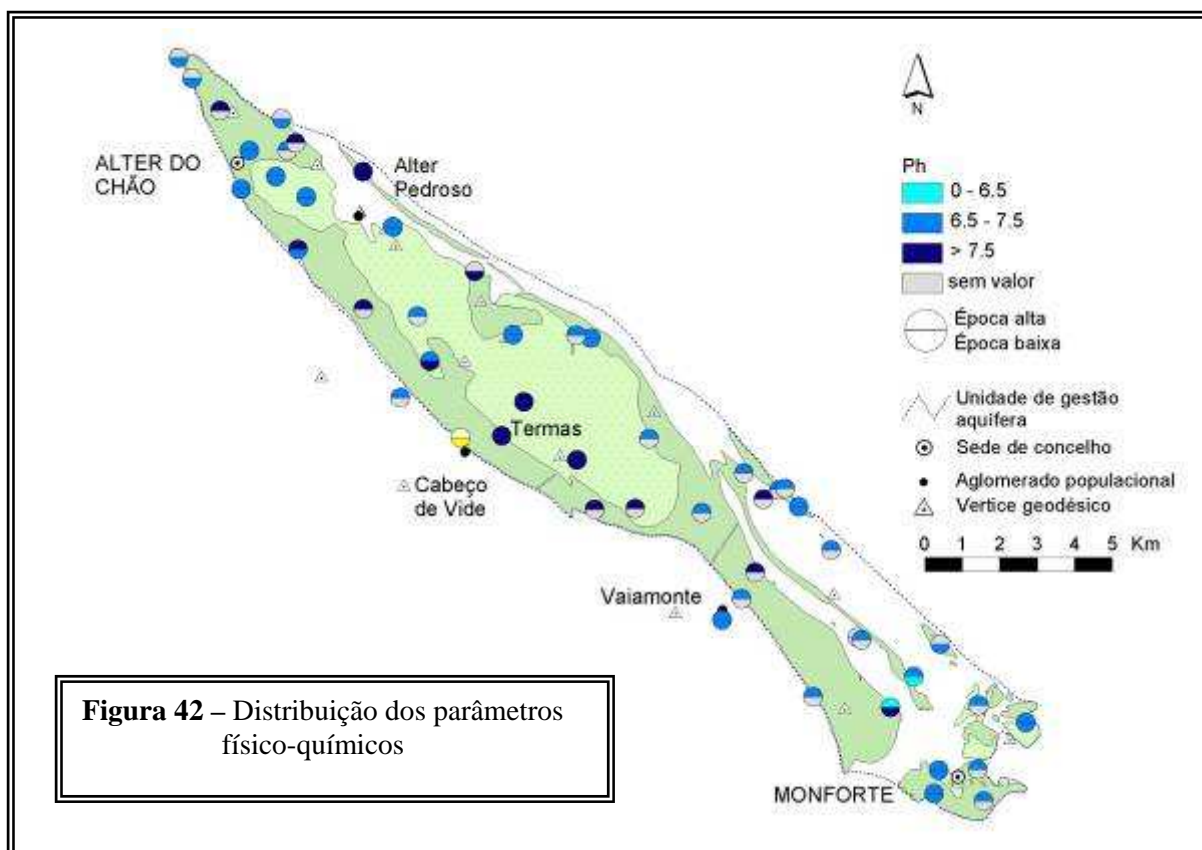
Os valores mais elevados deste parâmetro correspondem às águas das Termas de Cabeço de Vide com pH aproximadamente de 11. Globalmente as águas de circulação nas formações básicas e ultrabásicas (gabros, piroxenitos, dunitos, peridotitos e serpentinitos) têm o pH mais elevado (7,6-8,0) do que as águas que circulam em calcários.

#### **Condutividade eléctrica**

Este parâmetro apresenta maioritariamente valores da classe 2, entre os 400 e os 1000  $\mu\text{S/cm}$ , que se encontram acima dos valores desejáveis para águas de consumo humano **(Figura 43)**.

A análise estatística permite-nos verificar que na época de águas baixas de 98 50% dos valores estão compreendidos entre os 526 e os 731  $\mu\text{S/cm}$  que correspondem respectivamente aos 1º e 3º quartis. Na época de águas altas de 97/98 aos 1º e 3º quartis correspondem os valores de 497 e 736  $\mu\text{S/cm}$ . Os 1000  $\mu\text{S/cm}$  são excedidos em três pontos amostrados, o poço 371G008 a norte, a nascente 384G032 a sul e entre ambos o poço 384G066. Estes pontos encontram-se associados a focos pontuais de contaminação:

- o poço 371G008 insere-se numa horta intensamente estrumada;
- o poço 384G066 situa-se junto a uma unidade de ordenha no Monte dos Esquerdos;
- a nascente 384G032 situa-se junto à fábrica de queijos de Monforte.





## **Dureza**

As águas do sistema são de elevada dureza. A globalidade dos valores situa-se na classe 2 de 300 a 500 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  (**Figura 44**). O valor máximo admissível de 500 mg/l é excedido em 6 pontos apenas na época de águas altas. Para esta elevada dureza contribuem de forma idêntica o cálcio e o magnésio à excepção dos pontos 384G049 e 384G051 onde a contribuição do magnésio é preponderante.

## **Cálcio**

O cálcio aparece maioritariamente representado pela classe 1 ou seja valores inferiores a 100 mg/l (**Figura 45**). Com efeito pela análise estatística verifica-se que 75% das amostras apresentam valores inferiores a 109 mg/l na época de águas altas de 97/98 e a 110 mg/l na época de águas baixas de 98.

## **Magnésio**

A análise estatística deste parâmetro mostra-nos que 75% dos valores se encontram abaixo de 33 e 39 mg/l, respectivamente para as épocas de águas altas de 97/98 e baixas de 98. As 4 amostras que excedem os 50 mg/l (**figura 46**) correspondem a águas de circulação nas rochas básicas e ultrabásicas serpentinizadas pelo que o enriquecimento em magnésio deverá ter origem na serpentina que é um silicato de magnésio.

## **Sódio**

A distribuição deste parâmetro no sistema corresponde maioritariamente à classe mais baixa com valores inferiores a 20 mg/l (**figura 47**). O 3º quartil calculado é de 25 mg/l para a época de águas altas de 97/98 e de 22 mg/l para a época de águas baixas de 98 o que significa que 75% da amostragem apresenta valores inferiores. Os valores mais elevados, entre 20 e 50 mg/l, situam-se próximo dos aglomerados populacionais de Monforte e Alter do Chão e nas zonas onde há criação de gado. Acima de 50 mg/l existem dois pontos, a norte o poço 371G008 que como já foi referido se situa numa horta intensamente estrumada e adubada, com criação de gado na envolvente, e a sul o furo das Termas de Cabeço de Vide que corresponde a uma água cujo perfil químico difere completamente do perfil das águas do sistema aquífero.

## **Potássio**

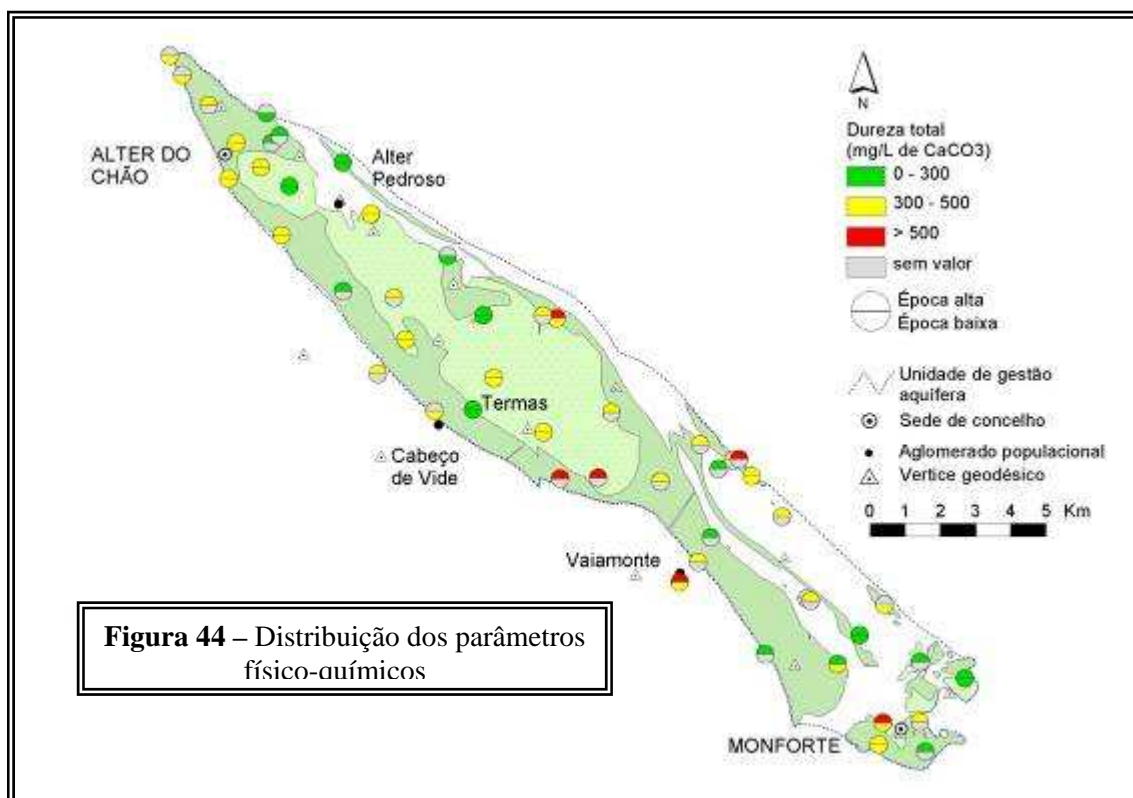
O potássio apresenta em todo o sistema aquífero valores inferiores a 10 mg/l com excepção de dois pontos de água (**figura 48**). Pela análise estatística verifica-se que 75 % da amostragem se situa abaixo dos 2 mg/l. Os pontos onde o valor é superior a 12 mg/l são o já referido poço 371G008 e na zona sul do sistema o furo 384G019, este último

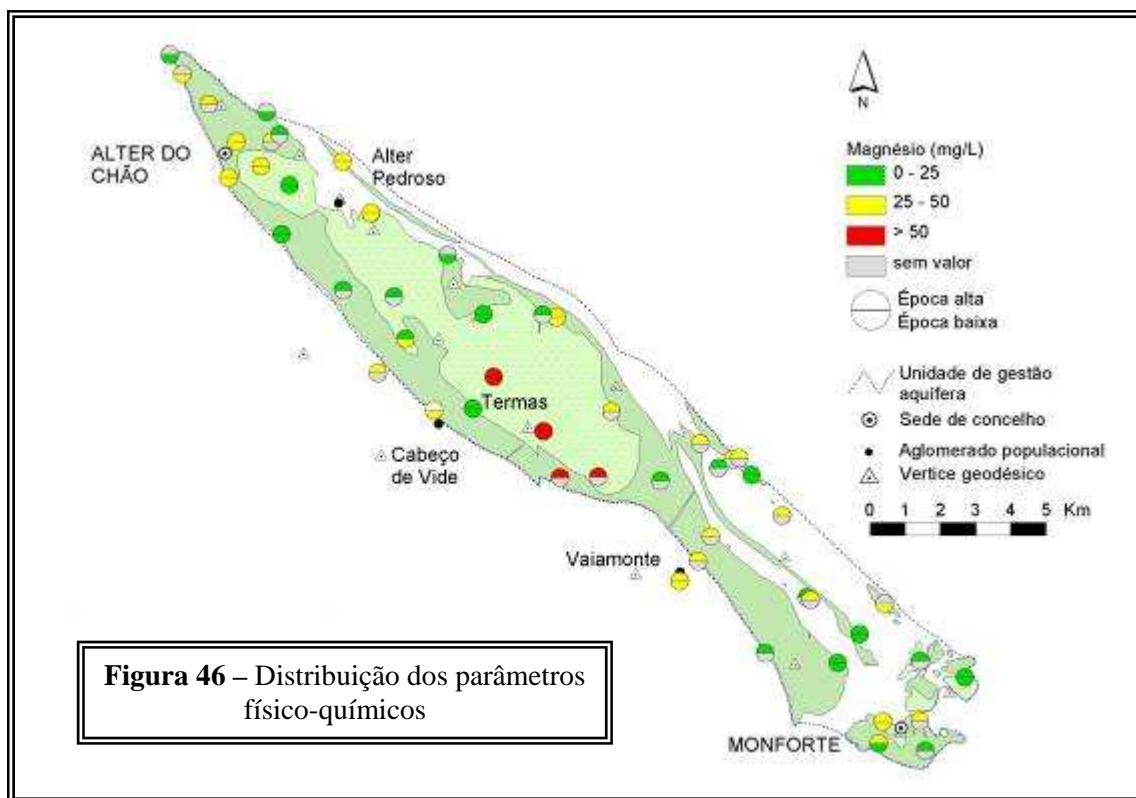
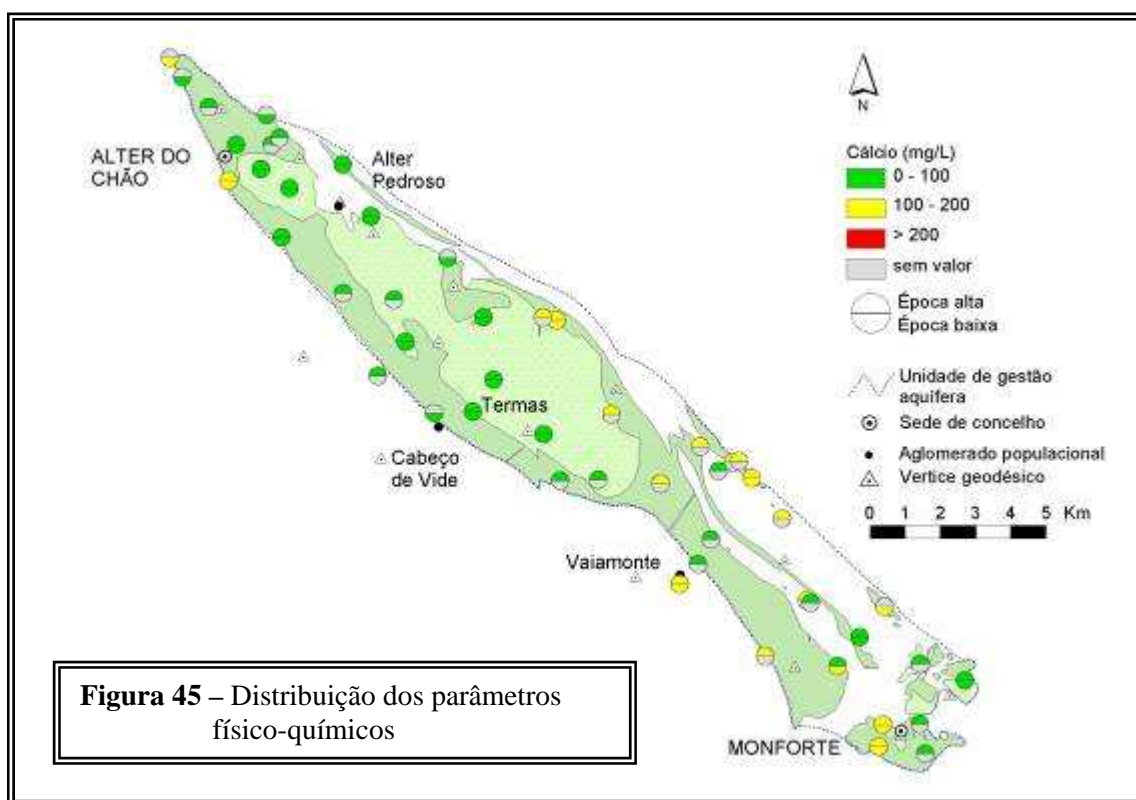
situado junto a uma zona de estacionamento de gado e a uns terrenos agrícolas com aplicação intensiva de adubos.

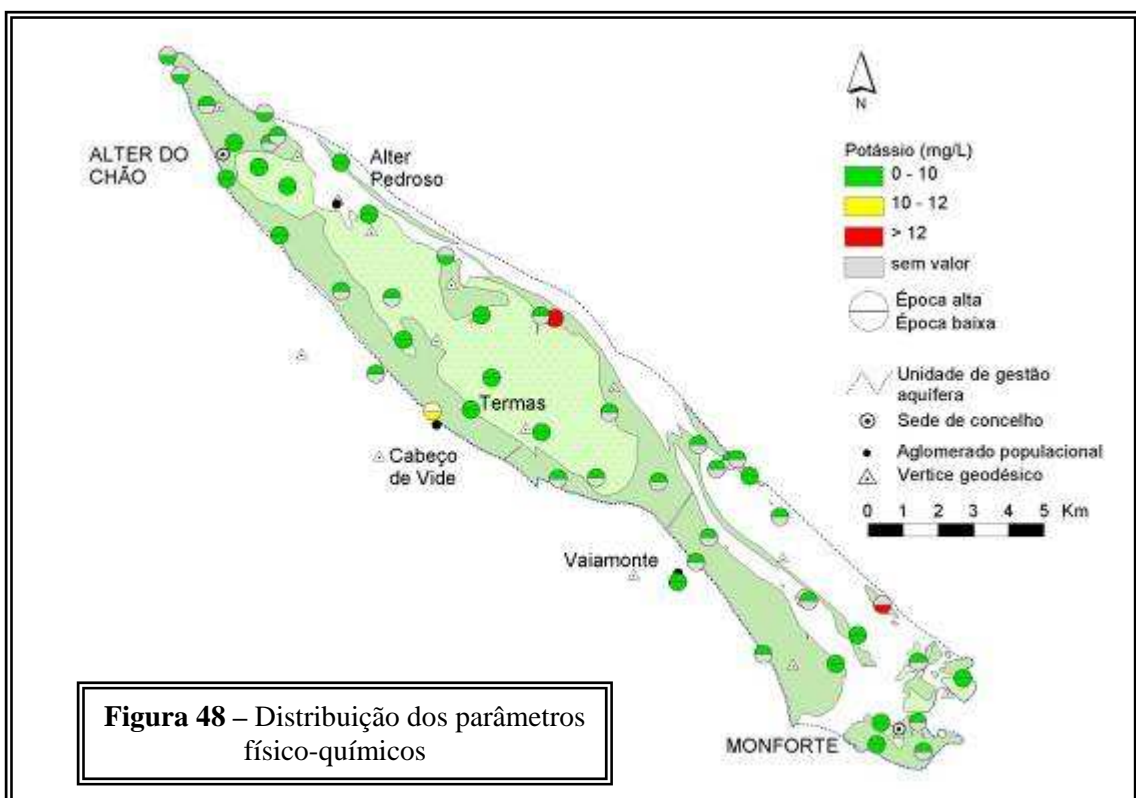
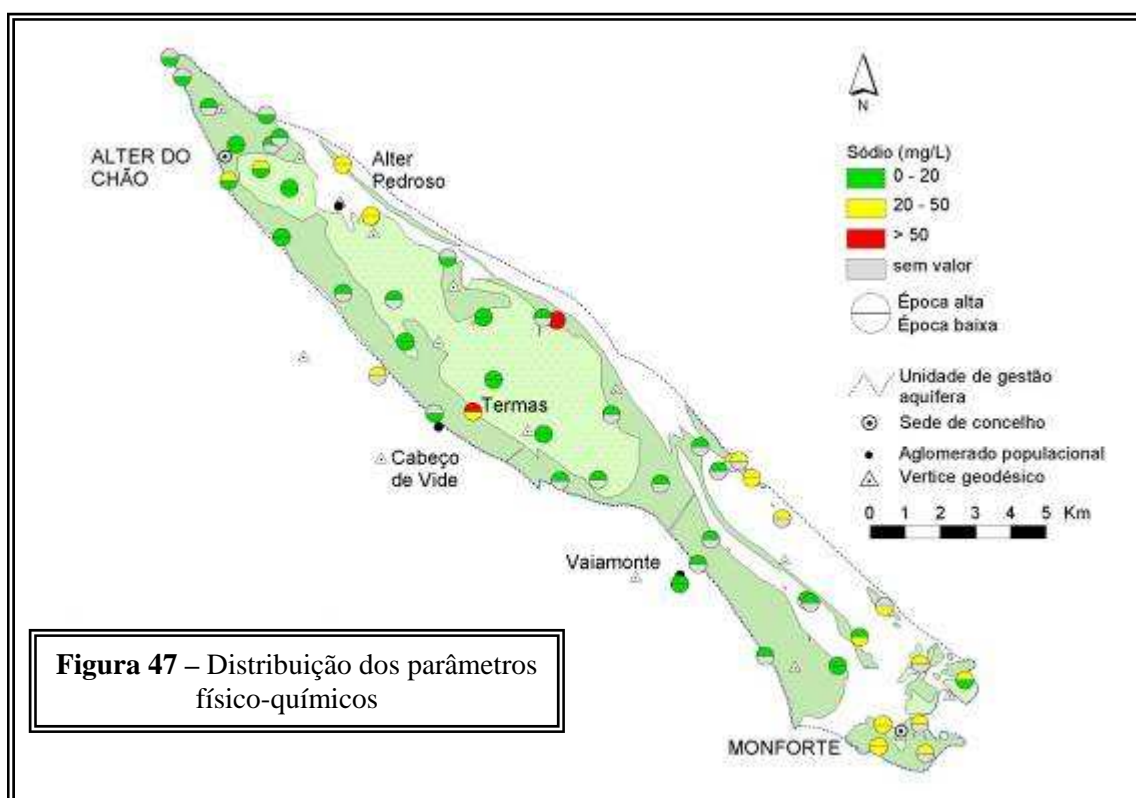
### Cloreto

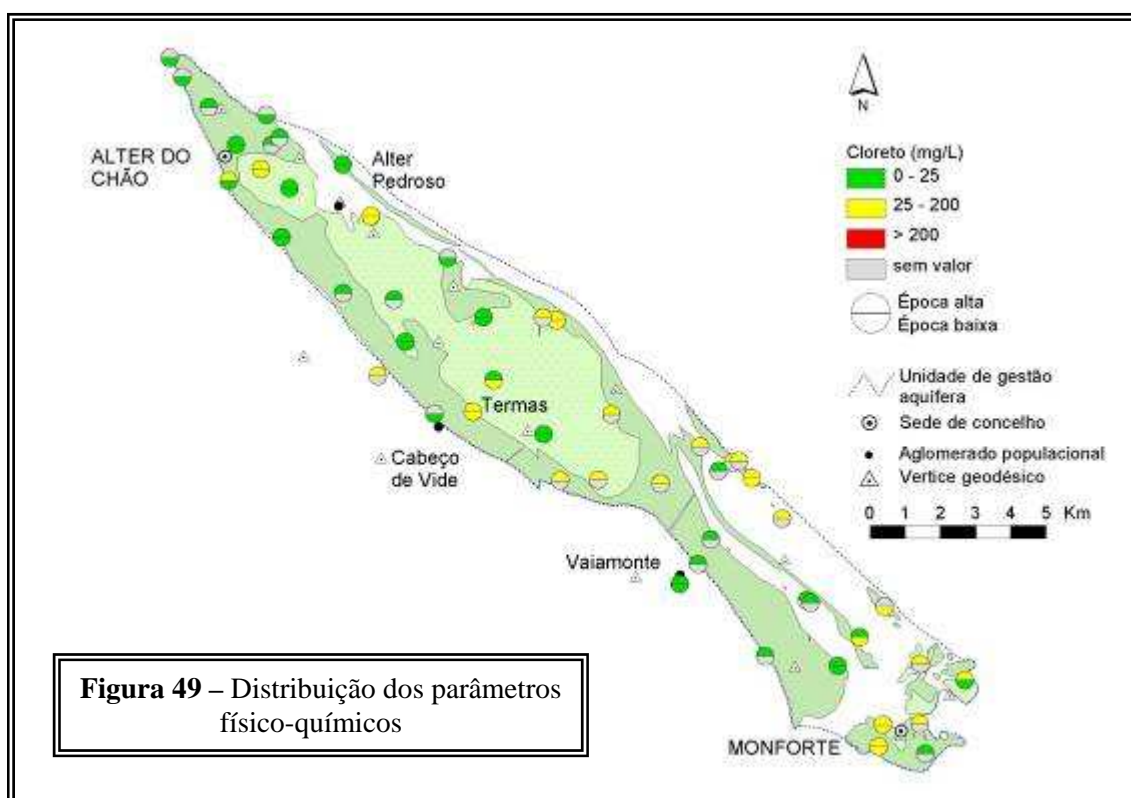
As medianas obtidas para o cloreto são 22 e 25 mg/l para as épocas de águas baixas de 98 e águas altas de 97/98, respectivamente. O que significa que aproximadamente 50% da amostragem se situa acima do valor máximo recomendável para águas de consumo humano. Aproximadamente 25% da amostragem encontra-se compreendida nos intervalos 50 a 111 mg/l (águas baixas de 98) e 54 a 136 mg/l (águas altas de 97/98).

Verifica-se que os valores mais elevados localizam-se essencialmente junto dos agregados populacionais e nas áreas onde há criação e estacionamento de gado (**figura 49**).









### Sulfato

As medianas obtidas para o sulfato são 22 e 27 mg/l para as épocas de águas baixas de 98 e águas altas de 97/98, respectivamente. Os restantes 50% das amostras situam-se acima destes valores até aos limites máximos de 60 mg/l (águas baixas de 98) e 77 (águas altas de 97/98), ou seja nunca excedendo o valor máximo admissível. No entanto verifica-se um ligeiro incremento deste ião na época de águas altas (**figura 50**).

### Bicarbonato

A análise estatística evidencia que, na época de águas baixas de 98, 50% da amostragem encontra-se compreendida entre 220 e os 368 mg/l que correspondem respectivamente ao 1º e 3º quartis. O valor mínimo encontrado é de 34 mg/l e o valor máximo é de 480 mg/l. No que respeita à época de águas altas de 97/98 os 1º e 3º quartis correspondem a 235 e 371 mg/l. O valor mínimo encontrado é de 47 mg/l e o valor máximo é de 606 mg/l.

### Nitrato

O nitrato aparece essencialmente representado pela classe 1 (0-25 mg/l) (**figura 51**). Na época de águas baixas de 98, 50% da amostragem encontra-se compreendida entre os 13 e os 40 mg/l, que correspondem ao 1º e 3º quartis. A mediana é de 19 mg/l e não foram detectados valores superiores a 149 mg/l. Na época de águas altas de 97/98 os 1º

e 3º quartis são, respectivamente, 15 e 61 mg/l. A mediana é de 31 mg/l. Cerca de 25% das amostras encontram-se compreendidas entre os 61 e 205 mg/l. É nítido o incremento do nitrato nesta época. Existem cerca de 14 pontos amostrados onde os 50 mg/l são excedidos:

⇒ o ponto 370G001, furo de abastecimento público, situa-se no perímetro urbano de Alter do Chão junto a uma vala de drenagem de águas residuais que funciona como esgoto;

⇒ os pontos 384G032 e 384G040, correspondem a nascentes situadas na periferia de Monforte, a primeira junto à fábrica de queijos de Monforte e a segunda a jusante do cemitério;

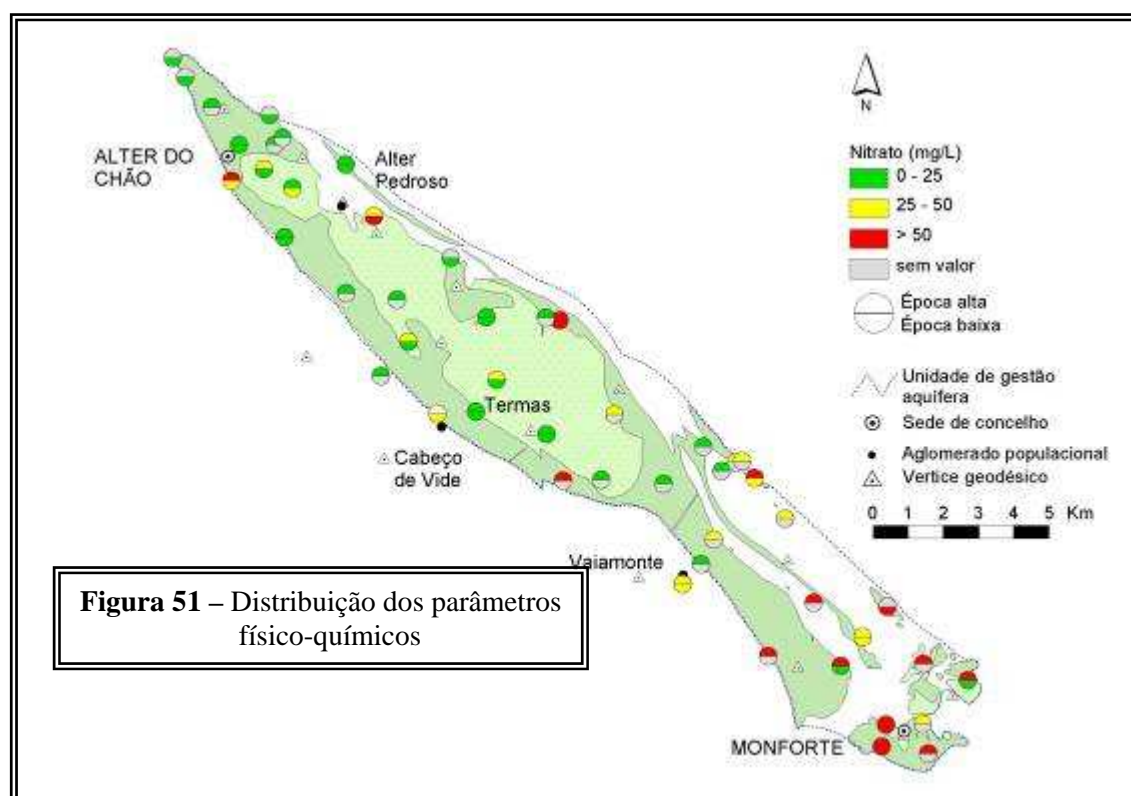
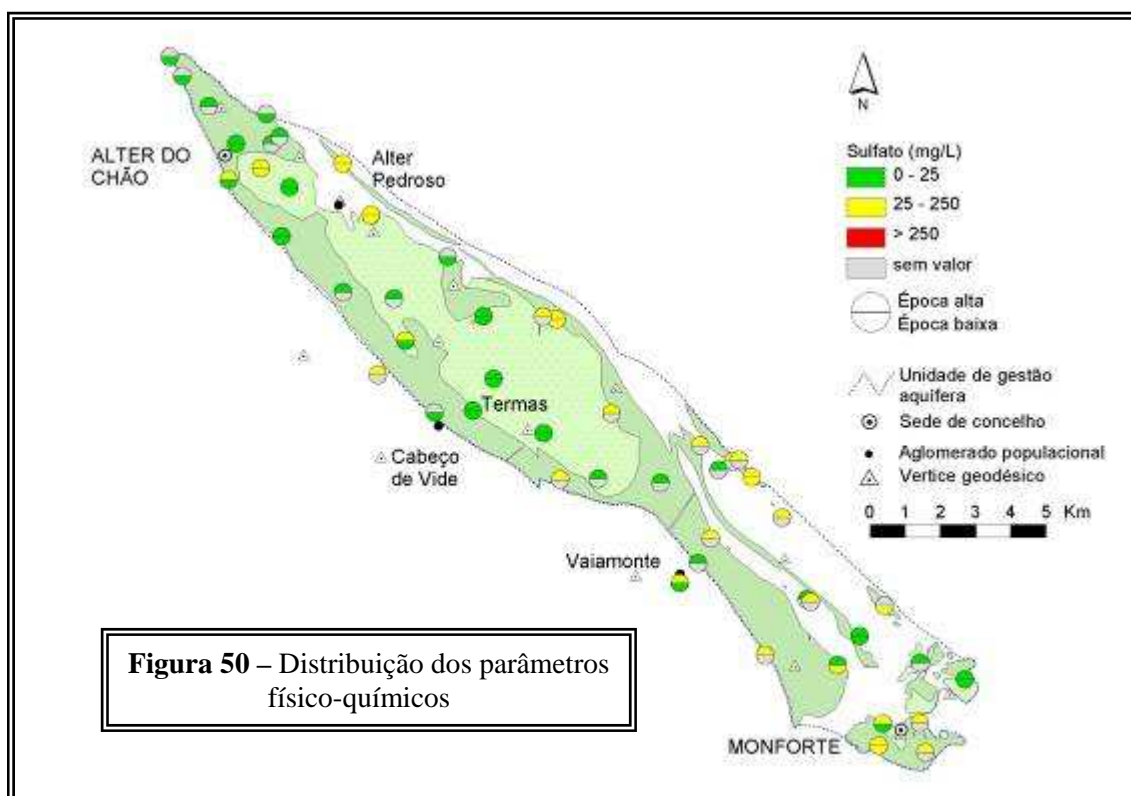
⇒ os pontos 370G030, 384G049, 384G038, 384G019, 384G058 encontram-se em áreas, simultaneamente, de estacionamento de gado e agrícolas onde regularmente se aplicam adubos;

⇒ os pontos 384G063, 384G002, 384G048, 384G060 inserem-se em áreas agrícolas com intensa aplicação de adubos;

⇒ os pontos 371G008 e 384G056 situam-se em hortas intensamente estrumadas associados no primeiro caso a estacionamento de gado e no segundo à ETAR de Monforte que se situa a montante em termos de sentido de fluxo;

Poder-se-á afirmar que o excesso de nitrato existente nas águas subterrâneas do sistema provém essencialmente da lixiviação dos solos agrícolas intensamente adubados ou estrumados gerando uma contaminação difusa. Pontualmente existem algumas fontes que promovem descargas de águas residuais, tais como a fábrica de queijos de Monforte, colectores de águas residuais e provavelmente efluentes de ETAR's.



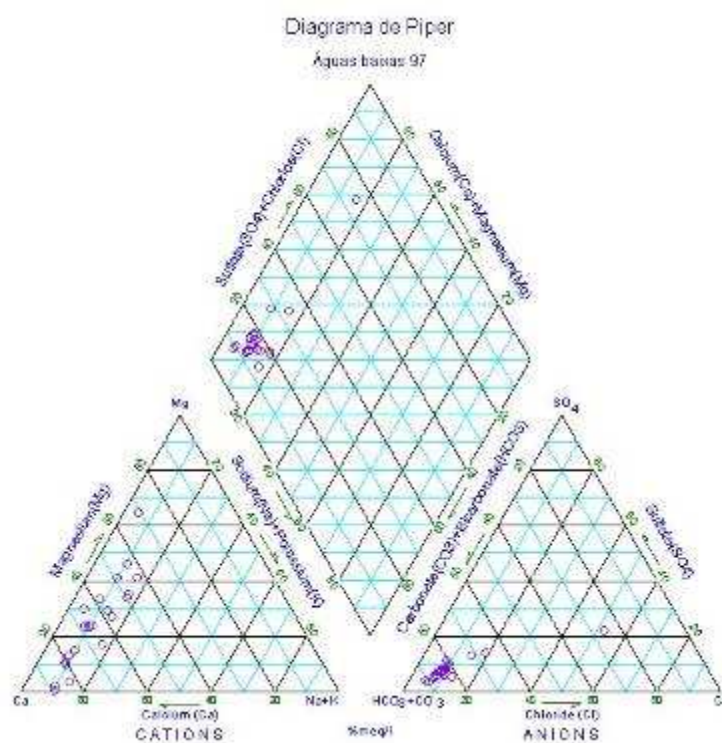


### 5.3 – Fácies hidrogeoquímicas

#### ◈ Diagrama de Piper

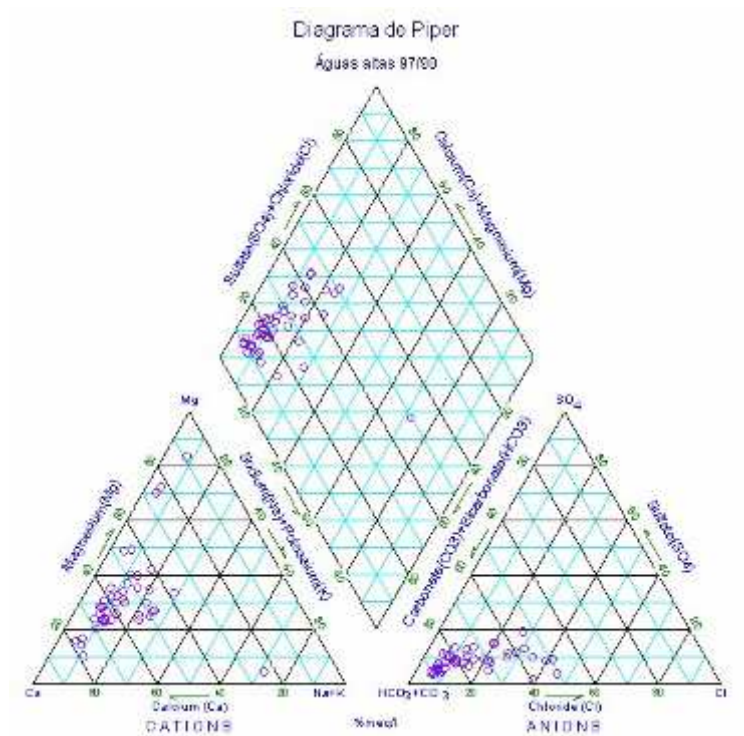
Pela observação dos diagramas de Piper (**figuras 52, 53 e 54**) verifica-se que as fácies hidroquímicas dominantes nas águas do sistema aquífero são do tipo bicarbonatada cálcica e calco-magnésiana. Algumas amostras evidenciam uma fácies bicarbonatada magnésica. A observação dos três diagramas de Piper para as três épocas consideradas sugere que o perfil hidroquímico se mantém relativamente constante.

A água das termas de Cabeço de Vide apresenta um perfil hidroquímico distinto das restantes, do tipo cloretada-bicarbonatada sódica, com pH de 11, resíduo seco de 230 mg/l e uma temperatura de 22 °C. Esta água tem uma origem profunda e a sua ascensão dá-se ao longo de falhas.

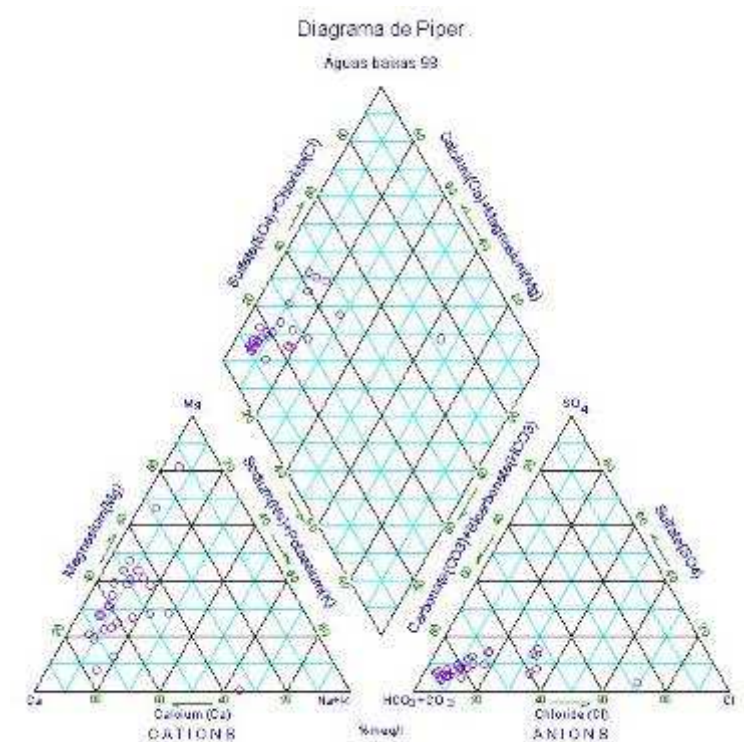


**Figura 52** - Diagrama de Piper para águas baixas de 97





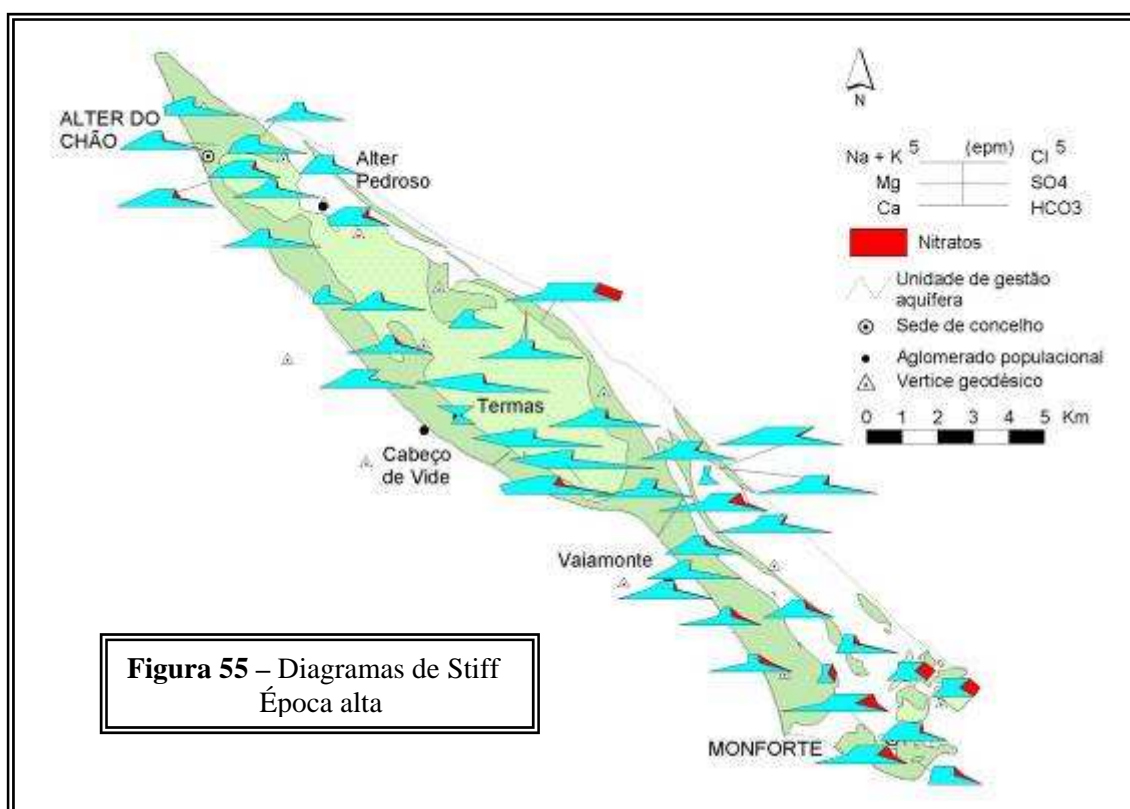
**Figura 53** -Diagrama de Piper para águas altas de 97/98

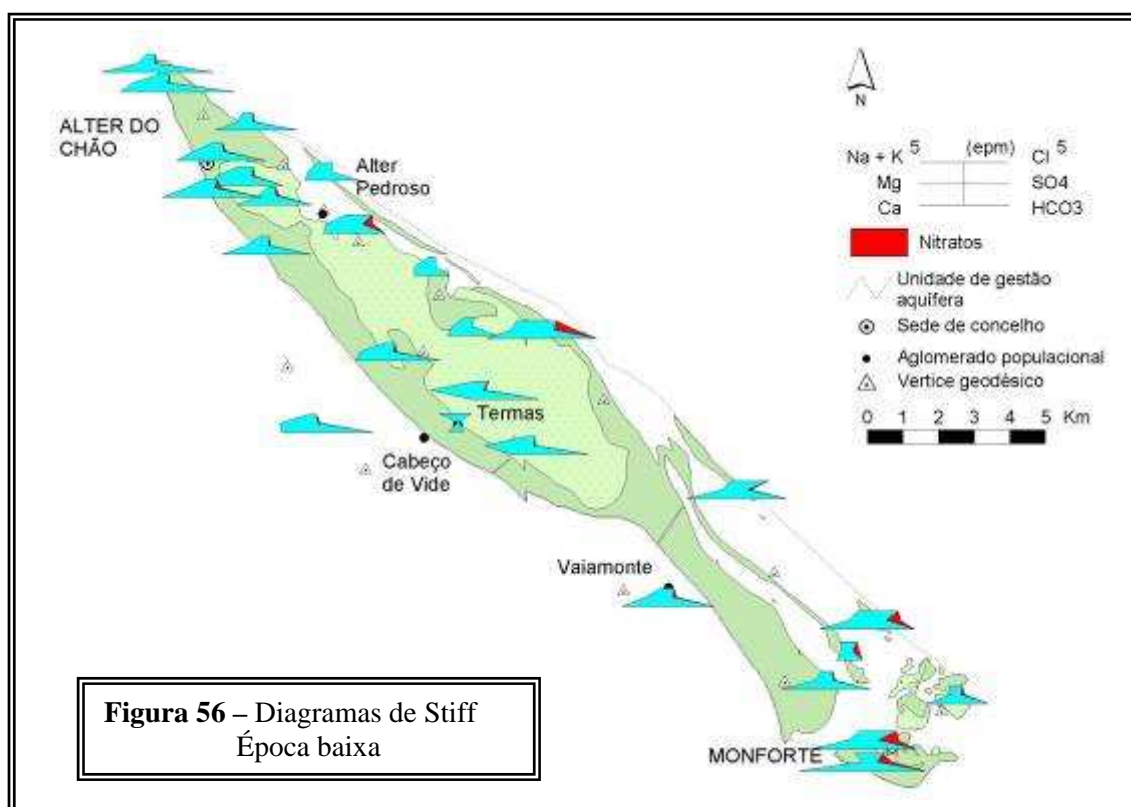


**Figura 54** -Diagrama de Piper para águas baixas de 98

### 5.3.1 - Definição de manchas de fácies predominante e projecção dos diagramas de Stiff

No que respeita à distribuição espacial das fácies anteriormente referidas (**figuras 55 e 56**) as bicarbonatadas calco-magnesianas e cálcica são dominantes e distribuem-se de forma homogénea por todo o sistema. No bordo sul da mancha de gabros, junto a Cabeço de Vide, a fácies é bicarbonatada magnesianas e magnésica-cálcica, correspondendo a águas com algum tempo de circulação nos gabros serpentizados pelo que apresentam enriquecimento em magnésio. A água das termas de Cabeço de Vide distingue-se das restantes, com uma fácies cloretada-bicarbonatada sódica-cálcica e baixa mineralização. Na zona de Monforte e ao longo do bordo norte do sistema nota-se um incremento do cloreto com fácies do tipo bicarbonatada-cloretada calco-magnesianas. O incremento de cloreto parece ter origem antrópica associado a áreas urbanas e de estacionamento de gado embora não se possa excluir a hipótese de resultar da mistura com águas de outras formações.





#### 5.4 – Estados de saturação, problemas de incrustação e corrosão

Calcularam-se os índices de saturação em relação à calcite e dolomite para as épocas de águas altas de 97/98 e águas baixas de 98 recorrendo ao programa de especiação Hidspec (Carvalho & Almeida, 1989). Os resultados encontram-se expressos no **quadro 19** e a sua distribuição espacial nas **figuras 57 e 58**.

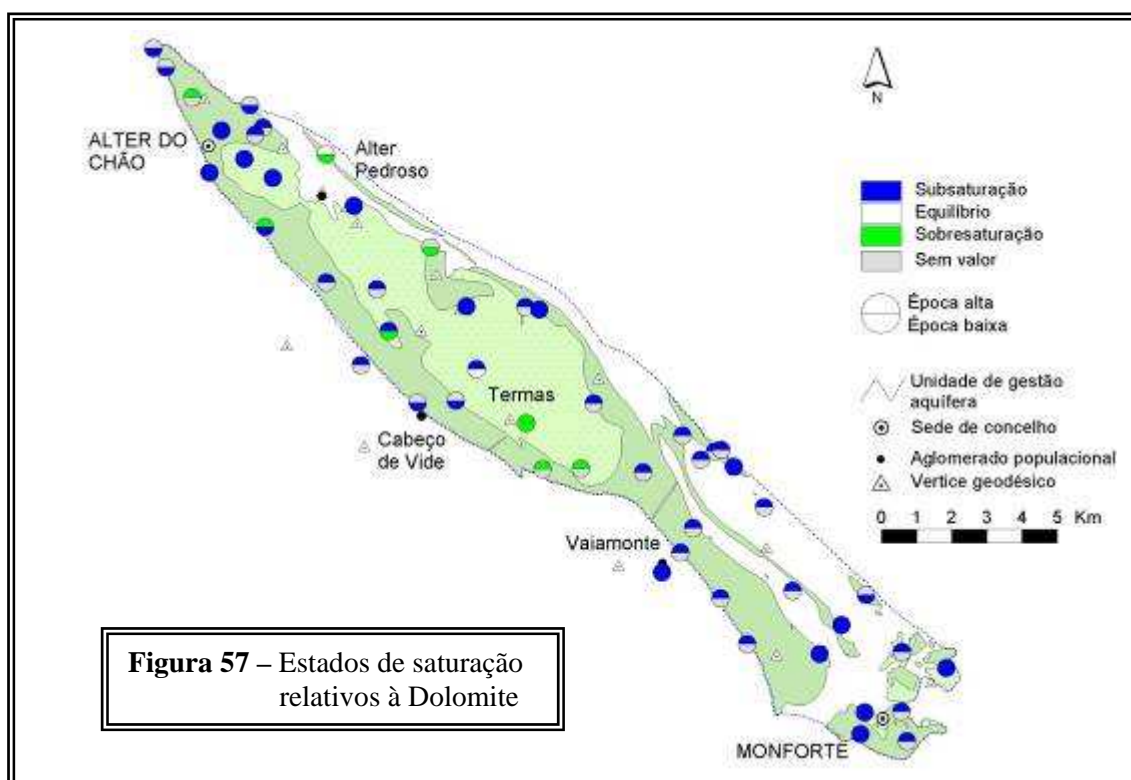
**Quadro 19** - Distribuição do número de amostras relativamente ao estado de saturação

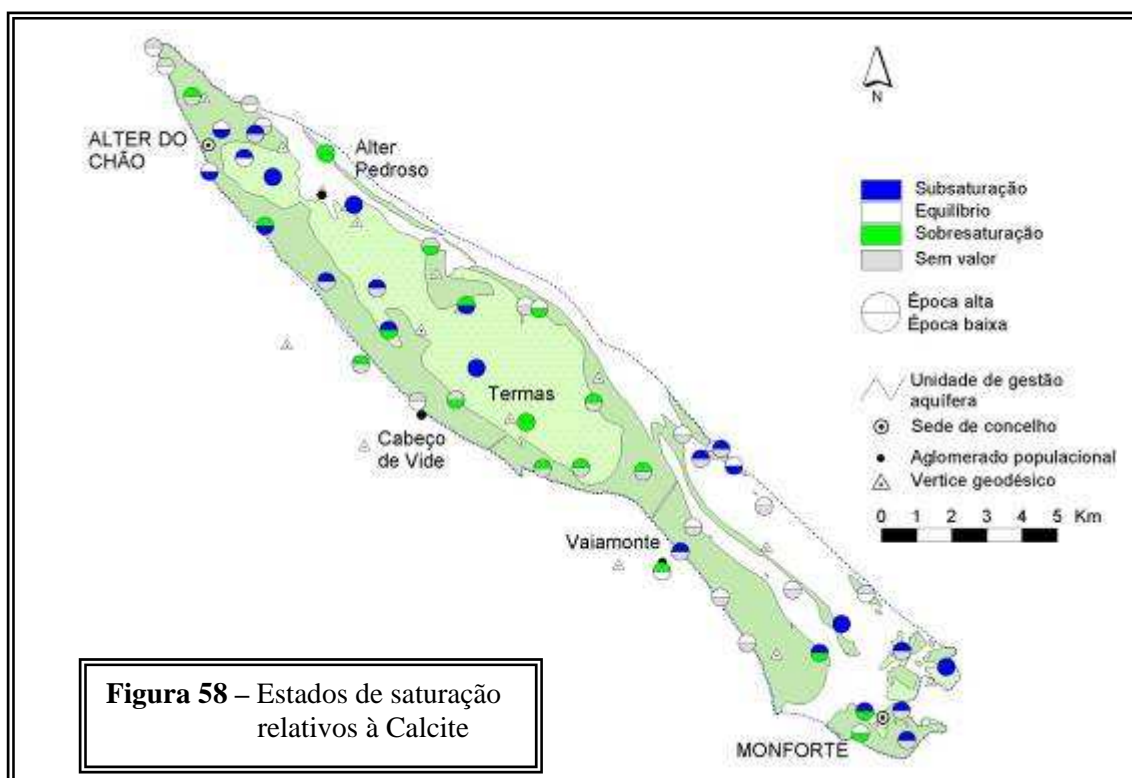
	Calcite (águas altas)	Calcite (águas baixas)	Dolomite (águas altas)	Dolomite (águas baixas)
Nº de amostras	43	26	43	26
Subsaturada	17	10	37	21
Equilíbrio	13	6	1	1
Sobresaturada	13	10	5	4

Verifica-se que em relação à dolomite as águas do sistema encontram-se geralmente subsaturadas, com percentagens de 86% e 81%, respectivamente, para as águas altas e

águas baixas. Na zona central do sistema junto as Termas de Cabeço de Vide e no bordo nordeste junto a Alter Pedroso as águas encontram-se sobresaturadas.

Relativamente à calcite a distribuição pelos diferentes estados de saturação é mais homogénea. Cerca de 40% das amostras estão subsaturadas, 30% em equilíbrio e 30% sobresaturadas para águas altas. Nas águas baixas 38% estão subsaturadas, 23% em equilíbrio e 39% sobresaturadas. Em termos de distribuição espacial a sobresaturação das águas em calcite é coincidente com as zonas em que existe sobresaturação em dolomite. Nestes locais poder-se-ão verificar problemas de incrustação nas captações e tubagens.



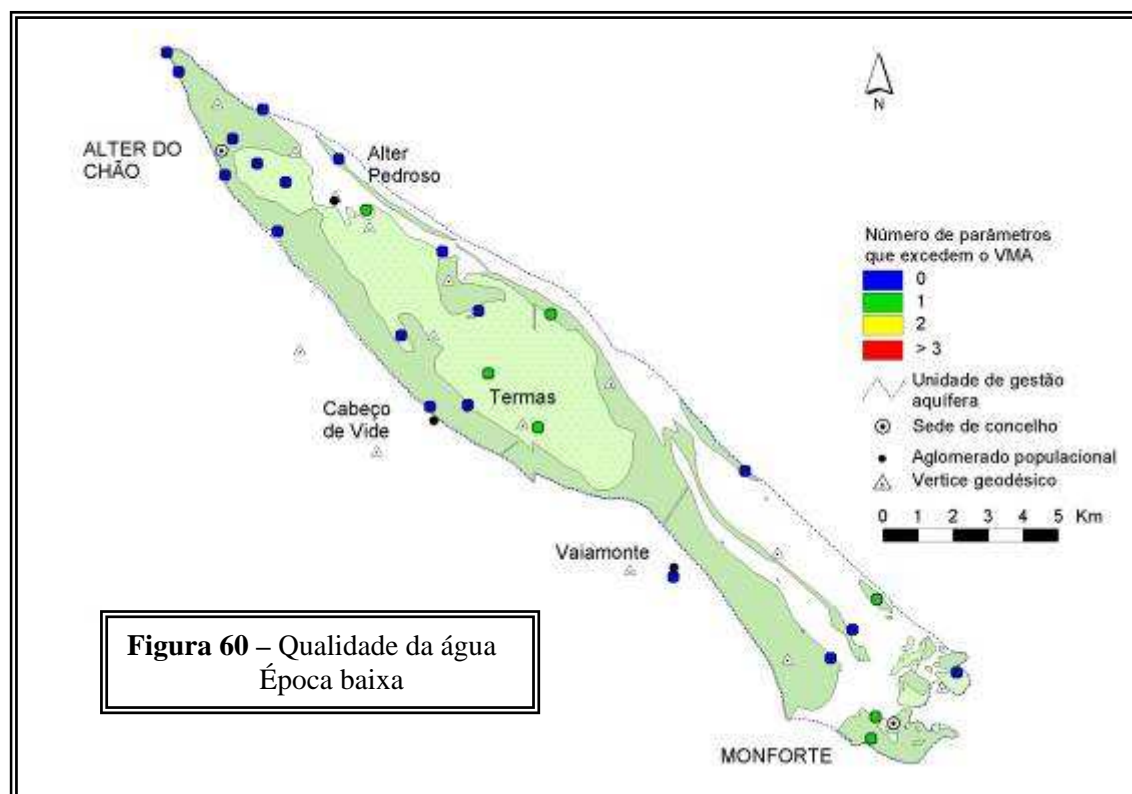
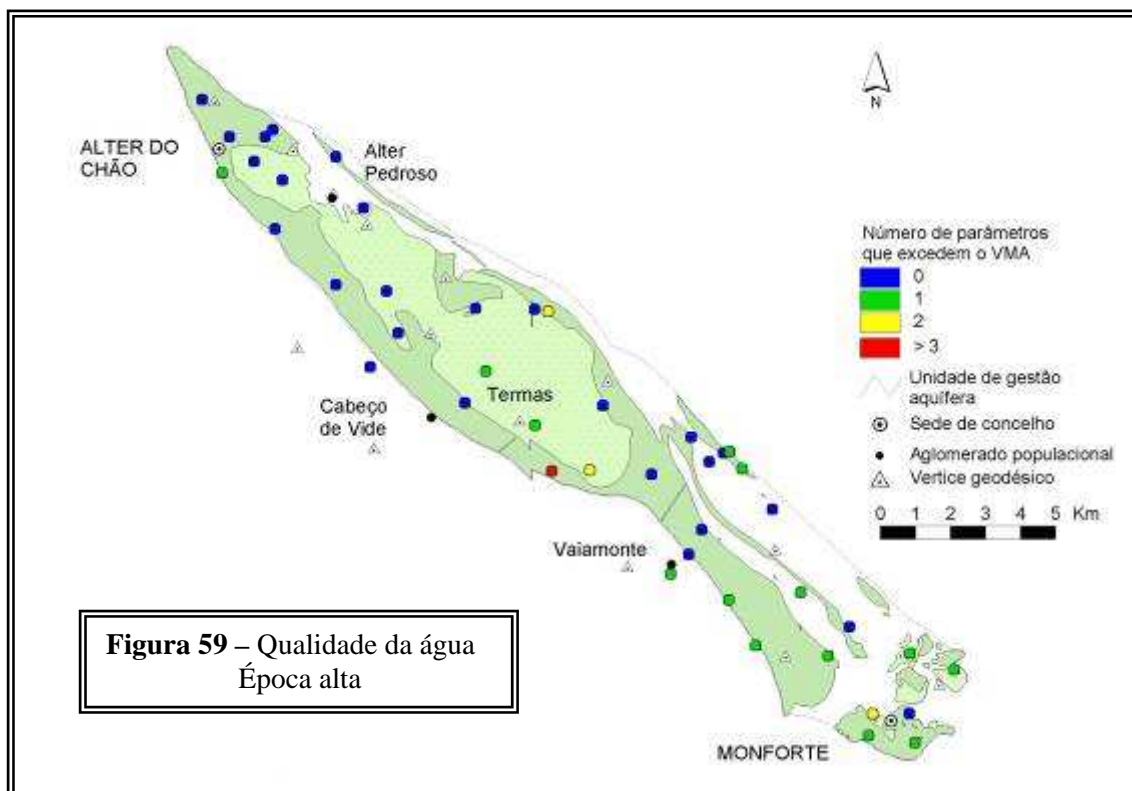


## 5.5 – Qualidade da água para os vários usos

### 5.5.1 - Qualidade da água

Para avaliar a qualidade da água para consumo humano foram tidos em conta os parâmetros sulfato, nitrato, sódio, cálcio, magnésio, dureza total e condutividade eléctrica e os respectivos valores máximos admissíveis que constam no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto. As **figuras 59 e 60** representam o número de parâmetros que excedem o VMA nas águas altas e baixas. Globalmente as águas do sistema não possuem valores que excedam aqueles parâmetros ou apenas excedem um. Na época de águas altas existem 3 casos onde são excedidos dois e 1 caso onde são excedidos mais do que 3 parâmetros.



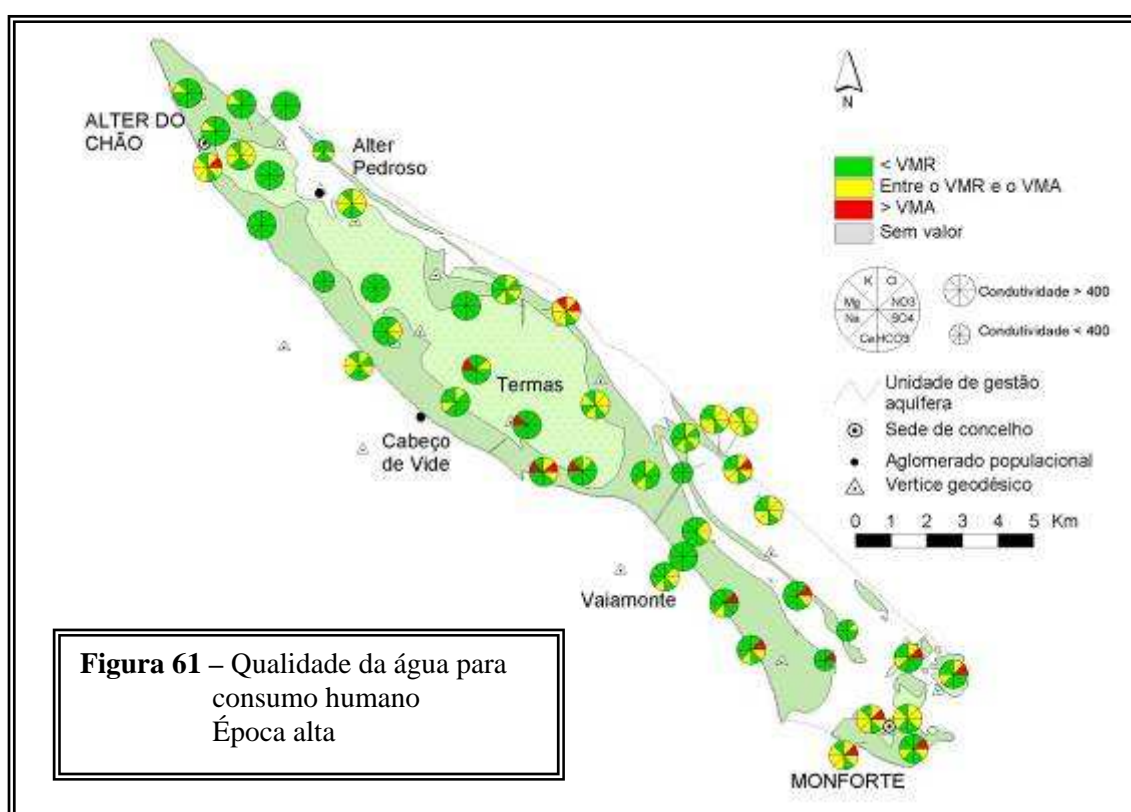


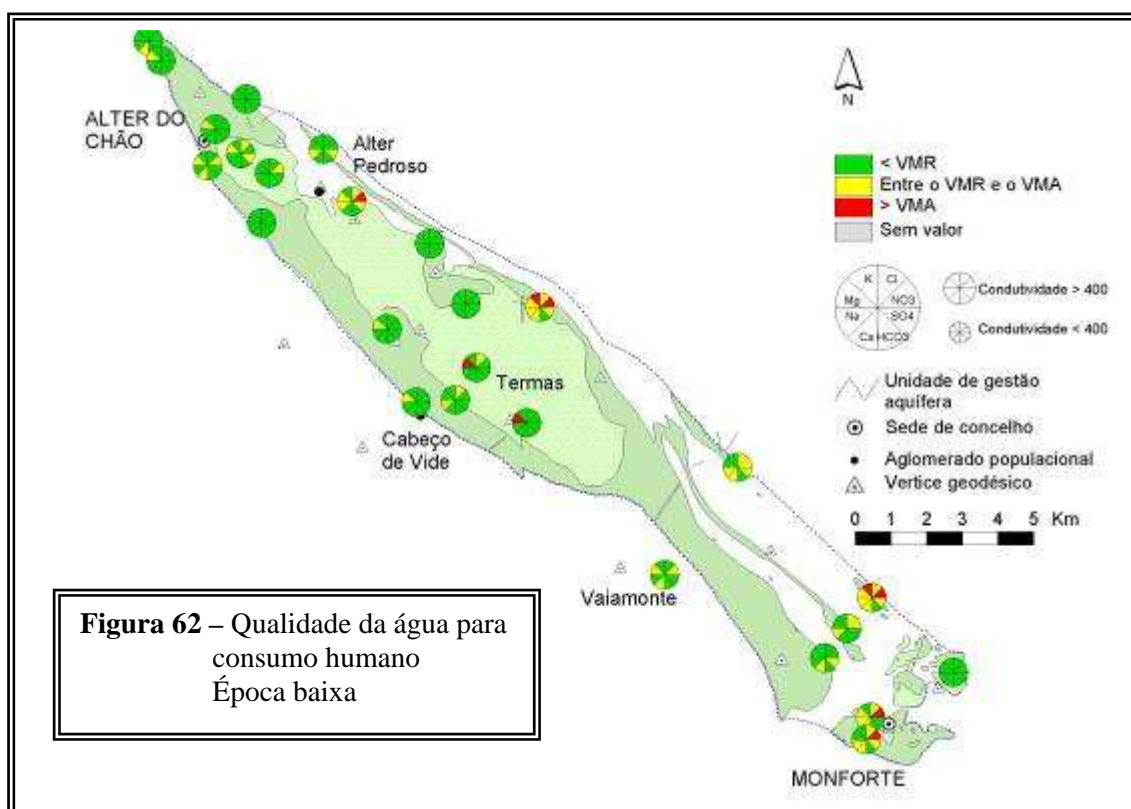
### 5.5.2 - Qualidade da água para consumo humano de acordo com os Valores Máximo Recomendado e Admitido

Nas **figuras 61 e 62** pretende-se avaliar como é que se distribuem os principais aniões e catiões relativamente aos valores máximos recomendáveis e admissíveis para cumprir os requisitos de qualidade da água para consumo humano. Os parâmetros considerados são o cálcio, sódio, potássio, magnésio, bicarbonato, sulfato, cloreto e nitrato. O diâmetro dos diagramas é função da condutividade.

Verifica-se que a sudeste do sistema o nitrato excede frequentemente o VMA. Na restante área apenas surgem alguns casos pontuais. Na zona central do sistema, mais especificamente no bordo sul o magnésio excede o VMA. O VMA do potássio é excedido em apenas dois pontos o 371G008 e o 384G019.

Os valores máximos recomendáveis são excedidos com maior frequência na área urbana de Alter do Chão e Monforte e ao longo do bordo norte do sistema aquífero.





### 5.5.3 - Qualidade da água para a rega segundo os critérios da United States Salinity Laboratory Staff (USSLS)

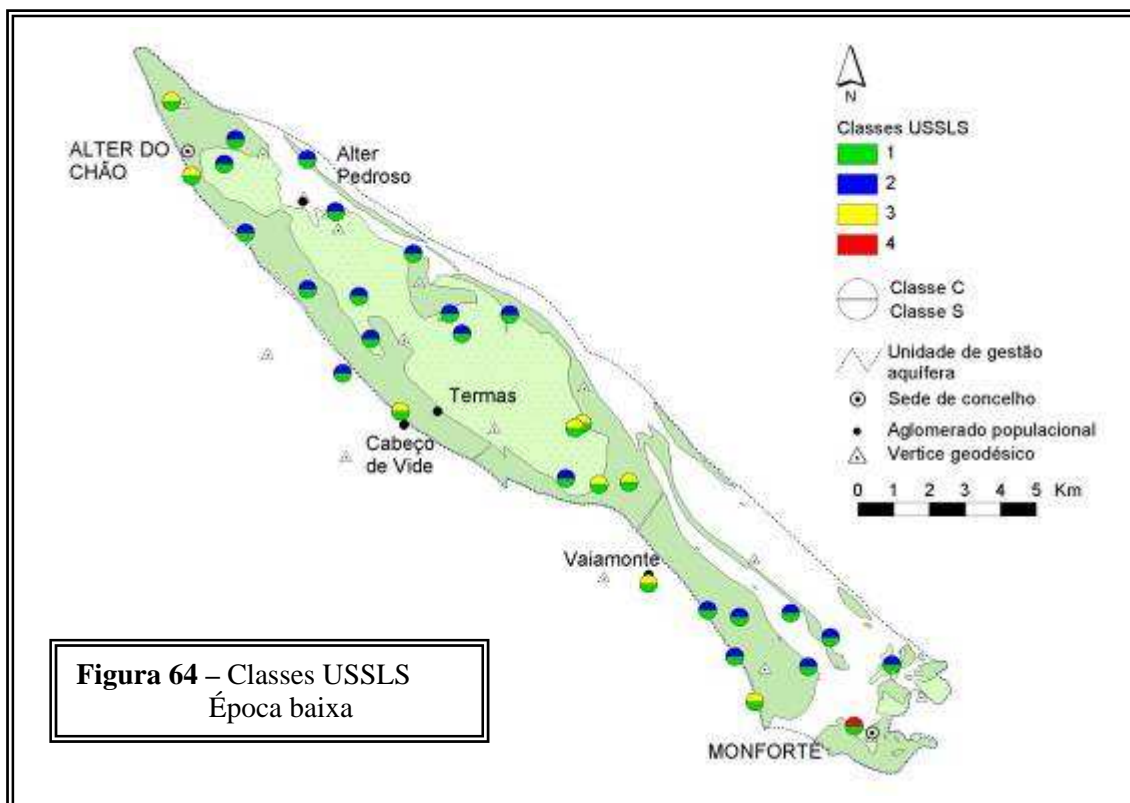
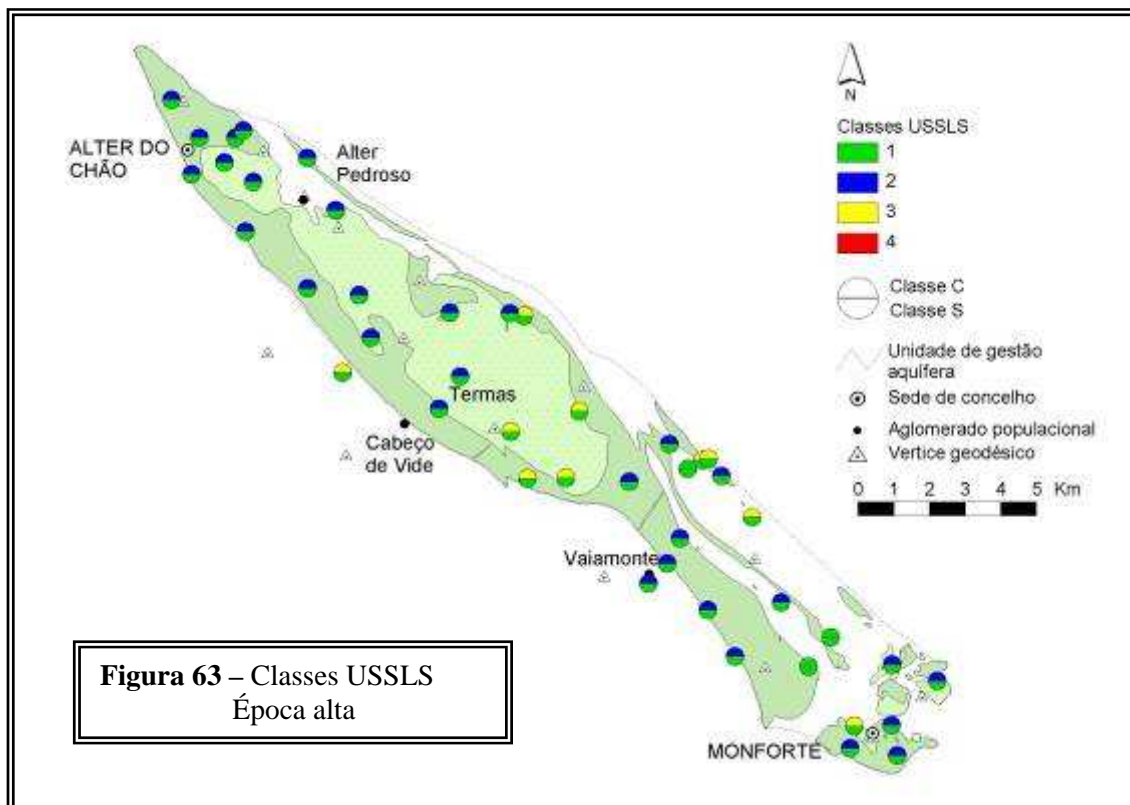
Globalmente as águas do sistema possuem em termos de qualidade de água para rega um baixo perigo de alcalinização e um perigo de salinização médio, por vezes alto.

Em ambas as épocas de águas altas e baixas a classe dominante é a C2S1 (**figuras 63 e 64**) que representa um baixo perigo de alcalinização dos solos e um médio perigo de salinização dos mesmos.

No entanto a classe C3S1 é frequente na zona central do aquífero e nalgumas situações pontuais o que significa que o perigo de salinização dos solos é alto.

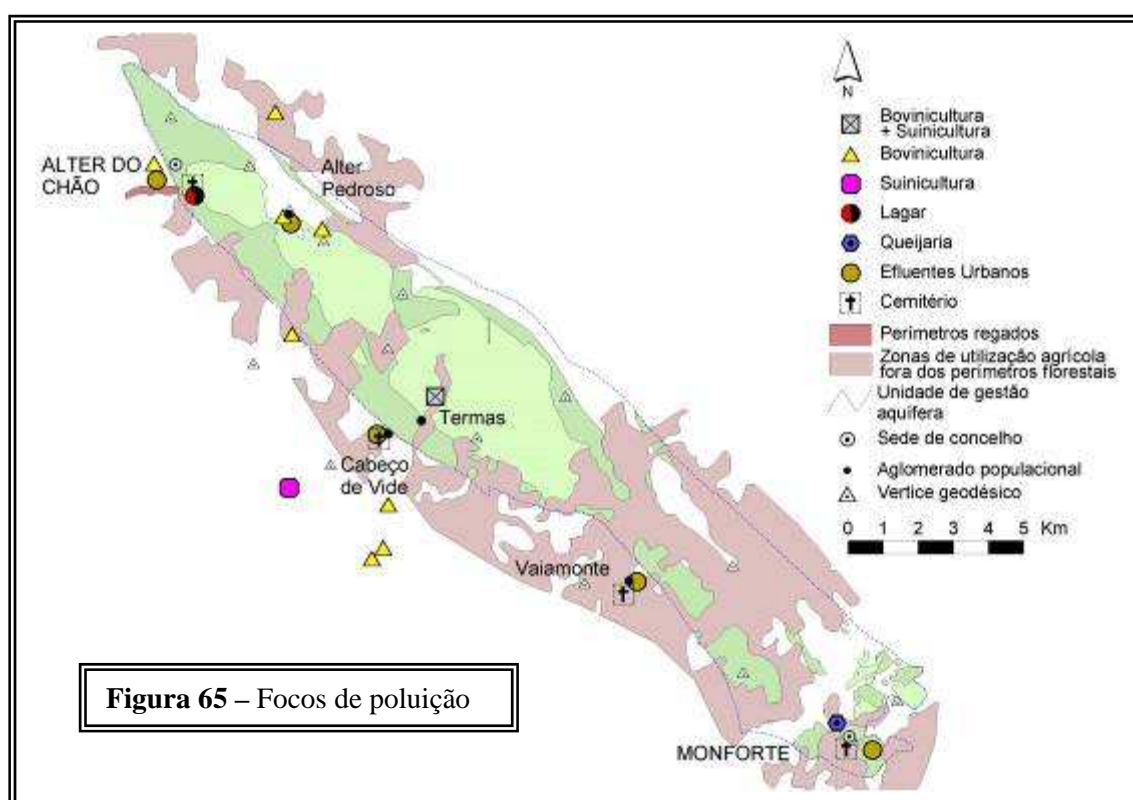
Na época de águas baixas existe um caso pontual da classe C4S1 associado ao ponto 384G032 o que representa um perigo de salinização muito alto.





## 5.6 – Risco de contaminação - Focos de contaminação pontual e difusa

O sistema é afectado por diversos focos de contaminação pontual e áreas em que a contaminação é difusa (**figura 65**). Como áreas de contaminação difusa citam-se aquelas em que se pratica agricultura intensiva com aplicação de grandes quantidades de adubos azotados e fosfatados e as boviniculturas em regime extensivo. A cartografia destas áreas, nomeadamente perímetros regados e zonas de utilização agrícola fora dos perímetros florestais, foi retirada da cobertura Ocupação do Solo da Carta Corine Land Cover. Os focos de contaminação pontual são as suiniculturas, descargas de colectores de águas residuais domésticas e de pequenas indústrias transformadoras (lagar de azeite em Alter do Chão, queijaria de Monforte) nas linhas de água, descargas de ETARS, fossas sépticas, antigas lixeiras, cemitérios, entre outros. Esta informação foi cedida pela DRA – Alentejo e confirmada no terreno.



## 5.7 – Índice de Susceptibilidade

O índice de susceptibilidade à poluição de origem agrícola foi desenvolvido no âmbito do ERHSA e testado nalguns sistemas aquíferos. A metodologia subjacente à criação do índice, pode-se dizer de uma forma resumida que corresponde a uma adaptação do

DRASTIC, para o qual se retiraram os parâmetros Impacto da zona não saturada, tipo de Solo e Condutividade hidráulica, considerados dispensáveis ou redundantes em contaminantes do tipo conservativo, e se acrescentou o parâmetro Ocupação do solo.

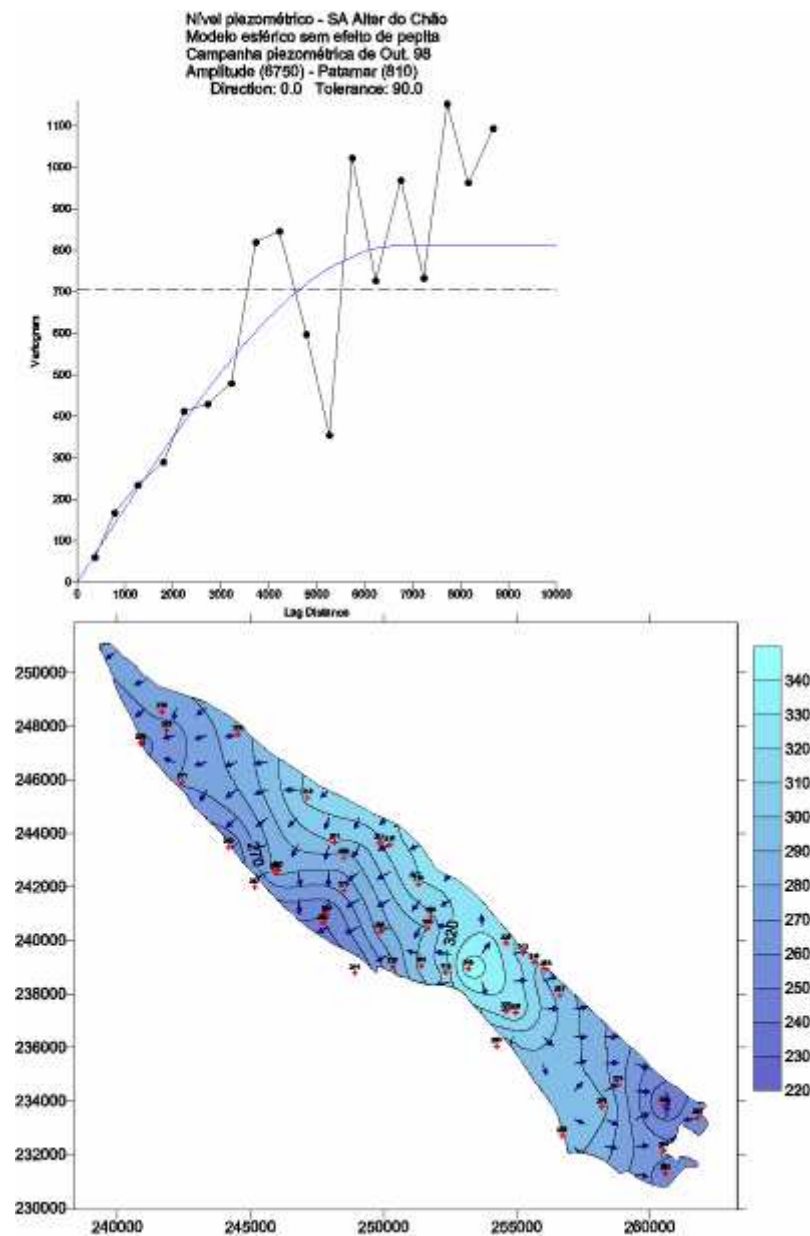
A metodologia seguida na determinação de cada parâmetro é idêntica à já aplicada por Paralta e Francés (2000) no cálculo do DRASTIC e que seguidamente se descreve:

⇒ **Parâmetro D** – profundidade do nível das águas subterrâneas: numa primeira etapa, foi criado por krigagem a superfície piezométrica do sistema aquífero a partir da campanha de Outubro de 1998. Os parâmetros estruturais do variograma e a superfície piezométrica obtida podem ser visualizados na **figura 66**. Dada a forte correlação entre a superfície piezométrica e a topografia (**figura 67**), foi utilizada a equação de regressão linear para calcular a superfície topográfica. A diferença entre aquela e a superfície piezométrica forneceu o mapa das profundidade do nível freático para a área do sistema aquífero.

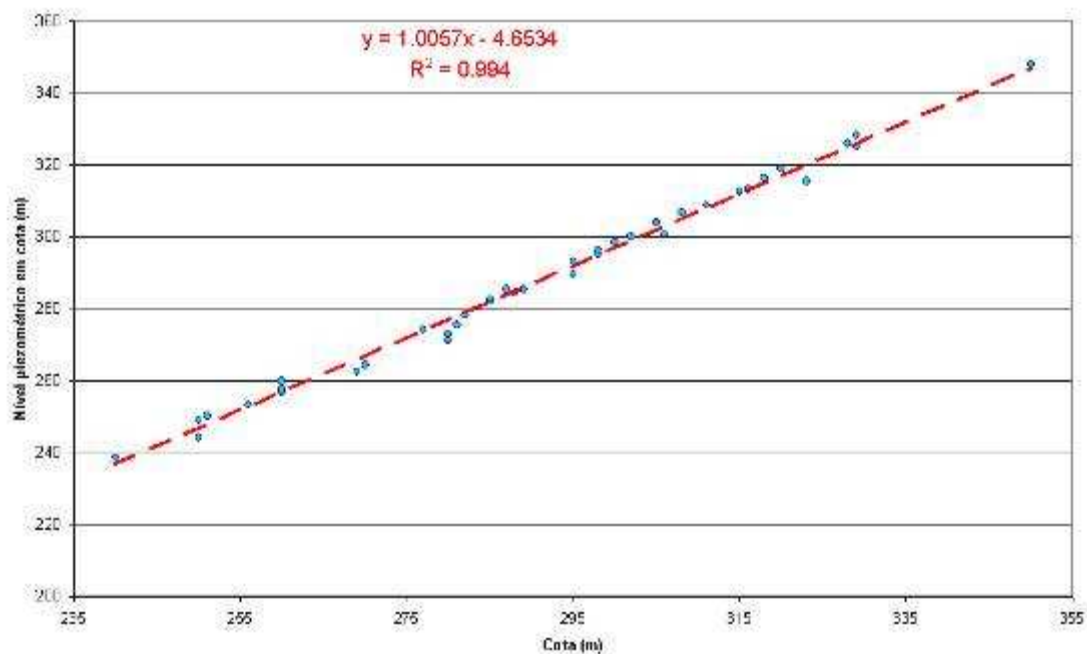
⇒ **Parâmetro R** – recarga: o valor da recarga no sistema aquífero varia entre 87 e 67 mm/ano, o que corresponde a um valor do parâmetro de 30.

⇒ **Parâmetro A** – material do aquífero: foi escolhido um valor de 90 para os calcários, de 70 para as corneanas cálcicas e de 40 para os gabros. Estes valores foram determinados a partir das tabelas do capítulo 9.6.1.3 do Relatório Técnico tendo em conta o conhecimento de especificidades da área.

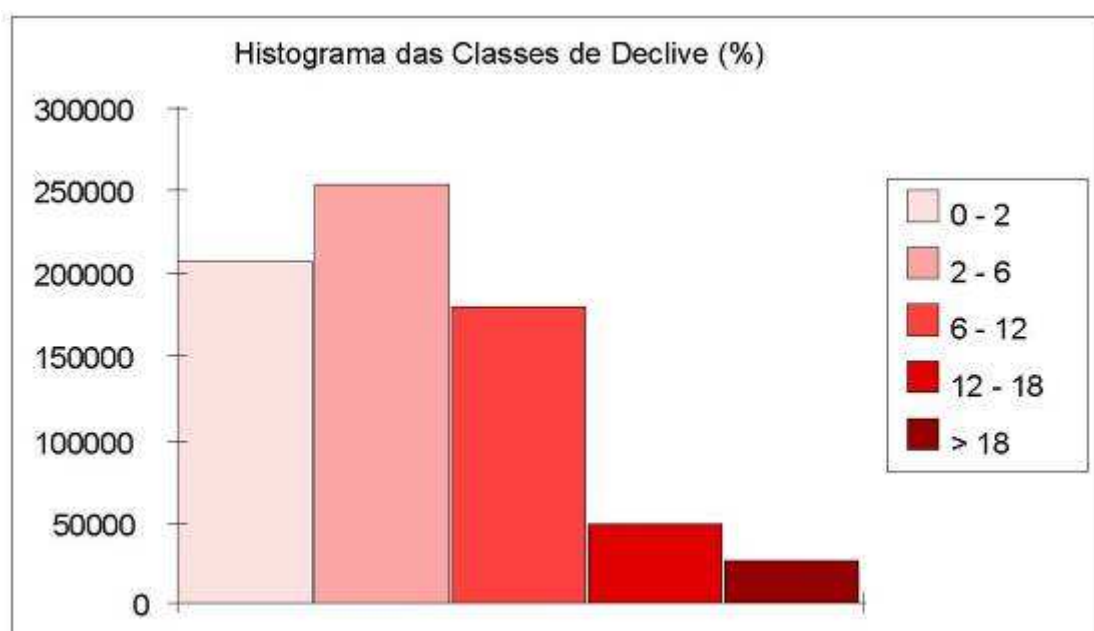
⇒ **Parâmetro T** – topografia: a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) (ver capítulo 1.1) foi calculada a carta de declives. Na **figura 68**, pode-se visualizar o histograma das classes de declive.



**Figura 66** – Variograma e superfície piezométrica gerada por krigagem.



**Figura 67** – Regressão linear entre a cota topográfica e a cota do nível piezométrico.



**Figura 68** – Histograma das classes de declive na área do sistema

- **Parâmetro OS** – ocupação do solo: foi utilizada a carta de ocupação do solo Corine Land Cover à escala 1:100000, disponibilizada pelo CNIG através do SNIG ([www.snig.cnig.pt](http://www.snig.cnig.pt)). Como os dados correspondem ao período de Agosto 1985 a Agosto 1987, procedeu-se a algumas correcções, nomeadamente em relação às zonas incendiadas nesta altura. O resultado pode ser visualizado na **figura 69**.

O índice foi obtido através da sobreposição ponderada das coberturas geradas para cada parâmetro, que consideraram uma malha quadrada de 25 metros de largura.

O mapeamento do índice encontra-se na **figura 70**. As zonas com maior índice de susceptibilidade correspondem essencialmente às áreas com agricultura intensiva e às formações carbonatadas. Neste sistema os parâmetros que determinam os resultados observados é a ocupação do solo, seguido do material do aquífero. Não é notória a influência dos restantes parâmetros.

Ao cruzar o mapeamento do índice com os valores obtidos para os nitratos nas águas subterrâneas, verifica-se que as áreas de maior susceptibilidade são coincidentes com os valores mais elevados de nitrato (compare-se a **figura 70** com a **figura 51**), ou seja os valores de nitrato confirmam a susceptibilidade do sistema à contaminação de origem agrícola.

Obviamente que se trata de uma primeira abordagem e para se validar o índice ter-se-á que testar e analisar resultados em diversos tipos de aquífero. No caso dos contaminantes conservativos existe um outro parâmetro que poderá exercer alguma influência que é a descarga do aquífero. Com efeito um aquífero com boa descarga, autodepura-se com maior facilidade, o que diminuirá a sua susceptibilidade.

Salienta-se que não se trata de um índice de vulnerabilidade do aquífero, como o DRASTIC, que tem em conta apenas parâmetros intrínsecos do aquífero. Sempre que se alterar a ocupação do solo o índice terá resultados diferentes, o que significa que as zonas com menor susceptibilidade são-no em grande parte devido ao uso do solo considerado. Este índice poderá eventualmente ter alguma aplicação no ordenamento do território, por exemplo na definição de áreas para futuras captações.

