

**CAPÍTULO 3**

**EVOLUÇÃO E ESTADO ACTUAL DO**

**CONHECIMENTO SOBRE A HIDROGEOLOGIA**

**DO SISTEMA AQUÍFERO QUERENÇA-SILVES**

**3.1. Cartografia Geológica Portuguesa**

**3.2. Contributos para o Conhecimento do SAQS a partir da década de 1980**

**3.3. Características Gerais do SAQS**

**3.3.1. Descrição das Litologias que suportam o SAQS**

**3.4. Subunidades do SAQS**

**3.5. Funcionamento Hidráulico do SAQS (Recarga, Descarga e Fluxo Subterrâneo)**

**3.6. Valores de Recarga e Balanço Hídrico**

**3.7. Relações entre Águas Subterrâneas e Superficiais**

**3.8. Pontos de Especial Interesse para a Interpretação do Funcionamento do SAQS**

### **3 – EVOLUÇÃO E ESTADO ACTUAL DO CONHECIMENTO SOBRE A HIDROGEOLOGIA DO SISTEMA AQUÍFERO QUERENÇA-SILVES**

As primeiras cartas geológicas do território continental de Portugal permitem, de forma muito clara distinguir a geometria do SAQS o que, por si só, ilustra claramente a sua relevância e individualização das formações circundantes à escala nacional.

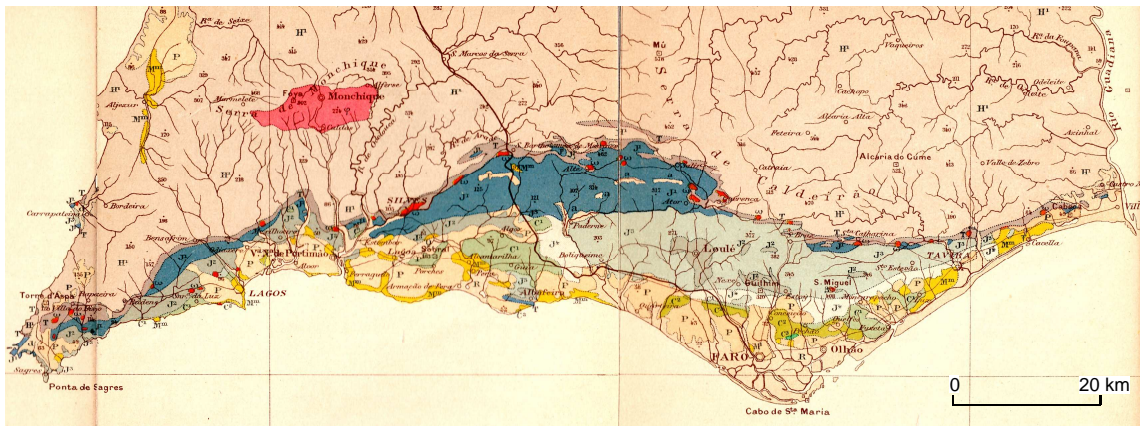
Inicia-se pois, neste capítulo a descrição da evolução do conhecimento sobre este sistema aquífero pela referência à definição da sua geometria nas cartas geológicas de Portugal.

#### **3.1. Cartografia Geológica Portuguesa**

O conhecimento que se possui actualmente acerca da geologia e da hidrogeologia do Algarve resultou das contribuições científicas prestadas a partir de meados do século XIX, nomeadamente com o desenvolvimento da cartografia geológica de Portugal.

As primeiras cartas geológicas eram bastante deficientes, no entanto, em 1857, Carlos Ribeiro e Nery Delgado apresentaram um esboço bastante correcto para a altura da Carta Geológica de Portugal na escala 1:500 000, que foi apresentado na exposição de Paris (Rebelo, 1999). Os mesmos autores a partir do esboço de 1857 promoveram uma edição limitada da primeira carta geológica de Portugal na escala 1:500 000, em 1876. Posteriormente, foi criada uma 2ª edição renovada da mesma em 1878, mas mantendo a data de 1876. Nery Delgado e Paul Choffat, fazem uma profunda actualização da carta de 1876 e promovem a 3ª edição em 1899 (Rebelo, 1999). Os contornos do sistema aquífero podem ser visualizados nitidamente neste mapa, como se pode verificar na figura 3.1.

Muitos outros levantamentos regionais de grande valor, integrados em trabalhos e estudos, ficaram a dever-se a Nery Delgado e Paul Choffat.



**Figura nº 3.1** - Excerto do mapa geológico de Portugal de escala 1:500 000 de Delgado e Choffat de 1899.

No século XX, levantamentos e estudos posteriores permitiram o desenvolvimento da cartografia em Portugal, e em 1992 foram publicadas as folhas Oriental e Ocidental da Carta Geológica da região do Algarve na escala 1:100 000.

Algumas outras cartas temáticas foram também editadas, das quais se destaca a carta hidrogeológica de Portugal (folha 7 – 1986) na escala 1:200 000 e a carta hidrogeológica da Orla Algarvia (1983), na escala 1:100 000.

Após estas primeiras contribuições, de carácter exclusivamente geológico, a primeira referência à importância hidrogeológica das rochas carbonatadas do Algarve e, nomeadamente, do Jurássico surgem em Paradela (1959).

Verificou-se posteriormente a esta contribuição um conjunto de trabalhos, iniciados a partir da década de 80, que constituem a transição para o actual conhecimento hidrogeológico do Algarve, em geral, e do SAQS, em particular. Desde os anos 80 até à actualidade tem havido contribuições mais ou menos contínuas sobre a hidrogeologia do SAQS, sem que no entanto estas tenham contribuído de forma directa para a optimização da gestão da água no Algarve.

### **3.2. Contributos para o Conhecimento do Sistema Aquífero Querença-Silves a partir da década de 1980**

Como referido na secção 3.1., o conhecimento que se possui do SAQS baseia-se na existência de várias contribuições técnicas e científicas, produzidas desde o início dos anos 80 do século passado até à actualidade.

A partir da pesquisa bibliográfica efectuada, verificou-se que os primeiros trabalhos realizados acerca da hidrogeologia do Algarve são dois estudos elaborados pela ex-Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (actual INAG) inseridos em projectos com a colaboração técnico-financeira do PNUD. Segundo Lopes (1995), o primeiro estudo foi elaborado por Coma-Guillen (1980) intitulado “Estudio de los Recursos en Aguas Subterraneas de la Region del Algarve”. Neste Estudo Guillen efectua um reconhecimento preliminar das características hidrogeológicas da região, identificando os principais sistemas aquíferos.

No estudo efectuado por Coma-Guillen (1980), o autor subdivide a região algarvia em três grandes subsistemas aquíferos:

1) Subsistema Norte: que se desenvolve essencialmente nas formações do Jurássico inferior e médio (Lias-Dogger) e estendendo-se por duas áreas distintas – zona oriental e zona ocidental.

A zona oriental, compreendida entre Querença e Portimão (corresponde à unidade hidrogeológica deste trabalho), é alimentada pela precipitação e pela escorrência superficial, e transportada pela ribeira do Algibre. A descarga deste subsistema efectua-se pelas ribeiras de Alcantarilha, Alte e Algibre e nas nascentes de Estômbar.

A zona ocidental é compreendida entre Portimão e Sagres, a recarga do sistema efectua-se quase exclusivamente pela precipitação, sendo a descarga deste aquífero realizada pela rede superficial ou para o mar.

2) Subsistema Central: corresponde às formações carbonatadas do Jurássico superior (Kimeridgiano-Titoniano). É alimentado pela precipitação e a sua descarga vai alimentar o subsistema litoral que lhe está subjacente.

3) Subsistema Litoral: Estende-se desde Lagos a Vila Real de Sto António ocupando as formações cenozóicas. A Recarga deste subsistema faz-se através da precipitação e alimentação lateral a partir do subsistema central, e possivelmente através da drenagem de algumas linhas de água (ribeiras de Quarteira e de Alcantarilha). A descarga efectua-se principalmente para o mar.

Posteriormente, foi apresentado por Trac (1981), o relatório do projecto Algarve designado por “Evaluation des Resources en Eaux des Systemes Aquiferes de l’Algarve”. O objectivo principal deste projecto era: *chegar a uma gestão racional dos recursos hídricos para apoiar e fomentar o crescimento económico e o desenvolvimento regional do Algarve, que representa ao mesmo tempo um dos principais potenciais agrícolas de Portugal e uma importante região turística*. Neste relatório é feita uma síntese da caracterização hidrológica e hidrogeológica dos sistemas aquíferos do Algarve.

Trac (1981) propõe a divisão das unidades hidrogeológicas do Algarve em 4 grandes sistemas aquíferos (C, L, J, P), que se podem individualizar em vários subsistemas, correspondendo a um total de 10 sistemas aquíferos (figura 3.2):

➤ Um sistema (sistema C) correspondente às formações paleozóicas na zona norte (Serra), ocupando uma área de 3 300 km<sup>2</sup>. Constituído por rochas cristalinas e xistos do paleozóico e possuindo uma fraca permeabilidade por fissuração, apenas pode

abastecer a população rural, pequenos aglomerados urbanos e regadios com cerca de 1 a 2 ha.

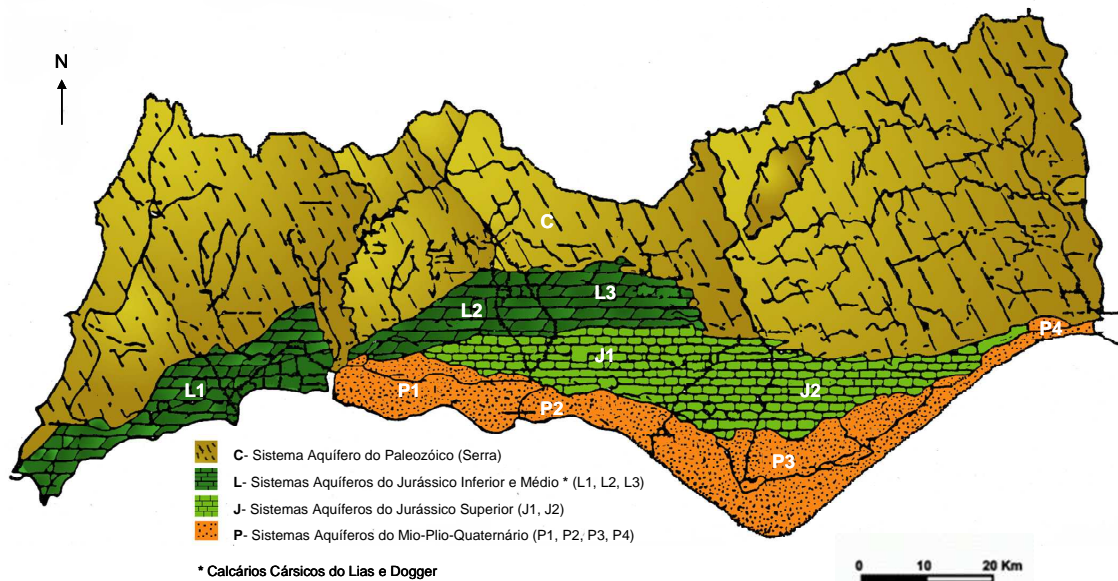
➤ Cinco sistemas, na zona mais produtiva em termos hidrogeológicos, correspondentes às formações essencialmente Jurássicas do Barrocal:

O sistema aquífero L, que de acordo com este autor se subdivide nos subsistemas L1, L2 e L3 (com superfícies de 260, 170 e 140 Km<sup>2</sup>, respectivamente) e é constituído pelos calcários do Jurássico inferior e médio (Lias-Dogger). Este sistema aquífero é o mais importante do Algarve devido à sua permeabilidade, espessura, extensão e localização numa zona com uma pluviosidade relativamente elevada. Segundo o Relatório do Projecto Algarve (Trac, 1981), do ponto visto prático, os subsistemas L2 e L3 (correspondem a uma parte do aquífero em estudo no presente trabalho) representam os dois subsistemas que conseguem responder às necessidades presentes e futuras de água da região. Eles possuem uma capacidade conjunta de reservar água utilizável em cerca de 1000 milhões de m<sup>3</sup> o que corresponde ao dobro da capacidade total das seis barragens do Algarve contempladas no referido projecto em 1981.

O sistema aquífero J corresponde aos calcários do Jurássico superior e subdivide-se nos subsistemas J1 e J2, que se estendem por uma área de 250 e 280 Km<sup>2</sup>, respectivamente entre Algoz e Tavira.

➤ Quatro sistemas correspondentes às formações miocénicas e mais recentes do litoral (formações detríticas do Mio-Pliocénico e Quaternário - sistema P). Este sistema engloba os subsistemas P1, P2, P3 e P4 ocupando uma superfície de 150, 80, 220 e 150 km<sup>2</sup>, respectivamente. São formados pela alternância de arenitos, calcoarenitos e calcários lumachélicos.

Os resultados deste estudo mostraram que, só uma gestão racional da capacidade dos sistemas aquíferos, baseada numa gestão integrada de águas superficiais e subterrâneas permitiria acompanhar facilmente o crescimento na procura em condições técnico-económicas óptimas, não constituindo por isso um factor de restrição ao desenvolvimento sócio-económico da região algarvia (Trac, 1981).



**Figura nº 3.2** - Divisão das unidades hidrogeológicas do Algarve em 10 sistemas aquíferos, proposta no Projecto Algarve em 1981. A figura foi colorida para facilitar a leitura do mapa, uma vez que originalmente estava a preto e branco (adaptado de Trac, 1981).

O primeiro trabalho directamente relacionado com o estudo do SAQS foi realizado por Costa E. em 1983. Intitulado “Hidrogeologia do Lias-Dogger a Oriente do Rio Arade” teve como objectivo o conhecimento desta unidade hidrogeológica numa perspectiva de gestão racional dos recursos hídricos do Algarve.

Serafino (1985) apresenta um trabalho intitulado “Contribuição da Água Subterrânea numa Política de Gestão dos Recursos Hídricos” em que faz referência ao projecto Algarve e uma breve caracterização dos recursos hídricos subterrâneos do Algarve numa perspectiva de gestão integrada.

A dissertação de doutoramento de Almeida C. (1985) desenvolvida para o estudo dos sistemas aquíferos do Algarve Central constituiu uma transição fundamental para o estado actual do conhecimento da hidrogeologia do Algarve e nomeadamente do SAQS. Neste trabalho são propostos modelos conceptuais de funcionamento hidráulico para os sistemas aquíferos do Algarve Central. Este autor caracterizou os sistemas aquíferos estudados a nível quantitativo (balanço hídrico), qualitativo (hidroquímica e qualidade da água) e determinou parâmetros hidráulicos, a partir de ensaios de bombagem em numerosas captações implantadas nas diferentes formações que constituem estes sistemas.

Salienta-se, ainda, a Carta hidrogeológica da Orla Algarvia editada pelos Serviços Geológicos de Portugal à escala 1:100 000, em 1985 (Costa *et al.*, 1985). Na notícia explicativa da mesma, Costa *et al.* (1985), apresentam uma divisão dos sistemas aquíferos do Algarve em 10 unidades, considerando que o sistema de falhas de orientação E-W ao longo da flexura do Aljibre (neste trabalho designada flexura Sagres, Algoz, Aljibre e Querença), isola hidraulicamente, um Bloco Setentrional de um Bloco Meridional de características hidrogeológicas bem diferenciadas. Segundo estes autores, o Bloco Setentrional encontra-se individualizado em três sectores, onde o escoamento se dá predominantemente para ocidente, devido aos obstáculos provocados pelas falhas que seguem a flexura e pelos afloramentos impermeáveis ou menos permeáveis, do Jurássico superior e Cretácico; enquanto que o Bloco Meridional se encontra dividido em sete sectores. Neste Bloco não existem grandes sistemas individualizados, mas uma grande compartimentação das unidades aquíferas, associadas em grandes e complexos sistemas (figura 3.3).

Em 1989, Andrade G. realizou a dissertação de mestrado intitulada “Contribuição para o Estudo da Unidade Hidrogeológica Tôr-Silves” a fim de

determinar os recursos hídricos disponíveis e caracterizar qualitativa e quantitativamente as águas subterrâneas desta unidade.

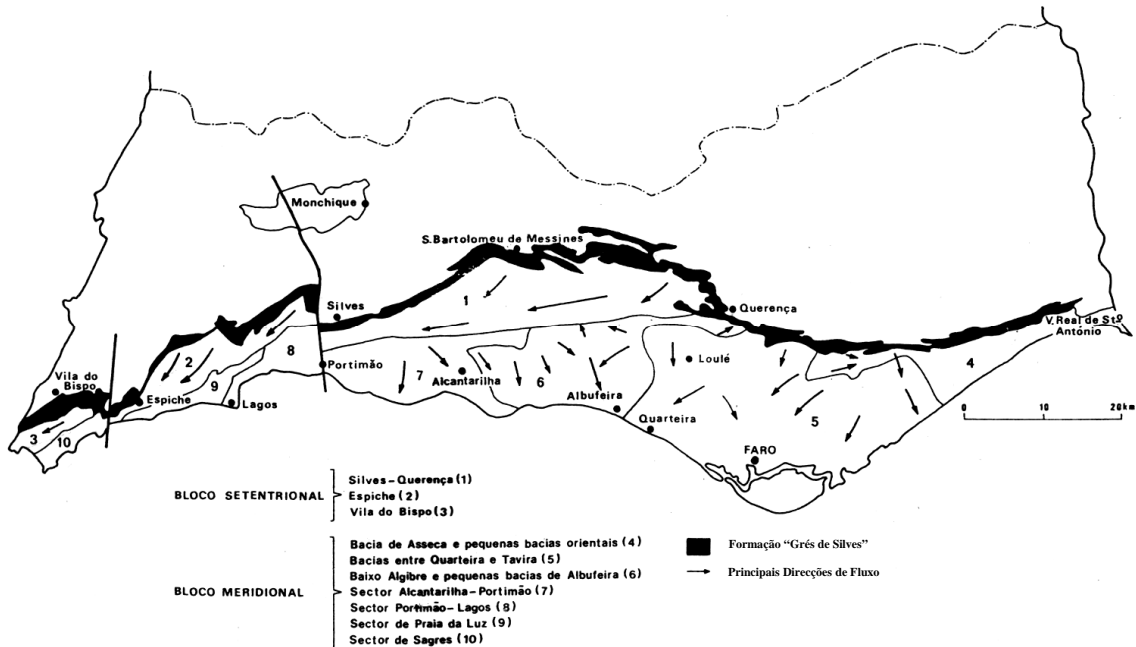


Figura nº 3.3 – Principais sistemas aquíferos propostos por Costa *et al.*, 1985.

Lopes A. (1995), realizou a tese de mestrado denominada “Contribuição da Geomatématica para o Estudo da Dinâmica Espaço-Temporal do Sistema Aquífero Lias-Dogger do Algarve Central” (Lopes, 1995), que visou identificar e mapear as zonas preferenciais de recarga deste aquífero, utilizando métodos matemáticos e melhorando deste modo, o nosso conhecimento sobre a dinâmica espaço-temporal da água subterrânea deste aquífero.

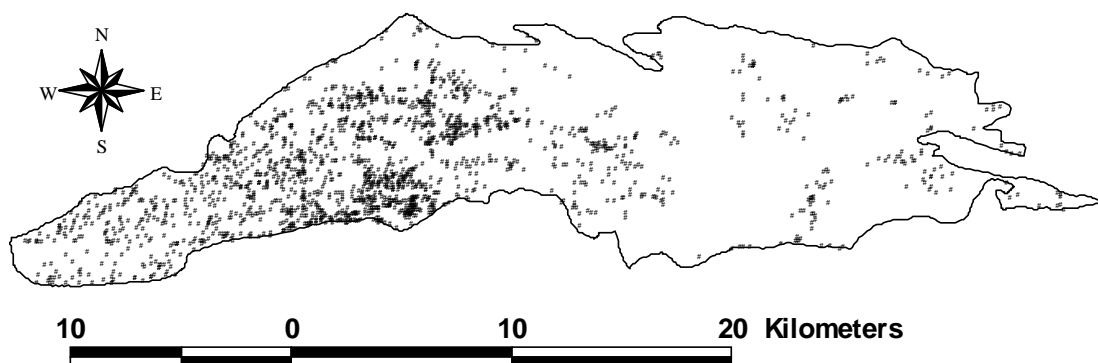
Almeida *et al.* (2000), realizaram um trabalho acerca dos recursos hídricos de Portugal Continental, onde apresentam uma síntese do estado actual do conhecimento acerca da hidrogeologia de Portugal, que contempla um capítulo acerca das características hidrogeológicas do SAQS (Almeida *et al.* 2000c). Utilizando o conhecimento hidrogeológico então disponível, e o aumento do conhecimento da geologia e da tectónica do Algarve, Almeida *et al.* (2000c) definiram para a Orla



Algarve e pelo SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos), e os diversos trabalhos de investigação já realizados, e em curso na Universidade do Algarve constituem uma base importante para o desenvolvimento (recente) de um conjunto de modelos matemáticos de escoamento implementados, para simular o funcionamento hidráulico de parte dos sistemas aquíferos do Algarve.

Salienta-se a título de exemplo, que o SNIRH e a CCDR do Algarve possuem uma base de dados, que se encontra disponível na *Internet*, com o inventário das captações de água subterrânea do sistema Aquífero Querença-Silves. Verifica-se que estão inventariados 1784 pontos de água, dos quais, a maioria, são poços e furos. No entanto, também se encontram inventariadas as principais saídas naturais deste sistema (Fontes Filipe, Benémola, de Alte, Estombar, Paderne e Salir), entre outras menos importantes. Na figura 3.5 estão representadas as captações mencionadas.

Assim, o desenvolvimento destes modelos, bem como diversos aspectos da sua possível aplicação para otimizar a gestão da água no Algarve encontram-se descritos nos trabalhos de Monteiro *et al.* (2002a, 2002b, 2003a, 2003b, 2006, 2007a, 2007b), Monteiro & Costa (2004), Vieira & Monteiro (2003), Monteiro & Ribeiro (2006) e Nunes *et al.* (2006).



**Figura nº 3.5** - Inventário de pontos de água no aquífero de Querença-Silves. Fonte, base de dados da CCDR Algarve (*in* Monteiro, 2006).

Estes trabalhos contribuíram em grande parte, para o conhecimento que se tem hoje em dia, do funcionamento das unidades hidrogeológicas do Algarve, em geral, e do SAQS, em particular.

Este aquífero carbonatado, sendo um dos mais bem estudados, corresponde ao mais importante sistema aquífero da região do Algarve devido à sua natureza cársica, permeabilidade, espessura e dimensão, bem como à sua capacidade de regularização anual e interanual (Lopes *et al.*, 2005).

### **3.3. Características Gerais do Sistema Aquífero Querença-Silves**

No seu trabalho de caracterização dos recursos hídricos subterrâneos de Portugal, Almeida *et al.* (2000c) consideram que a área ocupada pelo SAQS é na ordem de 317 km<sup>2</sup>. Verifica-se nas diferentes descrições que, ao longo do tempo têm sido efectuadas que, apesar de outros valores terem sido apontados por outros autores, há uma concordância bastante razoável com este valor. A denominação deste sistema também sofreu alterações, Costa (1983), refere-se a esta unidade como o sistema aquífero Lias-Dogger e aponta como área ocupada cerca de 277 km<sup>2</sup>.

O SAQS, estende-se por uma faixa de direcção E-W, entre Estômbar e Querença, sendo limitado a norte pela formação de “Grés de Silves”, podendo por vezes, as formações assentarem directamente sobre os xistos e grauvaques do Carbónico (Mendonça & Almeida, 2003). O limite Sul é formado pelos calcários margosos e margas do Caloviano-Oxfordiano-Kimeridgiano. Ambas as formações com comportamento menos permeável (Andrade, 1989). O referido sistema, apresenta áreas sem qualquer interesse hidrogeológico, enquanto que outras têm um funcionamento hidráulico independente (Almeida *et al.*, 2000c).

Os aspectos estruturais revestem-se de grande importância, na zona em estudo, uma vez que condicionam a geomorfologia, a rede hidrográfica e o escoamento subterrâneo.

No limite sul do aquífero, a flexura do Algibre (E-W) condiciona o fluxo subterrâneo, por constituir uma barreira menos permeável que dificulta a circulação da água subterrânea para sul. A norte da flexura aflora grande extensão das rochas do Jurássico inferior; ao longo da flexura observa-se uma faixa de terrenos do Jurássico superior (na metade oriental) e do Jurássico médio (na metade ocidental) fortemente fracturados (Terrinha, 1998 *in* Almeida *et al.*, 2000c).

É possível, ainda definir várias dobras com eixos ENE-WSW a ESE-WNW (Terrinha, 1998 *in* Almeida *et al.*, 2000c).

As formações aquíferas carbonatadas constituem um sistema aquífero cársico livre a confinado (Almeida *et al.*, 2000c). O dobramento e as falhas que afectaram os calcários e os dolomitos do Jurássico inferior produziram o isolamento hidráulico de alguns sectores que constituem subunidades com comportamento hidráulico próprio e que são drenadas por nascentes importantes (Almeida, 1985). É o que acontece nos sectores que alimentam a Fonte Grande (Alte), a Fonte de Salir e a Fonte Benémola. Dado que estas fontes alimentam a ribeira de Quarteira, ela própria influente em alguns troços do sistema, as subunidades não são totalmente independentes (Almeida *et al.*, 2000c). Existem outras duas subunidades em calcários do Jurássico superior, uma drenada pela Fonte de Paderne, e a outra pela Fonte Filipe, as quais não se conhece com rigor as conexões hidráulicas com o sistema principal.

Observa-se ainda, um conjunto de falhas com orientações E-W mas em geral ENE-WSW, com grande expressão no Jurássico inferior; a falha de S. Marcos da Serra - Quarteira com direcção NW-SE que atravessa diagonalmente o aquífero desde S.

Bartolomeu de Messines até Paderne; e um conjunto de falhas com a mesma direcção que afectam o Jurássico superior a sudeste de Paderne (Almeida *et al.*, 2000c).

Almeida (1985) refere que a falha de S. Marcos-Quarteira parece condicionar o troço final da ribeira de Quarteira, a sul de Paderne, na vizinhança do qual as camadas adquirem atitudes que se afastam da tendência geral (E-W).

Os acidentes geológicos mencionados (cavalgamentos e falhas de direcções diversas) que afectaram a Bacia Algarvia, contribuíram para a complexidade do fluxo subterrâneo neste aquífero (Orlando, 2001).

Segundo Almeida (1985), do ponto de vista hidrogeológico, a classificação dos diferentes tipos de fracturas é importante pois permite prever a aptidão potencial à circulação e, conseqüentemente, as direcções preferenciais de circulação. Verifica-se que as falhas normais ou falhas que rejogaram em extensão são geralmente mais aptas do que as falhas inversas.

Do ponto de vista geomorfológico, os dobramentos e falhas são responsáveis, pela alternância de cadeias de relevos e de zonas deprimidas, ambas com direcções E-W, no Barrocal do centro do Algarve. Grande parte do percurso da ribeira de Algibre está instalada na depressão mais meridional (Almeida, 1985).

Em relação à rede hidrográfica, as principais linhas de água desta zona são: o rio Arade, a ribeira de Alte e a ribeira do Algibre, sendo orientada por três direcções de fractura: E-W, NW-SE e NE-SW (Feio, 1952 *in* Andrade, 1989).

O estudo quantitativo da rede hidrográfica pode fornecer indicações hidrogeológicas importantes pois, em certas condições, dá uma primeira indicação das zonas potencialmente mais interessantes.

Almeida (1985) na sua tese determina valores de densidade de drenagem que lhe permitem caracterizar a capacidade de infiltração dos solos. Pelo que o autor verificou

que os valores obtidos para os calcários e dolomitos jurássicos concordam com outros indícios de elevada capacidade de infiltração daquelas rochas, nomeadamente a ocorrência de formas superficiais de carsificação.

Assim desatacam-se na região em estudo, depressões cársicas de grande tamanho (Poljes, como por exemplo a Nave do Barão), lapiás e dolinas, já mencionadas no capítulo anterior. O fundo de algumas destas depressões, bem como outras superfícies, encontram-se cobertos por sedimentos (aluviões, terraços e/ou *terra rossa*) com permeabilidade vertical por vezes baixa ou nula (Nave do Barão, Fonte Louzeiro, depressão a norte do Purgatório) (Almeida, *et al.* 2000c).

A espessura das formações aquíferas atinge pelo menos 270 metros. A carsificação em geral é menos profunda embora localmente possa ultrapassar 200 metros (Mendonça & Almeida, 2003).

Observa-se ainda outras características da morfologia cársica, como existência de vários campos de lapiás, fraco desenvolvimento da rede de drenagem superficial, a quase inexistência de rios com caudal permanente, os ganhos e perdas de caudal nos cursos de água e a existência de canhões de dimensões consideráveis nalguns troços de linhas de água, nomeadamente na ribeira do Algibre (Costa *et al.*, 1985).

### **3.3.1. Descrição das Litologias que suportam o Sistema Aquífero Querença-Silves**

A descrição mais actual a respeito das litologias que se considera integram o sistema aquífero Querença Silves foi apresentada por Almeida *et al.* (2000c), onde estes autores apresentam uma descrição detalhada das litologias que suportam o sistema aquífero Querença-Silves (figura 3.6.). Assim, segundo estes autores as formações aquíferas dominantes são: Formação da Picavessa do Jurássico inferior; calcários e

dolomitos de Almádena do Jurássico médio; calcários de S. Romão, calcários com nódulos de sílex da Jordana, calcários bioconstruídos do Cerro da Cabeça, dolomitos e calcários dolomíticos de Santa Bárbara de Nexe, calcários do Escarpão, calcários com *Anchispirocyclina lusitanica* do Jurássico superior.

Citando Almeida *et al.* (2000c):

“A Formação da Picavessa inicia-se com uma brecha dolomítica a que se seguem dolomitos e calcários dolomíticos, geralmente maciços, de cristalinidade fina ou sacaróides. Com dolomitização em geral secundária e precoce mas que, em zonas de fractura, é tardia e origina importantes variações laterais que atingem os calcários da unidade superior. Também se observam fenómenos de desdolomitização, provavelmente ligados a fenómenos de meteorização (Manuppella, 1992).

A esta formação sobrepõe-se um conglomerado calcário – o Conglomerado de Odeáxere – com pequenos afloramentos apenas a norte de Benaciate e a sul de Malhão, e os Calcários e Dolomitos de Almádena (constituídos por 50 a 75 metros de dolomitos cristalinos branco-rosados aos quais se seguem 50 metros de calcários oolíticos, bioérmicos, pisolíticos, calciclásticos e dolomíticos do Aaleniano-Bajociano inferior) do Jurássico médio, que à excepção do afloramento de Fanqueira-Pocinho, apenas bordejam a oeste as formações do Jurássico inferior (Rocha, 1976).

Os Calcários de S. Romão, formam um espesso conjunto carbonatado, constituído por calcários micríticos compactos, calcários oolíticos, calcários corálicos e com crinóides e calcários oncolíticos, do Oxfordiano a Kimeridgiano (Manuppella, 1992).”

A “Formação da Jordana” é constituída por calcários com Nódulos de Sílex, cinzentos escuros, compactos e um pouco argilosos, de idade Kimeridgiano

(Manuppella, 1992 *in* Almeida *et al.*, 2000c) e com espessuras entre os 10-100 metros (Manuppella, 1988).

Segundo Manuppella, 1992 *in* Almeida *et al.*, 2000c: “os Calcários Bioconstruídos do Cerro da Cabeça são formados por bancadas de calcários compactos, cinzentos a rosados do Kimeridgiano, podendo esta formação atingir entre 30 e 70 metros.

Os Dolomitos e Calcários Dolomíticos de Santa Bárbara de Nexe são formados por bancadas espessas de dolomitos e calcários dolomíticos de cor creme rosada, do Kimeridgiano.

Os Calcários do Escarpão, constituídos pela alternância de calcários compactos, calcários argilosos nodulares e margas de idade Kimeridgiano a Titoniano e com cerca de 500 metros de espessura máxima.”

Os Calcários oolítico-calciclásticos com *Anchispirocyclus lusitanica* formam bancadas médias a espessas com cerca de 120 metros, do Titoniano, alternando com calcários argilosos e margas (Manuppella, 1988).

Os afloramentos das formações do Jurássico superior ocorrem de forma muito fragmentada no limite sul do sistema aquífero mas constituem no seu conjunto uma faixa com cerca de 2 km de largura e 20 km de comprimento, que acompanha as vertentes da margem esquerda da Ribeira de Algibre, entre Clareanes e Paderne (Almeida *et al.*, 2000c).

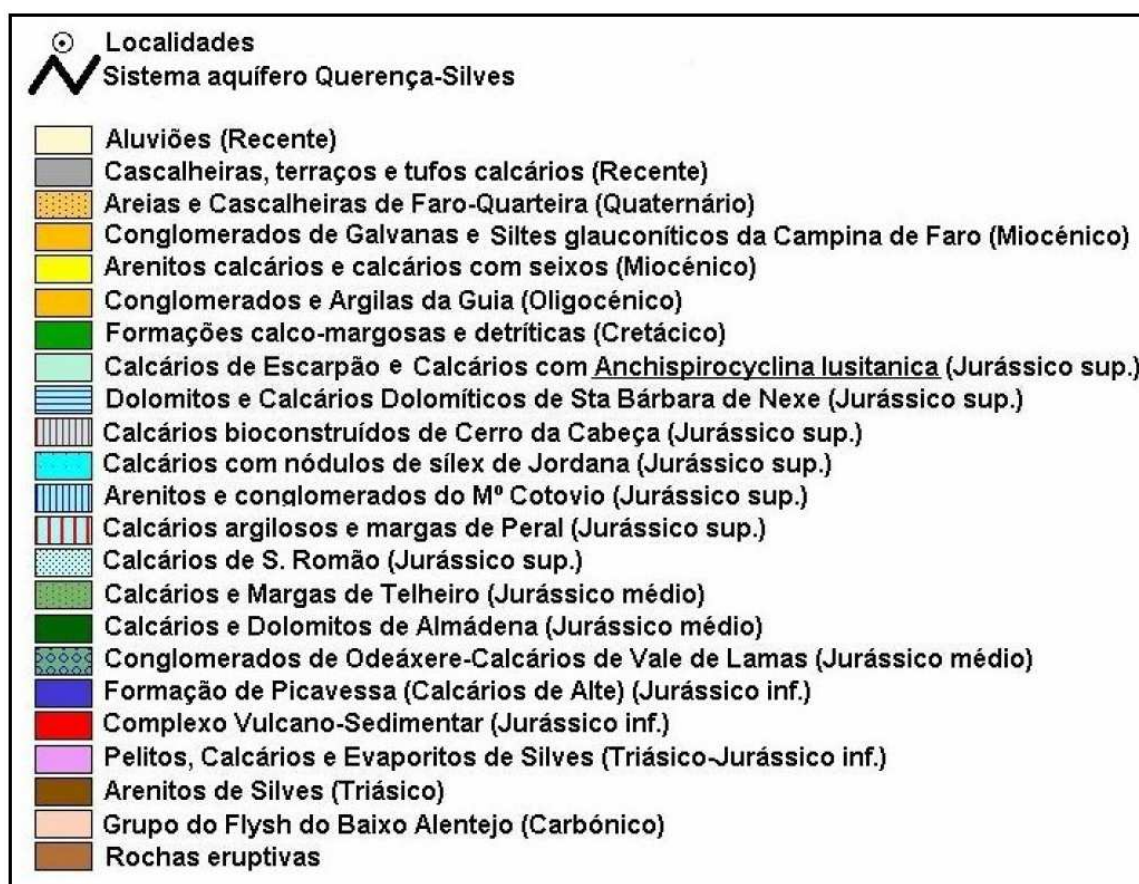
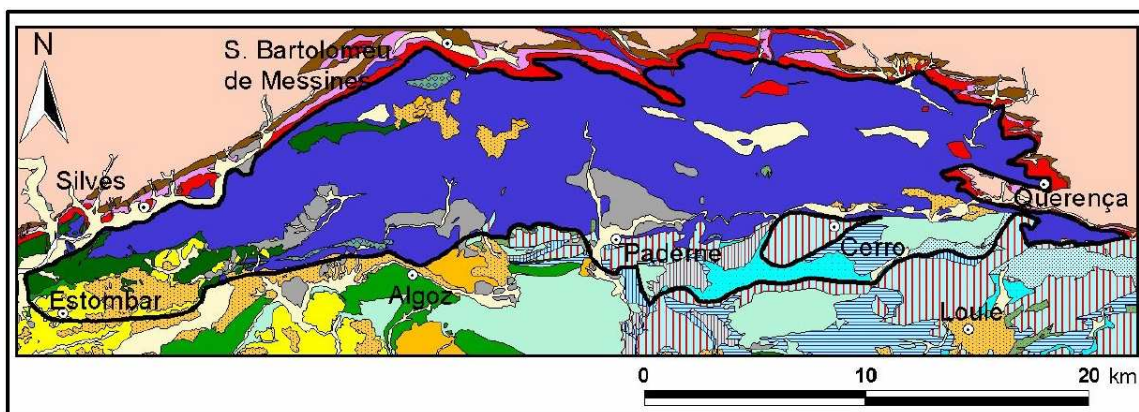


Figura nº 3.6 - Litologias que suportam o sistema aquífero Querença-Silves (extraído de Almeida *et al.*, 2000c).

### 3.4. Subunidades do Sistema Aquífero Querença-Silves

Como referido anteriormente, a geologia e a tectónica produziram o isolamento hidráulico de alguns sectores do aquífero que constituem subunidades com comportamento próprio e que são drenadas por nascentes importantes (figura 2.5, página 25).

Segundo Almeida (1985) podemos considerar as seguintes subunidades:

➤ Subunidade Fonte Grande (Alte) – situa-se à cota aproximada de 195 m e a sua posição é condicionada pela presença de rochas do Complexo Vulcano-sedimentar que constituem o núcleo de um anticlinal. Esta fonte drena um conjunto de colinas calcárias a N e NE de Alte. A área de recarga fica a cerca de 8 km sendo o desnível máximo entre essas áreas e a exurgência de 250 m.

➤ Subunidade Fonte de Salir – tem como área de recarga as serranias calcárias existentes a S de Almarginho. A área de descarga situa-se na região de Almarginho onde existe uma exurgência permanente e numerosos poços e furos;

➤ Subunidade Fonte Benémola – a área de recarga situa-se a NE da ribeira da Fonte Benémola, não ultrapassando 4 km. A infiltração faz-se sobretudo, de forma difusa, através dos lapiás que cobrem mais ou menos intensamente essa área. De todas as exurgências esta é a que reage mais rapidamente às precipitações. Em medições de caudal efectuadas esta é a que apresenta o maior valor e com temperaturas de água menores. O que significa que a Fonte Benémola permite a evacuação rápida das águas da precipitação, não dando tempo a que estas atinjam o equilíbrio térmico;

➤ Subunidade Fonte de Paderne - a área de recarga desta subunidade é provavelmente constituída por afloramentos dos calcários e dolomitos da Picavessa e dos calcários e dolomitos do Escarpão situados a E e NE da Fonte de Paderne. A sul da fonte verifica-se a presença de rochas evaporíticas provavelmente injectadas numa falha

e que deverão actuar como barreira e ter condicionado a localização da referida nascente. A área de descarga situa-se numa zona complexa onde vão convergir os limites de várias formações e onde a observação é prejudicada pela presença de aluviões. A referida barreira não só condiciona a localização das zonas de descarga como impede a conexão hidráulica com o aquífero a sul.

➤ Subunidade Fontes de Estômbar (no seu trabalho Almeida (1985), denomina esta subunidade de Tôr-Silves) - Estende-se desde Tôr a Estômbar. O limite norte é constituído por afloramentos da formação “Grés de Silves” e tem uma orientação geral E-W até S. Bartolomeu de Messines e para W desta localidade inflecte para SW. A partir daqui o aquífero vai estreitando progressivamente. A zona de descarga ocorre perto do rio Arade, nas nascentes de Estômbar.

Com o avanço dos estudos acerca deste sistema aquífero, poderemos eventualmente considerar hoje em dia, mais uma subunidade, a qual corresponderá à Subunidade Fonte Filipe citada por Almeida (1985).

➤ Subunidade Fonte Filipe (na sua dissertação, Almeida (1985) apresenta esta subunidade numa unidade à parte denominada Unidade Campina de Cima – Amendoeira) – situa-se a norte de Amendoeira e é constituída por um conjunto de afloramentos de calcários e dolomitos do Escarpão (Jurássico superior). O limite norte, impermeável é constituído pelas rochas da Formação de Grés de Silves, fazendo-se o contacto por falha, enquanto que a base impermeável é constituída pelas margas e calcários margosos do Peral, que afloram a sul. A recarga faz-se por infiltração directa, sobretudo nas colinas situadas a sul, onde os calcários estão muito carsificados, e através de numerosos sumidouros existentes perto do contacto com as margas e calcários margosos do Peral. A principal área de descarga é a região da Fonte Filipe, a norte de Amendoeira, onde existem várias nascentes, cuja posição é condicionada pela

presença próxima das rochas do complexo vulcano-sedimentar. Nesta região os calcários e dolomitos do Escarpão contactam também, por falha com os calcários e dolomitos da Picavessa (Almeida, 1985).

### **3.5. Funcionamento Hidráulico (Recarga, Descarga e Fluxo Subterrâneo)**

A recarga do maciço carbonatado fica a dever-se fundamentalmente à infiltração directa da água da chuva. O escoamento superficial, proveniente das áreas não carbonatadas que fazem parte das bacias hidrográficas das ribeiras de Alte e Algibre tem também uma contribuição importante na recarga do aquífero por infiltração em troços influentes das linhas de água (Andrade, 1989) bem como a ribeira de Quarteira, que no seu curso superior, apresenta troços influentes e efluentes e no seu curso inferior é influente, (Almeida, 1985).

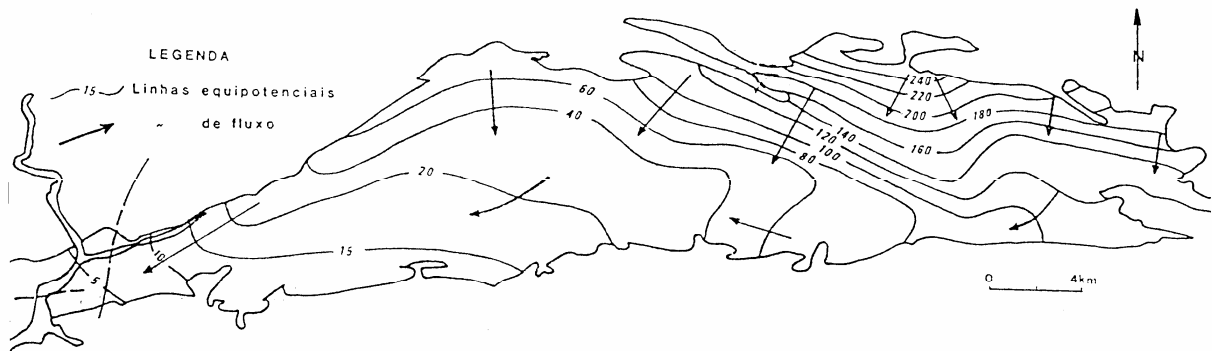
Também ocorre recarga indirecta, perfeitamente observável nas nascentes de Alte, Salir, Benémola e Fonte Filipe onde as descargas voltam a infiltrar-se, indo alimentar o aquífero a jusante (Costa *et al.*, 1985).

A circulação subterrânea do aquífero estabelece-se a partir da zona norte e mais propriamente a nordeste, perto da área de contacto com as formações paleozóicas (zona de maior relevo e de maior pluviosidade) (Andrade, 1989).

As formas cársticas, denunciam zonas preferenciais de recarga do aquífero, ocorrendo as maiores concentrações ladeando os poljes das Naves do Barão, Cordeiros e Pomar, nas áreas da Serra da Picavessa, Rocha da Pena, Soídos, Alte, Benafim, Alto Fica, Benaciate, Alvados, Fontes e Lentiscais (Costa *et al.*, 1985).

Segundo Costa (1983), o fluxo subterrâneo prossegue por uma zona de transferência dominada por gradientes hidráulicos mais suaves, para finalmente terminar na zona de descarga com linhas de fluxo praticamente horizontais, com

excepção de alguns pontos (nascentes). Este autor, utilizando um modelo de escoamento baseado na construção de mapas piezométricos, simulou os sentidos regionais de escoamento no SAQS.



**Figura nº 3.7** - Os sentidos regionais de escoamento no sistema aquífero de Querença-Silves baseados na construção de mapas piezométricos (Costa, 1983).

O sentido geral de escoamento subterrâneo é de este para oeste (Costa, 1983; Costa *et al.*, 1985; Almeida, 1985; Andrade, 1989; Mendonça & Almeida, 2003), variando entre as direcções N-S e E-O (Almeida *et al.*, 2000c). Isto devido aos limites estruturais localizados no extremo sul do aquífero (flexura do Algibre que coloca em contacto as formações do Jurássico inferior e médio com as formações menos permeáveis do Jurássico superior, impedindo o escoamento N-S).

A ocorrência de um desligamento direito provocado por uma falha de direcção N-S (Monchique), localizado perto da confluência do rio Arade com a ribeira de Odelouca, origina o biselamento do aquífero impedindo que a massa de água prossiga para ocidente, tendo forçosamente que emergir nas zonas deprimidas que intersectam o nível saturado, como acontece no vale do rio Arade (Costa, 1983).

Segundo Almeida *et al.* (2000c) a falha de S. Marcos-Quarteira parece desempenhar um importante papel na circulação subterrânea, pois verifica-se a

existência de um comportamento diferenciado entre os sectores a oeste e este desta falha. A análise de dados de piezometria permite verificar uma relativa homogeneidade na distribuição dos níveis, no sector ocidental, com gradientes hidráulicos suaves. No sector oriental, os valores de nível são significativamente mais elevados e a distribuição bastante heterogénea, sugerindo a existência de uma compartimentação que leva à constituição de subsistemas mais ou menos independentes.

A análise de distribuição de isopiezas permite observar as diferenças entre o sector ocidental e oriental: a NE de Paderne, a maior densidade de curvas indica um gradiente hidráulico importante de cerca de 15‰ (Almeida, 1985) e uma baixa permeabilidade horizontal, enquanto que para W, o maior espaçamento das curvas, verificado por Almeida (1985), indica um aumento da permeabilidade horizontal e uma diminuição do gradiente hidráulico (cerca de 1,5% em média). Esta diferença pode dever-se ao acidente mencionado atrás, a falha de S. Marcos-Quarteira, com direcção NNW-SSE, que constitui uma barreira hidráulica de baixa permeabilidade (Andrade, 1989).

Segundo Almeida *et al.* (2000b), a produtividade deste sistema aquífero é elevada. A análise dos caudais mostra uma grande dispersão, que pode ser explicada pela heterogeneidade do maciço carsificado e pela existência de subunidades hidrogeológicas.

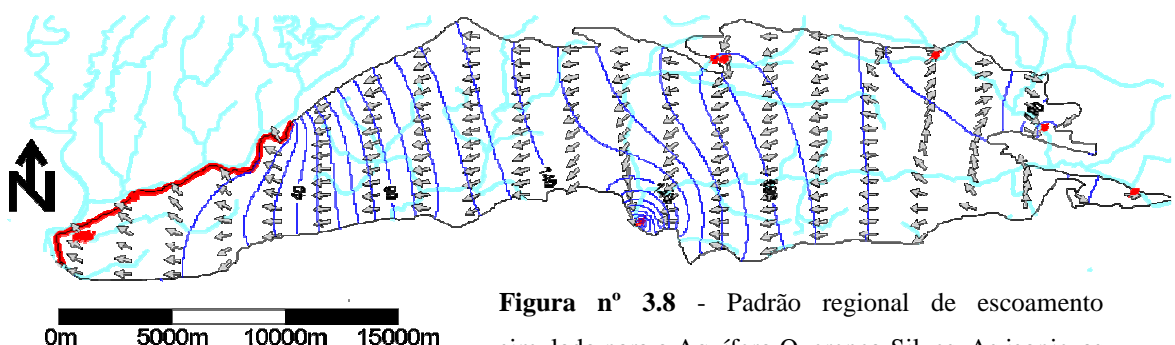
As descargas principais do aquífero situam-se perto do limite oeste do referido sistema, onde um conjunto de descargas naturais de que se destacam as Fontes de Estômbar, condicionam o padrão geral do escoamento no sistema aquífero (Mendonça & Almeida, 2003). Nesta zona o sistema aquífero encontra-se em conexão hidráulica com o rio Arade.

Para além das Fontes de Estômbar o aquífero apresenta um conjunto de emergências, localizadas em algumas linhas de água, constituídas por várias nascentes cársicas (figura 2.4), já mencionadas no capítulo 2.

Orlando (2001), utilizando um modelo matemático do escoamento subterrâneo verificou, conforme esperado (e tal como outros autores mencionados anteriormente) que o fluxo subterrâneo se efectua essencialmente de E para W, excepto no extremo SW em que inflecte para o rio Arade, e no bordo E em que se dá na direcção das nascentes.

Em 2003, Monteiro *et al.* (2003b), realizaram uma síntese bidimensional dos modelos conceptuais de funcionamento hidráulico de seis sistemas aquíferos do Algarve, baseada em modelos numéricos de escoamento regional, incluindo o SAQS, com o objectivo de discutir os seus balanços hídricos, de acordo com a metodologia de análise de recarga proposta em Vieira & Monteiro (2003). Esta primeira versão do modelo foi também apresentada por Monteiro & Costa (2004). Estes modelos tinham uma baixa fiabilidade no que respeita à simulação dos potenciais hidráulicos observados no terreno.

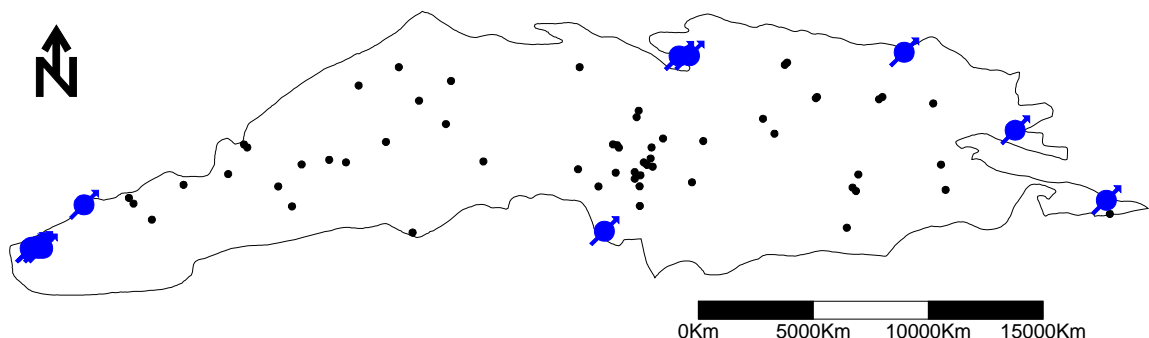
Na figura 3.8 pode observar-se uma síntese dessa simulação para o SAQS.



**Figura nº 3.8** - Padrão regional de escoamento simulado para o Aquífero Querença-Silves. As isopiezas e vectores de gradiente ilustram as direcções gerais de fluxo calculadas por Monteiro *et al.* (2003) (adaptado de Monteiro *et al.*, 2003). O alinhamento e os pontos a vermelho indicam as zonas onde se impuseram condições de fronteira.

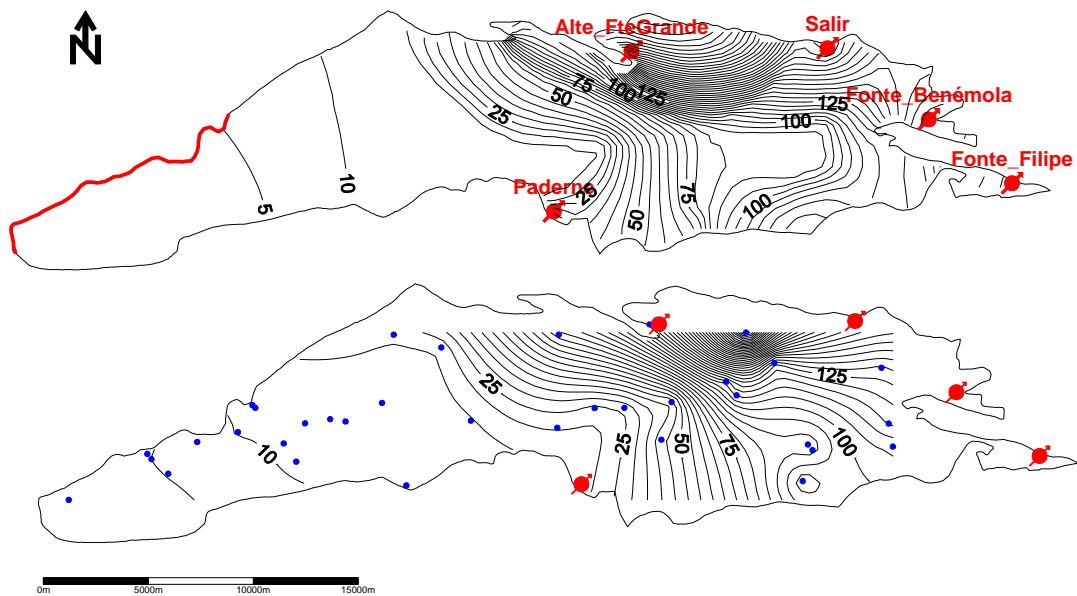
Após o período de seca de 2004 e 2005, Monteiro & Ribeiro (2006), apresentam um relatório onde descrevem e discutem um conjunto de simulações matemáticas do funcionamento hidráulico do SAQS. Neste relatório é descrita uma nova versão do modelo apresentado em 2003, em que a calibração inversa do mesmo permitiu um notável aumento da precisão das simulações realizadas para o SAQS.

Os pontos de água (poços e furos) para os quais existem valores de piezometria (figura 3.9), juntamente com o inventário das áreas de descarga natural onde (pelo menos periodicamente) o potencial hidráulico é superior à cota topográfica, permitiram definir um modelo conceptual de funcionamento hidráulico do aquífero Querença-Silves (figura 3.10 e 3.11).

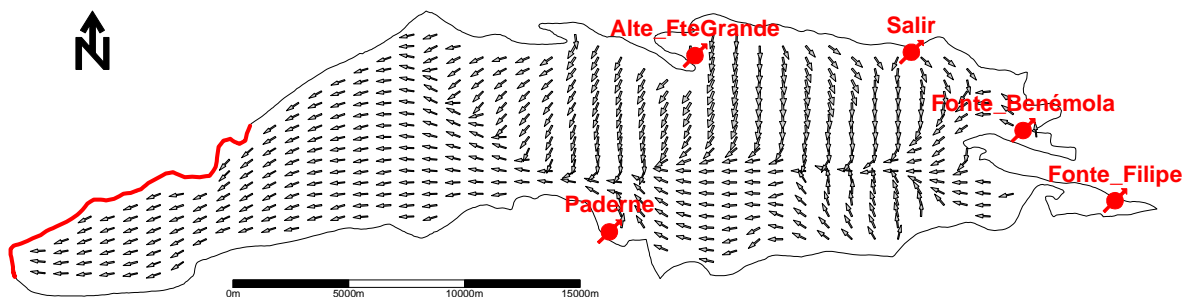


**Figura nº 3.9** - Posição dos 59 pontos de água (poços e furos) para os quais existem registos de valores de piezometria no sistema aquífero de Querença-Silves e posição das nascentes mais importantes (Base de dados da CCDR Algarve, *in* Monteiro & Ribeiro, 2006).

A visualização do mapa de isopiezas (figura 3.10) facilita a visualização do modelo conceptual de escoamento simulado por Monteiro & Ribeiro (2006). A figura ilustra um mapa piezométrico construído a partir dos dados recolhidos nos pontos de amostragem ilustrados na figura 3.9 e um mapa piezométrico calculado com um modelo em elementos finitos que simula o escoamento no sistema aquífero Querença-Silves.



**Figura nº 3.10** - Comparação das superfícies equipotenciais calculadas usando o modelo, a partir dos 11663 nós dos elementos finitos (acima) e calculadas a partir dos 34 pontos de controlo da rede piezométrica, marcados a azul, utilizados para calibrar o modelo (em baixo). A vermelho indicam-se o alinhamento e os pontos onde se impuseram condições de fronteira (Monteiro & Ribeiro, 2006).



**Figura nº 3.11** – Sentidos do escoamento da água subterrânea, simulado usando uma versão calibrada do modelo em elementos finitos (Monteiro *et al.*, 2007b).

Através da observação dos dados da figura 3.11 pode-se constatar que o SAQS se encontra dividido em sectores. No sector oriental do aquífero verifica-se a existência de fluxo para sul, a partir do seu limite norte, e de este para oeste, junto ao seu limite

sul. Verifica-se, ainda a existência de escoamento subterrâneo no sentido de oeste para este, na zona sul do Sector oriental, em direcção à Fonte Filipe (emergência pouco importante). No entanto, este fluxo tem apenas carácter local e é, decididamente, menos importante que o fluxo regional para oeste observado na zona sul do referido sector (Monteiro & Ribeiro, 2006).

O funcionamento hidráulico do sector ocidental é mais fácil de interpretar. A direcção de escoamento predominante é de este para oeste.

A natureza da conexão hidráulica entre os sectores ocidental e oriental é complexa e dificulta a caracterização das transferências entre as áreas que podem ser diferenciadas pelo comportamento dos piezómetros. Parece verificar-se que, tanto a área norte do sector oriental como a área sul apresentam continuidade com o escoamento geral verificado para oeste no sector ocidental. No entanto, a piezometria observada é igualmente compatível com um modelo conceptual em que apenas a área sul do sector oriental estabelece conexão hidráulica eficazmente com o sector ocidental.

Em 2007, Monteiro *et al.* (2007b), apresentam um relatório final acerca da modelação matemática do SAQS. Segundo estes autores, a evolução do modelo tem aumentado a sua fiabilidade, já que as simulações têm fornecido sucessivamente resultados mais próximos do comportamento revelado pela monitorização do aquífero real. Neste trabalho mais recente, os autores apresentam uma representação tridimensional do SAQS (diferentes perspectivas da geometria 3-D), bem como a descrição do processo utilizado, para a sua obtenção.

Segundo Monteiro *et al.*, (2007b) esta nova conceptualização do modelo encontra-se em evolução, pretendendo-se que com ela se possa aumentar o detalhe da análise das relações do SAQS com a rede hidrográfica, não apenas na área onde esta análise é mais pertinente, para avaliar os riscos associados à exploração do aquífero

(perto das nascentes de Estômbar), mas também em relação a outras importantes ribeiras do Algarve, cuja existência está intimamente relacionada com o funcionamento hidráulico deste sistema, nomeadamente a ribeira do Algibre.

Esta representação tridimensional do SAQS permite efectuar uma estimativa do valor total de água armazenado no seu interior, que de acordo com a sua geometria é de  $129,5 \times 10^9 \text{m}^3$ . Considerando uma porosidade de 10% (valor bastante modesto), aponta para um armazenamento da ordem dos 12,9 biliões de  $\text{m}^3$  de água. Tendo em conta que o escoamento (subterrâneo e superficial) anual médio no Algarve é da ordem de um bilião de  $\text{m}^3$ , isto significa que a capacidade de armazenamento em média do SAQS é cerca de 13 vezes este valor (Monteiro *et al.*, 2007b).

### **3.6. Valores de Recarga e Balanço Hídrico**

Qualquer estudo que tenha como objectivo a avaliação dos recursos hídricos de um determinado sistema hidrológico é baseado no balanço hídrico do referido sistema. Em condições normais e para grandes períodos de tempo o saldo do balanço hídrico mantém-se em equilíbrio e a variação das reservas é praticamente nula (Andrade, 1989).

Para definir o balanço hídrico é importante definir a taxa de recarga do aquífero. Existem diversos factores que condicionam a distribuição espacial das áreas de recarga, como a precipitação, geologia, geomorfologia, vegetação e uso do solo, topografia. No entanto, devemos ter em atenção que a principal fonte de recarga de um aquífero é a precipitação.

Por outro lado, dependendo da espessura e natureza dos depósitos de cobertura das formações, existem variações muito importantes das taxas de recarga na área do sistema aquífero. Assim através do cruzamento dos dados de precipitação média com a

distribuição das áreas com diferentes capacidades de infiltração é possível determinar a taxa de recarga anual do aquífero.

O sistema aquífero Querença-Silves sendo um dos mais importantes do Algarve, a estimativa dos seus recursos médios torna-se crucial. No entanto, apesar de ser um dos sistemas que tem sido alvo de vários estudos, ainda se está longe de se poder apresentar estimativas rigorosas (Almeida *et al.*, 2000c; Mendonça & Almeida, 2003).

Os diversos autores apontam valores muito variáveis. Confrontando os diferentes valores apontados ao longo da evolução do estudo deste sistema, salientam-se os seguintes:

➤ Almeida (1985) – quantificou a recarga nas áreas onde afloram rochas carbonatadas utilizando o método de Kessler (1965) obtendo valores de precipitação que contribuem para a recarga, em média de 60%. Este autor considerando ainda, que existem zonas cobertas por depósitos de alteração, calculou os valores totais de recarga, para estas zonas, considerando que esta corresponde à precipitação que escapa à evapotranspiração. Obteve um valor de 38,5% de fracção da precipitação que alimenta os aquíferos do Algarve Central (e não para o aquífero Querença-Silves).

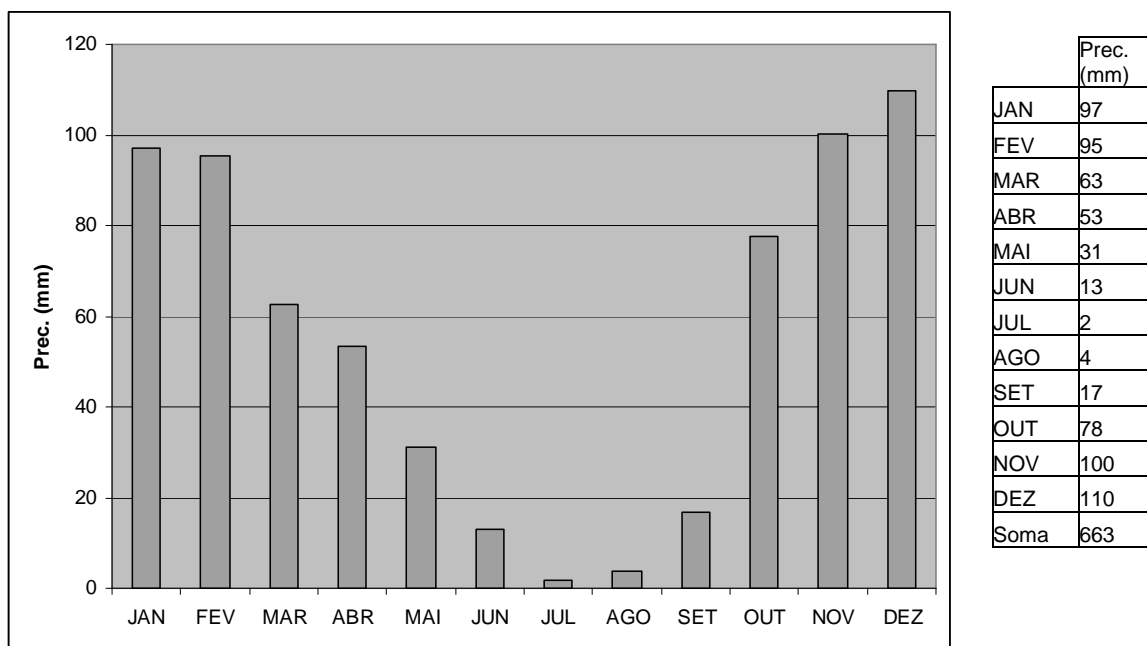
➤ Andrade (1989) – utilizando uma metodologia semelhante a Almeida (1985), obteve valores de 61, 62 e 63% de precipitação que contribui para a recarga, usando dados de precipitação de três estações diferentes. Do mesmo modo que o autor anterior também foram estimados valores para as áreas cobertas das rochas carbonatadas. Andrade (1989) utiliza um valor médio de 40% de recarga para calcular o escoamento anual médio no aquífero Querença-Silves e considerando a ocorrência de 644mm/ano na área de 277 km<sup>2</sup> do aquífero.

➤ Almeida *et al.* (2000c) – considerando como área do aquífero Querença-Silves 317km<sup>2</sup>, aproximadamente 47km<sup>2</sup> são cobertos por depósitos impermeáveis ou

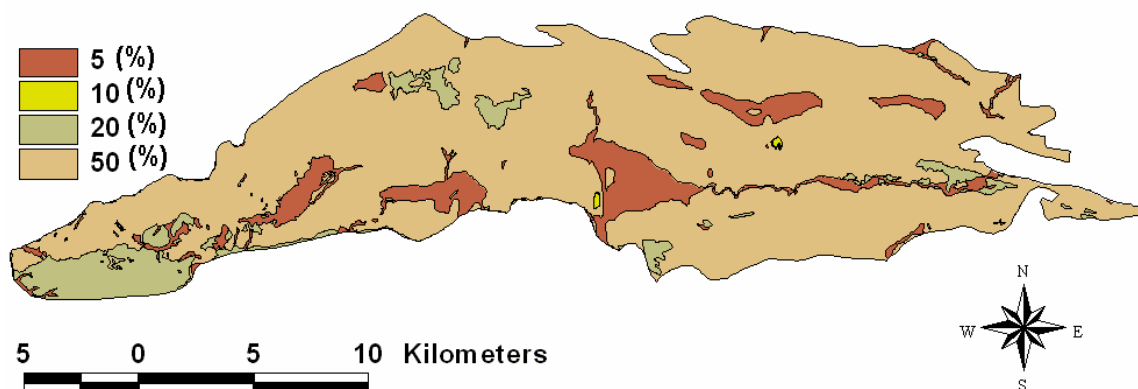
pouco permeáveis. Os autores admitiram para a taxa de recarga, um valor de precipitação que se encontra no intervalo  $40\pm 10\%$ , o que corresponde a um volume anual médio de  $70\times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano. Considerando uma precipitação média de 650mm/ano (média das estações de Arade, Vale de Barriga, São Bartolomeu de Messines e Paderne), estes autores consideram uma recarga correspondente a 40% da precipitação para 270km<sup>2</sup> da superfície total do aquífero (no qual ocorrem afloramentos de rocha carbonatada). O intervalo implicitamente admitido por Almeida *et al.* (2000) para este aquífero situa-se entre  $53\times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano e  $88\times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano.

➤ Em trabalhos mais recentes como os de Vieira & Monteiro (2003) e Monteiro *et al.* (2003), é proposto um modelo conceptual de recarga usado para o modelo de escoamento e que aponta para uma recarga média de 43% da precipitação (663mm), que segundo estes autores, ocorre nos 324km<sup>2</sup> do aquífero. Este valor foi obtido utilizando o cruzamento espacial dos dados de precipitação média, registados no quadro da figura 3.12, com a distribuição das áreas com diferentes capacidades de infiltração – figura 3.13 (a recarga varia em classes compreendidas entre 5% e 50%, dependendo das litologias aflorantes).

O valor médio de recarga obtido por estes autores é muito próximo do valor obtido nos trabalhos de Almeida (1985) e Andrade (1989). No entanto os valores de escoamento anual médio, com base no valor de 43% de recarga, são ligeiramente superiores aos obtidos em trabalhos anteriores. Isto porque, actualmente existem mapas de precipitação obtidos por métodos geostatísticos, recorrendo a variáveis auxiliares como a altitude, mais fiáveis e com muito maior resolução espacial, do que os mapas de polígonos de Thiessen e isoietas utilizados nos trabalhos de Almeida (1985) e Andrade (1989).



**Figura nº 3.12** – Valores médios plurianuais mensais de precipitação (série 1959/60 – 1990/91), para a área do sistema aquífero de Querença-Silves (Monteiro&Ribeiro, 2006).



**Figura nº 3.13** - Distribuição das percentagens de precipitação que contribuem para recarga, definidas de acordo com as litologias aflorantes presentes na área ocupada pelo sistema aquífero de Querença-Silves (Monteiro & Ribeiro, 2006).

Monteiro & Ribeiro (2006), utilizaram o valor de recarga anual médio para o SAQS de  $93 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , correspondendo a 43% da percentagem de precipitação que

contribui para a recarga profunda, para a implementação dos modelos matemáticos de escoamento enunciados na secção 3.5., deste trabalho.

É importante referir que a estimativa da recarga é efectuada por métodos diferentes nas zonas onde afloram rochas carbonatadas e zonas cobertas.

A ocorrência de áreas onde a infiltração tem valores extremos (muito altos ou muito baixos) está relacionada com a morfologia cárstica do sistema. Nas zonas onde afloram rochas carbonatadas, sobretudo onde existem campos de lapiaz bem desenvolvidos, os valores de infiltração são muito elevados. Por outro lado, nas zonas onde existem estruturas cársticas como os poljes, ocorrem valores de infiltração muito baixos, devido às espessas coberturas de “*terra rossa*”.

### **3.7. Relações entre Águas Subterrâneas e Águas Superficiais**

O conhecimento e aprofundamento da compreensão das relações entre águas superficiais e subterrâneas no Algarve encontra-se numa fase inicial do seu desenvolvimento, no entanto os trabalhos recentes acerca da hidrogeologia do Algarve contêm diversas referências acerca da localização e características dos locais onde se estabelece conexão hidráulica entre águas superficiais e águas subterrâneas. O estudo das relações águas superficiais – águas subterrâneas reveste-se de interesse prático na medida em que permitem determinar as condições de fronteira dos aquíferos e assim, compreender o seu funcionamento hidráulico. Outro aspecto de grande importância no estudo destas relações é o facto da alteração das mesmas, por intervenção humana estar na origem dos maiores riscos de degradação da qualidade da água.

Segundo Monteiro *et al.* (2007a) as ribeiras no Barrocal, em diferentes períodos do ano hidrológico alternam, sucessivamente troços influentes (que contribuem para a recarga dos aquíferos subjacentes) e efluentes (em que recebem água subterrânea, a

partir de emergências no seu leito). Citando, Monteiro *et al.* (2007a): “Os percursos das ribeiras no Barrocal constituem verdadeiros “curtos circuitos” do escoamento subterrâneo em pontos e áreas onde o nível freático intercepta a superfície topográfica (nascentes) e onde há sumidouros que propiciam a infiltração da água escoada no leito das ribeiras”.

A área em estudo pode ser considerada muito interessante sob o ponto de vista das relações entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A drenagem superficial é feita através das bacias hidrográficas do rio Arade, que contacta directamente com o bordo SW do sistema, e das ribeiras de Alte, Alcantarilha e Algibre. O escoamento superficial dá-se preferencialmente para S, entrando na ribeira de Quarteira.

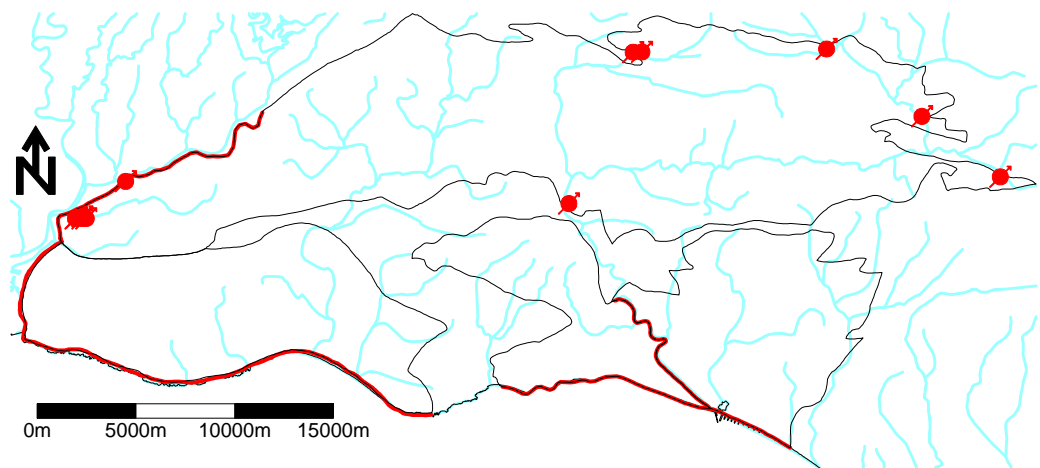
As linhas de água iniciam-se no maciço Paleozóico com elevada densidade de drenagem, onde as formações são pouco permeáveis e a infiltração é muito baixa, mas ao atingirem o limite com as formações carbonatadas existem perdas de caudal significativas, devido à capacidade de infiltração muito maior nestas rochas do que nos xistos e grauvaques.

A ribeira do Algibre, que recebe diferentes designações ao longo do seu percurso, consoante as localidades que atravessa, resulta da confluência das ribeiras dos Moinhos e ribeira do Rio Seco, passando a designar-se, primeiro ribeira da Menalva, depois do Algibre e finalmente na confluência com a ribeira de Alte (na zona de Paderne), passa a designar-se ribeira de Quarteira.

Conhecem-se alguns pontos de recarga concentrada, junto dos limites do aquífero onde se infiltram águas de escorrência superficial, oriundas da precipitação, ocorrida nas bacias hidrográficas das ribeiras, nos seus troços a montante dos limites do aquífero. Verifica-se que após estes pontos de recarga concentrada nos leitos das

ribeiras, junto ao limite norte do SAQS, existe um grande número de surgências no leito da ribeira do Algibre.

Destas emergências salienta-se a fonte Benémola, para além de outras. O aparecimento destas surgências, segundo Monteiro *et al.* (2007a), é possível que esteja relacionado com o facto do declive do relevo ser, nesta área, superior ao declive da superfície piezométrica do aquífero, que nesta área se encontra acima da cota do terreno. Nos cerca de 3 km que se seguem, estas condições deixam de existir devido à ocorrência de um conjunto de sumidouros.

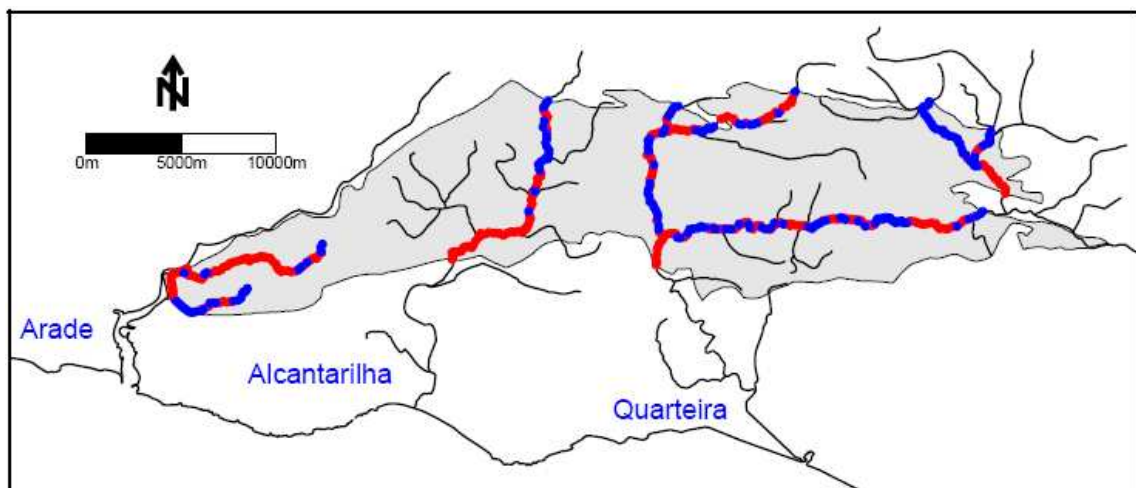


**Figura nº 3.14** - Rede hidrográfica do Algarve Central representada em conjunto com os sistemas aquíferos de Querença-Silves (em cima), Ferragudo-Albufeira (em baixo à esquerda), Albufeira-Ribeira de Quarteira (em baixo ao centro) e Quarteira (Em baixo à direita). Os dois últimos aquíferos partilham a ribeira de Quarteira como uma das suas principais áreas de descarga. Os alinhamentos (troços de ribeiras e limite continente-oceano) e pontos (nascentes) marcados a vermelho representam as zonas onde se estabelecem transferências entre os aquíferos e a superfície (extraído de Monteiro *et al.*, 2007a).

A ribeira de Quarteira apresenta, no seu curso superior, troços influentes e efluentes e no seu curso inferior é influente, conhecendo-se sumidouros na região de Lentiscais e Cabanita (Almeida, 1985; Almeida *et al.*, 2000b).

No trabalho de modelação das relações entre águas superficiais e subterrâneas (Monteiro *et al.*, 2007a) foi possível obter uma primeira estimativa grosseira dos tipos de transferências que ocorre entre rios e águas subterrâneas.

A figura 3.15 representa uma síntese das simulações efectuadas por estes autores, com a identificação dos nós influentes e efluentes das linhas de água. Este trabalho constitui um primeiro passo na investigação das relações entre águas subterrâneas e superficiais neste sistema.



**Figura nº 3.15** – Localização dos nós influentes (azul) e efluentes (vermelho) de acordo com a relação entre o potencial calculado para as águas subterrâneas e estimado para as ribeiras, de acordo com a sua cota. Simulações efectuadas com um modelo em elementos finitos (extraído de Monteiro *et al.*, 2007a).

O rio Arade apresenta caudal permanente ao passo que as outras linhas de água têm escoamento superficial durante a época das chuvas ou quando o aquífero descarrega através de exsurgências localizadas nos seus leitos ou vertentes.

Uma das relações mais importantes entre águas superficiais e subterrâneas está associada às descargas que ocorrem perto do rio Arade, nas nascentes de Estômbar. A compreensão destas relações, modificadas pelo regime de exploração da água, permite prever e avaliar os riscos associados à intrusão salina. Nesta área ocorrem entradas e saídas de água regulares nas nascentes.

Se a cota piezométrica na área das nascentes for inferior à cota do rio Arade, verificar-se-á uma inversão do fluxo que, em condições normais se dá do aquífero para o mar. Como nesta área a água do Arade é salgada e se faz sentir o efeito das marés, a ocorrência destas condições poderá estar na origem da salinização deste sector do aquífero. Esta salinização natural (e local) não é preocupante, no entanto a extracção excessiva de água (que pode provocar um rebaixamento do nível freático) pode conduzir a uma situação grave de contaminação salina do aquífero, por abranger uma área mais vasta.

Por outro lado, em situações de inversão do gradiente, a água que passa do rio Arade para o aquífero, tem maior densidade que a água doce que constitui esta descarga. Assim, apesar de existir uma dada proporção de mistura da água salgada com a água doce, também existe tendência para se formar uma interface entre ambos os fluidos e não uma simples “alimentação” do aquífero com água salgada.

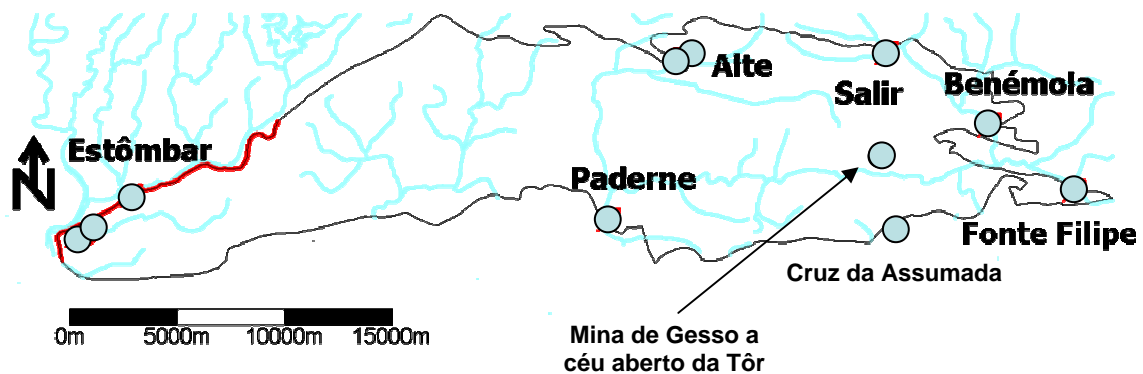
Deste modo, em períodos de seca, quando há tendência para a intensificação das extracções de água no aquífero, é essencial que exista uma cuidadosa monitorização neste sector do referido sistema.

Monteiro *et al.*, (2007b), verificaram que a oscilação das marés reduz provavelmente, a ocorrência de intrusão salina nas nascentes de Estômbar, uma vez que a entrada de água salgada é alternada com a sua saída. Assim, numa primeira fase durante o período de maré baixa ocorre expulsão de água salgada seguida de água doce.

Para além dos riscos de degradação da qualidade da água associados à inversão dos gradientes na zona das nascentes de Estômbar, apontam-se ainda como factores de risco: o sobredimensionamento da rega e a utilização excessiva de fertilizantes e pesticidas, noutros sectores do aquífero.

### 3.8. Pontos de Especial Interesse para a Interpretação do Funcionamento do SAQS

A compreensão dos aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos (nomeadamente, as relações entre águas subterrâneas e águas superficiais), bem como a sua relação com o funcionamento do SAQS pode ser visualizada, no terreno. Consideram-se assim, os seguintes pontos de especial interesse (figura 3.16):



**Figura nº 3.16** – Localização dos sítios de especial interesse para a interpretação do SAQS (zona das principais nascentes, Mina de Gesso a céu aberto da Tôr e Sítio da Cruz da Assumada).

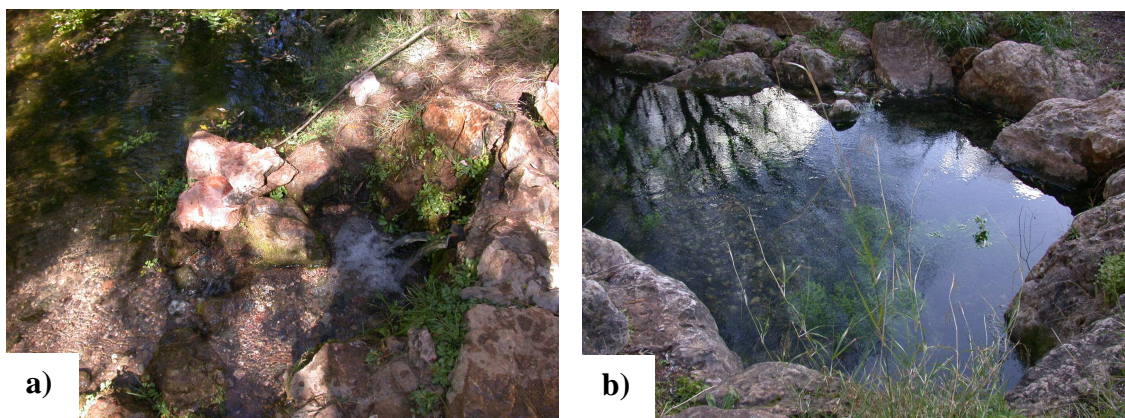
➤ Cruz da Assumada – A cerca de 1 km de Loulé, onde antigamente existia um moinho de vento, é o local ideal para observar os principais relevos que compõem o Algarve Central, bem como o sector oriental do SAQS. Para sul observam-se os relevos correspondentes ao litoral e para norte os do Barrocal e Serra. Identifica-se o vale onde se instala a ribeira do Algibre e a falha com o mesmo nome, que limita o SAQS a sul.

➤ Mina de Gesso a céu aberto da Tôr – a escavação desta mina intersectou o nível piezométrico do SAQS tornando “visível” o seu nível freático (figura 3.17);



**Figura nº 3.17** – Mina de Gesso a céu aberto da Tôr (fotografia tirada em 03/08/2005).

➤ Sítio Classificado da Fonte Benémola (figura 3.18 a e b) – A fonte Benémola é uma das descargas mais caudalosas (caudal médio de 141,18 l/s) do SAQS (Quadro 3.1, gráfico 3.1. e anexo IV), situada em calcários do Jurássico inferior (Sinemuriano). Alimenta a ribeira que atravessa o local – ribeira da Menalva. Esta ribeira, após atravessar o limite do Sítio Classificado da Fonte Benémola, junta-se à ribeira das Mercês originando a ribeira do Algibre (que adopta diversos nomes conforme o local que atravessa, como dito anteriormente). É o local ideal não só para se perceberem as relações entre o aquífero e as águas superficiais mas também, sobre a importância que a água deste sistema, sempre teve para a população do local. É possível encontrar vestígios de estruturas hidráulicas antigas ligadas ao aproveitamento da água, como levadas, açudes, noras e azenhas;

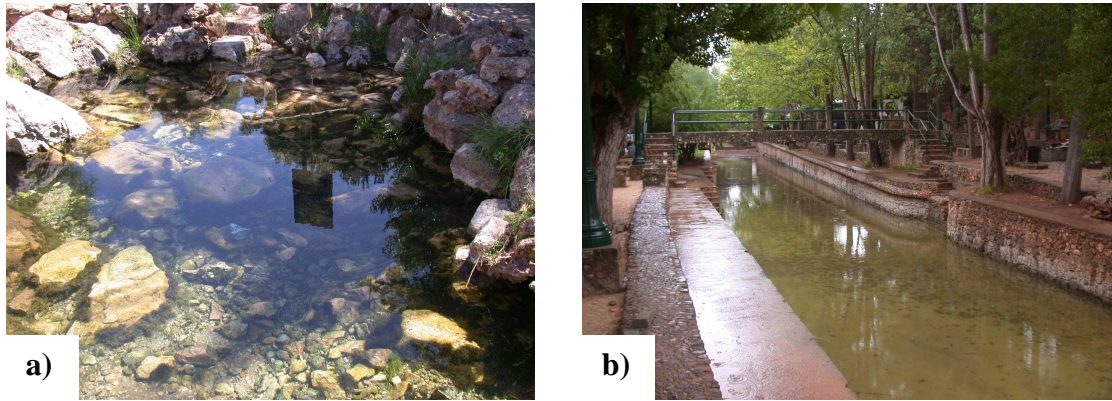


**Figura nº 3.18 - a)** Fonte Benémola (fotografia tirada em 29/08/2006; **b)** Nascente o “olho” (fotografia tirada em 14/01/2006).

➤ Nascente de Salir (Almarginho) – situada no limite norte do SAQS, onde os calcários do Jurássico inferior contactam com as litologias da formação de “Grés de Silves”, principalmente com as rochas do complexo vulcano-sedimentar;

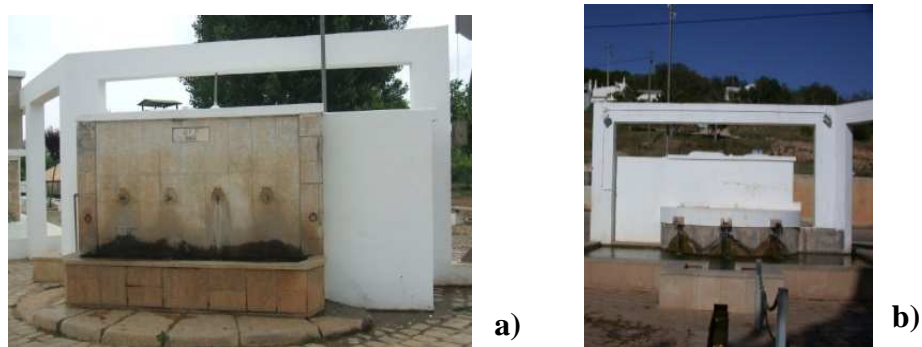
➤ Fonte Filipe - Situada no sector oriental do SAQS, tendo como limite norte as formações do complexo vulcano-sedimentar e limite sul os calcários margosos e margas do Peral do Jurássico superior;

➤ Fontes de Alte (figura 3.19 a e b) - as fontes pequena e grande de Alte, alimentam a ribeira de Alte, que perto de Paderne (Purgatório) se junta à ribeira do Algibre e forma a ribeira de Quarteira. Situam-se no limite norte do SAQS, no contacto com as formações do complexo vulcano-sedimentar;



**Figura nº 3.19** - a) Nascente Grande de Alte (fotografia tirada em 29/08/2006; b) Piscina da Fonte Grande de Alte (fotografia tirada em 27/07/2005).

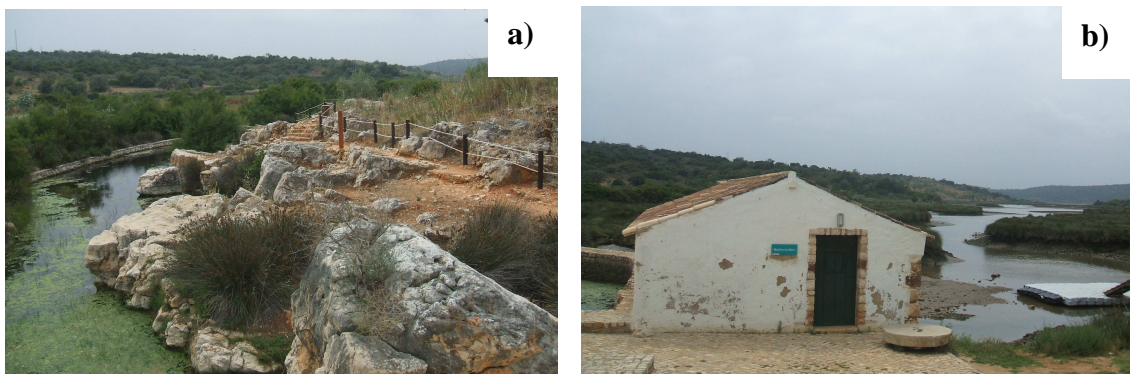
➤ Fonte de Paderne (figura 3.20 a e b) – situa-se no limite sul do aquífero, perto do contacto com formações menos permeáveis do Jurássico superior. O comportamento hidrogeológico nesta zona é difícil de interpretar pois os limites geológicos encontram-se em grande parte cobertos por aluviões;



**Figura nº 3.20 a) e b)** – Fonte de Paderne (fotografias tiradas em 28/04/2006).

➤ Sítio das Fontes de Estômbar (figura 3.21 a e b) – As nascentes de Estômbar, com caudais médios que variam entre 65,30 l/s e 143,15 l/s (quadro 3.1., tabela 3.1. e anexo IV), situam-se no extremo oeste do SAQS, ao longo das margens de um esteiro da margem esquerda do rio Arade, com o qual se encontram em conexão hidráulica. Representam as principais áreas de descarga deste sistema, e o local onde as

relações entre o aquífero e o rio Arade se revestem de extremo interesse. Dada a sua localização, ocorrem entradas e saídas regulares de água salgada no aquífero nesta zona, que contribuem para a salinização desta parte do sistema. A ocorrência de marés reduz os riscos de intrusão salina, no entanto é uma zona susceptível à contaminação e que deve ser monitorizada a fim de que em situações de sobreexploração ou seca extrema, esta não ocorra.



**Figura nº 3.21 - a) e b) Sítio das Nascentes de Estômbar (fotografias tiradas em 07/06/2007).**

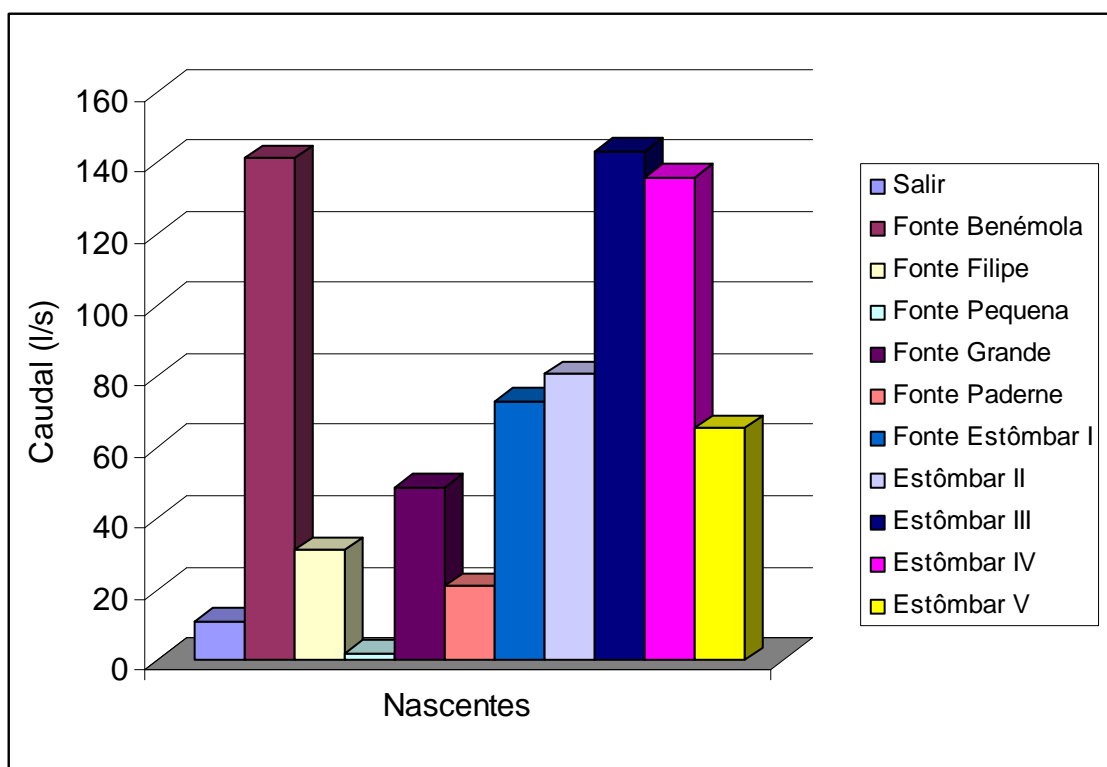
Os valores de caudal revestem-se de importância na medida em que podem permitir uma primeira avaliação das características hidráulicas de um aquífero.

Relativamente aos caudais das nascentes atrás referidas o quadro 3.1 apresenta valores médios de caudal. Estes valores foram obtidos através de medições de caudal efectuadas no período compreendido entre 28/05/1957 a 25/06/2007 e que podem ser consultados no anexo IV (SNIRH, 2007).

As diferenças de caudal apresentadas pelas nascentes, podem estar associadas à heterogeneidade do maciço cársico e à existência de sub-unidades hidrogeológicas.

Nascente	Código	Altitude (m)	Nº de valores de caudal medidos	Caudal (l/s)			
				Valor Mínimo	Média	Valor Máximo	Soma*
Salir	588/7	200	99	1	11.10	45	1099.20
Fonte Benémola	597/112	140	74	0	141.18	967	10447.0
Fonte Filipe	597/113	190	76	0	30.97	119	2353.40
Fonte Pequena (Alte)	587/23	192	70	0	2.18	10.73	152.44
Fonte Grande (Alte)	587/24	196	85	1	48.72	215	4141.20
Fonte de Paderne	596/263	50.64	85	0	20.91	53	1777.40
Fonte de Estombar (I)	595/216	0.27	90	1	72.89	383	6560.0
Fonte de Estombar (II)	595/269	0.72	109	7	80.65	299	8791.0
Fonte de Estombar (III)	595/270	1	117	1	143.15	603	16749.0
Fonte de Estombar (IV)	595/271	- 0.23	112	7	135.88	381	15218.0
Fonte de Estombar (V)	595/272	- 3.48	103	2	65.30	190	6726.10

**Quadro nº 3.1** – Dados Estatísticos de Caudais do período compreendido entre 28/05/1957 a 25/06/2007 das principais nascentes do SAQS (valores extraídos de SNIRH (2007)). \* Corresponde à soma total dos valores de caudal medidos, que podem ser consultados no anexo IV.



**Gráfico nº 3.1** – Média do Caudal das principais nascentes do SAQS do período compreendido entre 28/05/1957 a 25/06/2007 (valores extraídos de SNIRH, 2007).