

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Introdução

A área de estudo seleccionada para a implementação de experiências de recarga artificial foi o sistema aquífero da Campina de Faro, localizado na Orla Meridional de Portugal, perto da cidade de Faro. Um dos principais objectivos deste estudo consistiu na optimização da reabilitação do aquífero superficial da Campina de Faro, visando a aplicação *in situ* de diferentes metodologias de recarga artificial do aquífero, de modo a minimizar os efeitos causados pela poluição difusa resultado de intensivas e inadequadas práticas agrícolas nesta região.

Existem diversos estudos realizados na zona costeira Algarvia, em particular no sistema aquífero da Campina de Faro, abordando temas variados, tais como: 1) caracterização geológica e hidrogeológica (Silva, 1984; Almeida, 1985; Manuppella *et al.*, 1987; Silva, 1988; Almeida *et al.*, 2000); 2) estudos geofísicos com o objectivo de delimitar o aquífero Miocénico (Geirnaert *et al.*, 1982); 3) caracterização do escoamento subterrâneo e salinização do aquífero (Silva *et al.*, 1986); 4) modelação matemática do balanço hídrico sequencial diário (Lobo Ferreira, 1991); 5) aplicação de metodologias de análise da recarga de aquíferos (Oliveira e Lobo Ferreira, 1994); 6) avaliação das reservas hídricas (Moinante *et al.*, 1994); 7) avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas pela aplicação da metodologia DRASTIC (Lobo Ferreira *et al.*, 1995; Stigter e Carvalho Dill, 2000); 8) estudo hidrogeoquímico e caracterização da poluição das águas subterrâneas induzida pelas práticas agrícolas (Stigter, 2005).

Neste Capítulo procurou-se fazer a caracterização geral da área de estudo: climatológica, geológica e hidrogeológica, relativamente à geometria do sistema aquífero, características hidráulicas, características hidroquímicas, funcionamento hidráulico, balanço hídrico e vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas.

3.2 Localização geográfica

A área de estudo situa-se na região Algarvia, a Norte da cidade de Faro, numa zona designada por Campina de Faro (Figura 3.1). Está coberta pelas folhas 606, 607, 610 e 611 da Carta Militar de Portugal, na escala 1/25 000, editadas pelos Serviços Cartográficos do Exército (SCE) e pela folha 53-A Faro da Carta Geológica de Portugal, editada pelos Serviços Geológicos de Portugal (SGP), na escala 1/50 000.

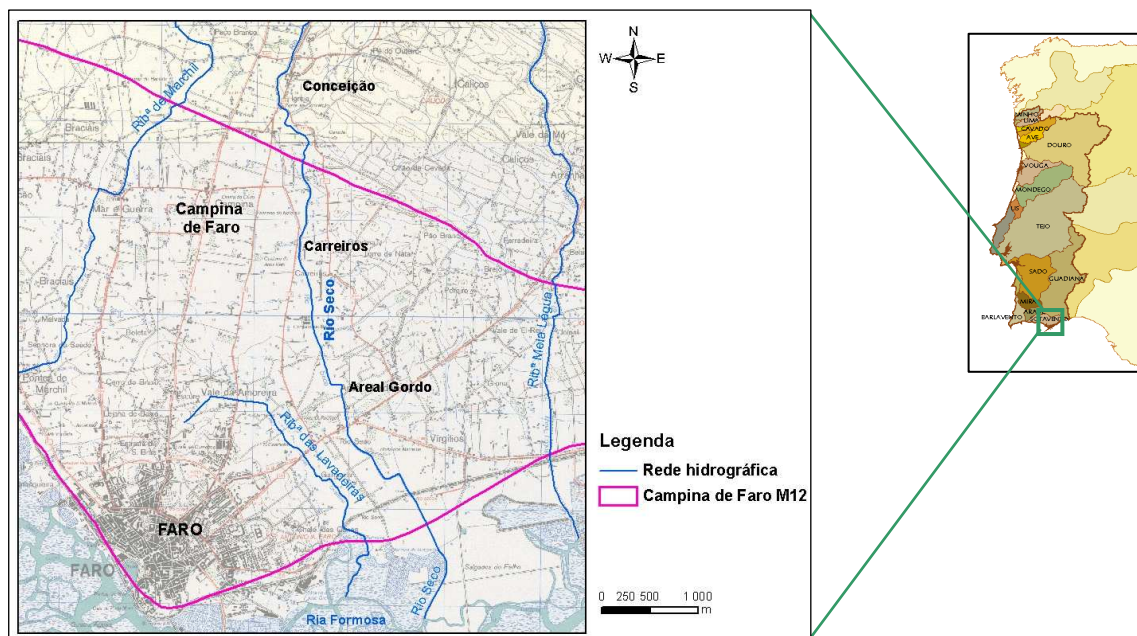


Figura 3.1 – Localização geográfica da área de estudo

3.3 Caracterização climatológica e morfológica

O Instituto de Meteorologia (IM) e o Instituto da Água (INAG) tem competências legais para a monitorização periódica dos elementos climatológicos, designadamente a precipitação e a temperatura do ar, que são variáveis importantes para a caracterização hidrogeológica de uma região. No caso do INAG, os resultados da monitorização estão disponíveis na Internet, no site do INAG (<http://snirh.inag.pt/>) via a base de dados do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIRH).

As estações climatológicas/udométricas mais próximas da área de estudo, englobadas pela rede de monitorização do INAG são as seguintes: São Brás de Alportel, com dados diários de precipitação e temperatura; Loulé, Santa Catarina, Estói e Quelfes, com dados diários de precipitação; Arabia, Fuseta e Olhão, com dados mensais de precipitação. As cinco primeiras estações fazem parte da rede de monitorização climatológica automática e as três últimas não estão operacionais. Na Figura 3.2 pode observar-se a localização das estações e postos udométricos. Inclui-se também nesta listagem a estação Faro/aeroporto, pela sua proximidade com a área de estudo, com registos diários de precipitação e temperatura, monitorizada pelo IM. Contudo, os registos provenientes desta estação não estão disponíveis para a análise efectuada nesta secção. O Quadro 3.1 apresenta informação geral relativa a estas estações como a sua localização, designação, nome, início e estado actual de funcionamento.

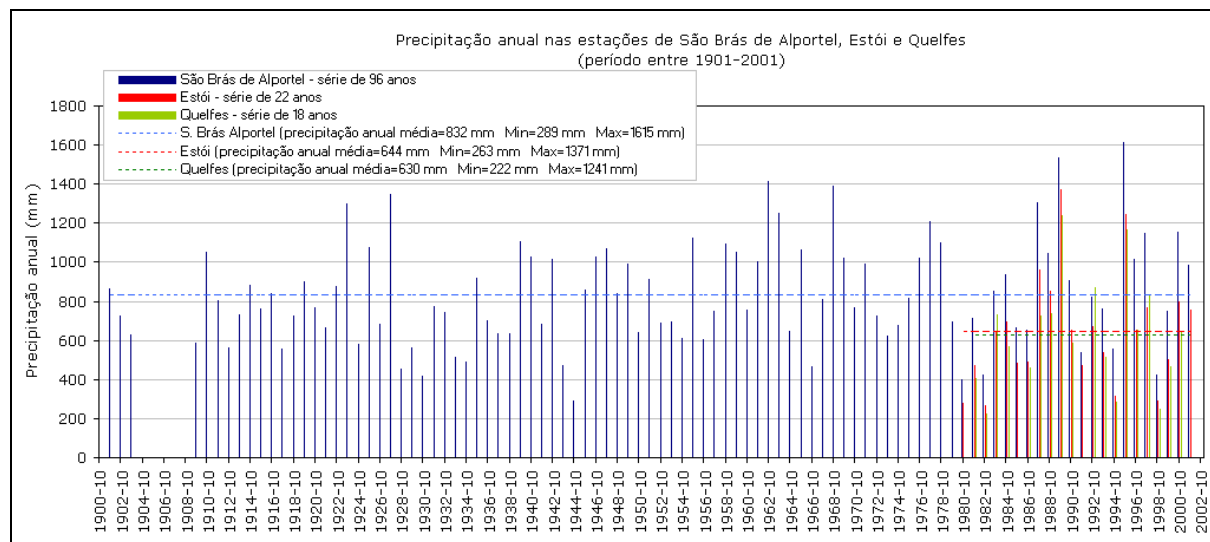


Figura 3.3 – Séries de precipitação anual nas estações de São Brás de Alportel, Estói e Quelfes (período compreendido entre 1901-2001. Dados provenientes do SNIRH)

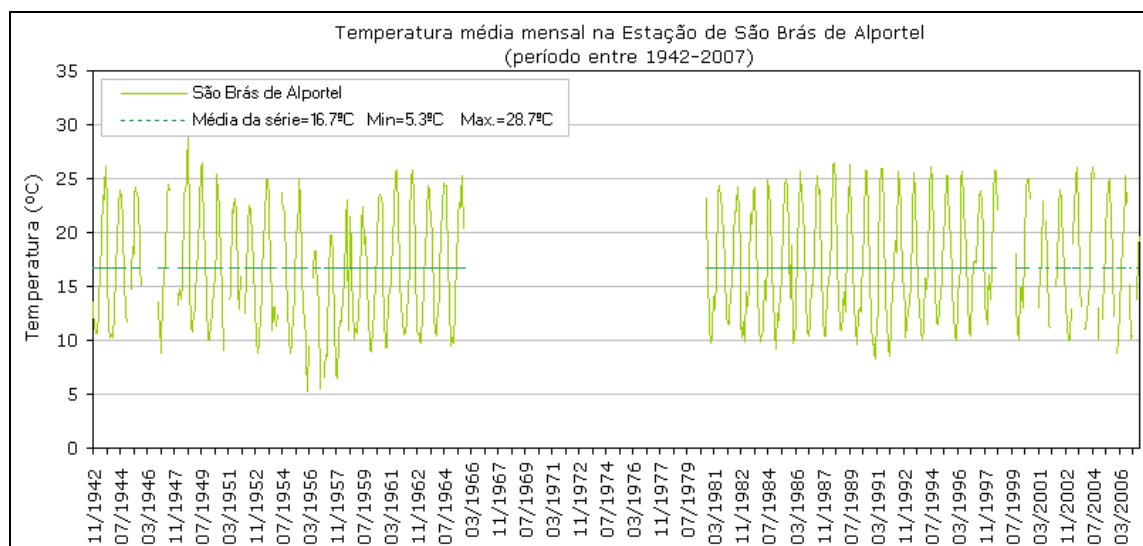


Figura 3.4 – Série de temperatura média mensal na estação de São Brás de Alportel (dados provenientes do SNIRH)

Para a área de estudo contribui o escoamento superficial verificado na parte final da bacia hidrográfica do rio Seco e também uma parte da bacia da hidrográfica da ribeira das Lavadeiras (Figura 3.1). De um modo geral, ambos os cursos de água apresentam uma orientação N-S.

A precipitação anual média na bacia hidrográfica do rio Seco foi calculada por dois métodos vulgarmente utilizados: média aritmética e polígonos de Thiessen. No Quadro 3.2 indica-se a descrição estatística (média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação) relativa às estações mais próximas.

A média aritmética consiste em fazer uma média da precipitação das estações que estão no interior da bacia. Considerando as estações de São Brás e Estói, a precipitação média na área da bacia calculou-se em 758,1 mm, para o período comum às duas estações, compreendido entre os anos de 1980 e 2001.

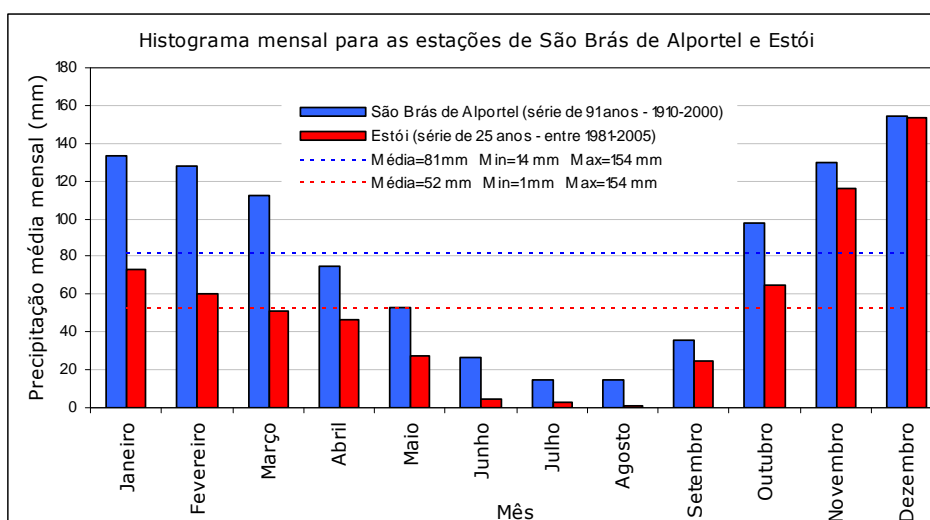


Figura 3.5 – Histograma mensal da precipitação média mensal para as estações de São Brás de Alportel e Estói (dados provenientes do SNIRH)

No método dos polígonos de Thiessen a precipitação média é calculada pela média ponderada entre a precipitação de cada estação e o peso a ela atribuído, que é a área de influência relativamente a essa estação e a área total da bacia.

A bacia hidrográfica do rio Seco foi traçada recorrendo à ferramenta ArchHydro Tools do AcrView e o ficheiro de base foi o modelo digital do terreno previamente determinado. A área total da bacia estimou-se em 75,7 km². A formação dos polígonos de Thiessen foi feita por uma ferramenta "Create Thiessen Poligons3.0" disponível no site da ESRI (<http://arcsripts.esri.com/>). Pelo traçado dos polígonos (cf. Figura 3.6, polígonos traçados a cinzento) verifica-se que a bacia fica sob a influência de cinco estações climatológicas: São Brás de Alportel que afecta praticamente toda a zona a Norte (52% da área), Estói que afecta a zona central (42% da área), Arabia que afecta a zona Sul (5% da área) e Loulé e Santa Catarina que afectam áreas pouco significativas da bacia.

Quadro 3.2 – Descrição estatística calculada para as séries de precipitação anual registadas nas estações climatológicas mais próximas de área de estudo

Estação	Período de registo	Série de dados analisada (anos)	Precipitação anual (mm)		
			Média	Min.	Max.
SÃO BRÁS DE ALPORTEL (31J/01C)	1901-2007	96 (1901-2001)	832,4	289,2	1614,6
ESTOI (31J/04UG)	1980-2004	22 (1980-2001)	643,8	263,1	1371,0
LOULÉ (31I/01UG)	1931-2007	74(1931-2004)	674,7	203,6	1459,9
SANTA CATARINA (31K/01UG)	1959-2002	42 (1960-2001)	721,4	296,6	1502,7
QUELFES (31K/02UG)	1980-2007	20 (1981-2005)	606,7	188,0	1240,5
ARABIA (31J/03U)	1980-1985	5 (1980-1984)	365,2	186,5	563,7
OLHÃO (31J/05U)	1979-1985	5 (1980-1984)	498,3	332,3	700,3

Duas simplificações foram necessárias para o cálculo da precipitação, designadamente: (1ª) as estações de Loulé e Santa Catarina afectam uma área muito pequena da bacia, inferior a 1%, pelo que não foram consideradas; (2ª) a estação de Arábia dispõe de um período de registo muito curto (5 anos) pelo que também não foi considerada. Gerou-se assim uma nova Figura de polígonos (cf. Figura 3.6, polígonos traçados a amarelo) em que a área da bacia fica apenas afectada pelas estações de São Brás de Alportel e Estói. A precipitação anual média na bacia determinada pelo método dos polígonos de Thiessen

O sistema aquífero da Campina de Faro, com uma área de 86,4 km², é limitado a Norte pelos depósitos menos permeáveis do Cretácico, a Este pela cidade de Olhão, a Oeste pelo sistema aquífero de Quarteira, com uma possível conexão hidráulica entre ambos, e a Sul pelo mar (Almeida *et al.*, 2000). A Figura 3.7 mostra a identificação dos sistemas aquíferos na Orla Meridional (Almeida *et al.*, 2000), assinalando-se o sistema aquífero da Campina de Faro (M12).

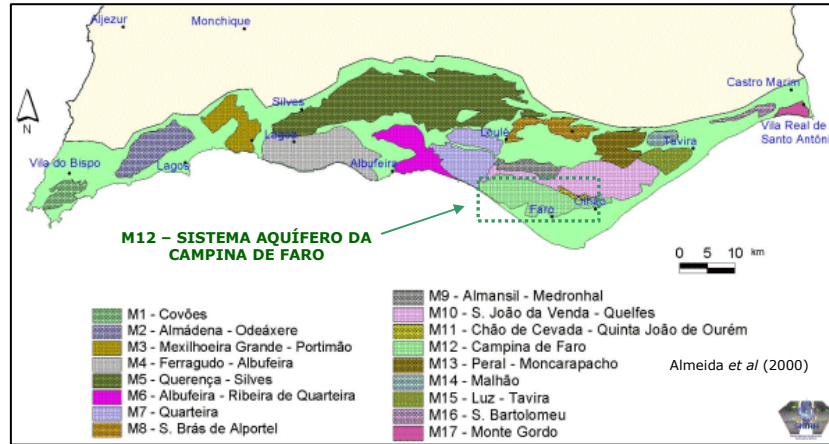


Figura 3.7 – Localização do sistema aquífero da Campina de Faro (M12) na Orla Meridional Algarvia (Almeida *et al.*, 2000)

A área de estudo é limitada a Norte por dois sistemas aquíferos (M10 – São João da Venda-Quelfes e M11 - Chão de Cevada-Quinta João de Ourém, assinalados na Figura 3.7), a Oeste pela Ribeira de Marchil, a Este a cerca de 2 Km do rio Seco e a Sul pelo estuário da Ria Formosa. A Figura 3.8 apresenta um mapa geológico mais detalhado da zona de interesse.

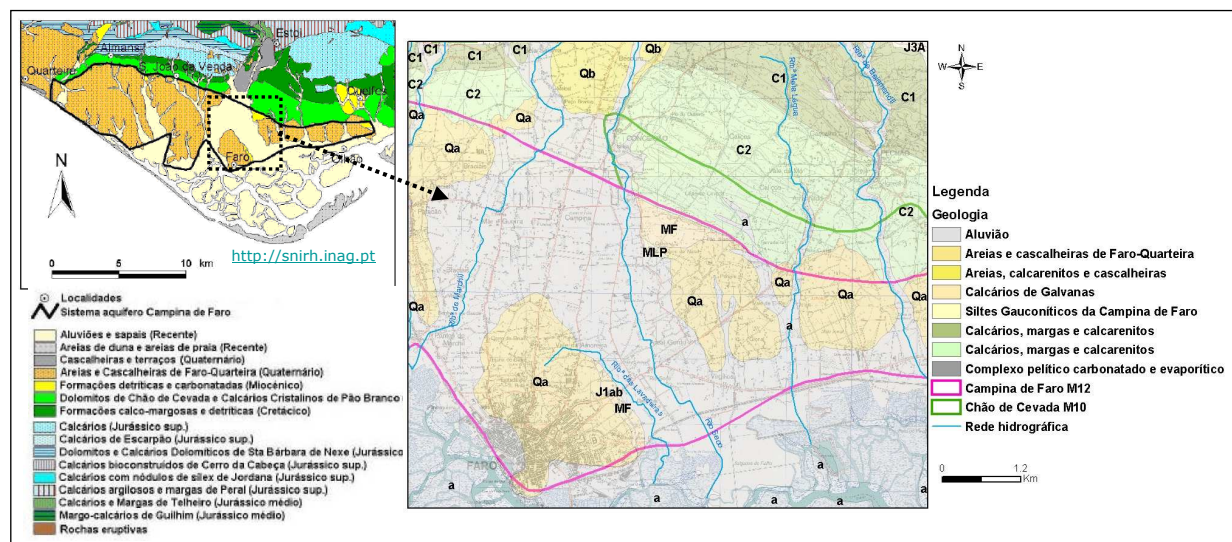


Figura 3.8 – Localização da área de estudo no sistema aquífero da Campina de Faro e mapa geológico

Em termos estruturais a bacia Algarvia, que engloba a área de estudo, pode ser simplificada por um monoclin, inclinado para Sul (Silva, 1984; Manuppella *et al.*, 1987), com uma sequência de formações sedimentares de idades compreendidas entre o Jurássico e o Miocénico. No entanto existiu uma forte tectonização e compartimentação da bacia sedimentar (Costa *et al.*, 1985). A salientar a

estrutura em forma de *graben*, controlada por falhas, que se formou na região da Campina de Faro no final do Cretácico (Silva, 1988).

Na área afloram formações com idades desde o Jurássico ao Holocénico. A formação mais antiga aflora SE da cidade de Faro (perto da Ponte das Lavadeiras), onde é observada num pequeno afloramento. É constituída por gessos brancos e margas avermelhadas (Manuppella *et al.*, 1987), do Complexo pelítico carbonatado e evaporítico de Silves do Jurássico (Hetangiano-Retiano). Parece ser a origem da elevação topográfica da cidade de Faro e está relacionado com actividade diapírica (Stigter, 2005). Este Complexo foi identificado subterraneamente, em termos de forma e profundidade, por processos geofísicos ([Victor *et al.*, 1978 e Santos, 1985] *in* Silva, 1988) e foi igualmente detectado em duas sondagens para captação de água (aos 91 e 120 metros de profundidades) (Silva, 1988).

Das restantes formações que ocupam uma importante parte da área aflorante da zona de estudo destacam-se os aluviões do Holocénico, as areias e cascalheiras de Faro de idade Plio-Quaternária e os pequenos afloramentos de calcários do Miocénico. Já fora da área de estudo, junto ao limite Norte e para leste do rio Seco, surgem as formações cretácicas.

Cretácico (C)

As formações cretácicas são formadas essencialmente, do topo para a base, por calcários, margas e dolomitos (Aptiano-Albiano), conglomerados, arenitos finos a grosseiros, argilas, dolomites, calcários arenosos e margosos (Berriasiano – Barremiano) (Costa *et al.*, 1985 e Manuppella *et al.*, 1987). O ambiente sedimentar nesta idade geológica era continental a marinho, pouco profundo (Geirnaert *et al.*, 1994 *in* Stigter, 1996). Estas formações mergulham para Sul (20°-30°) e afloram na zona NW da área de estudo. O topo desta formação encontra-se a profundidades superiores a 200 metros, perto da cidade de Faro (Stigter, 2000).

Miocénico (M)

Os três afloramentos na área de estudo de idade miocénica correspondem aos Calcários de Galvanas (que afloram em Galvana), aos Siltes Glauconíticos da Campina de Faro (uma estreita faixa que aflora a SE de Faro) e aos Conglomerados de Galvanas, pertencentes à Formação de Cacela (que afloram a Norte de Galvana).

Os Calcários de Galvanas foram atravessados por uma sondagem na Campina de Faro, entre 48 e 117 m de profundidade, apontando para uma espessura real de 50 metros. Esta unidade é formada por biocalcarenitos muito grosseiros, com seixos rolados de quartzo e abundantes moluscos. Têm uma acentuada deformação, bem visível próximo de Galvanas, onde se verificam inclinações de cerca de 80° para Sul (Manuppella *et al.*, 1987).

Os Siltes Glauconíticos da Campina de Faro assentam em discordância angular sobre a formação anterior. Em termos litológicos esta unidade inclui siltes, localmente ricos em glauconite, na zona de Galvana e fácies mais grosseiras e carbonatadas com fósseis, na zona mais perto da cidade de Faro, Ponte das Lavadeiras (Manuppella *et al.*, 1987).

Os Conglomerados de Galvanas estão representados por um conglomerado poligénico, com blocos de calcários do Jurássico, de rochas sedimentares ou de rochas ígneas (Manuppella *et al.*, 1987). Esta formação marca uma importante fase tectónica que assinala a discordância angular entre o Miocénico Superior e o Miocénico Inferior (Costa *et al.*, 1985).

Silva (1988) refere o Miocénico da Campina de Faro com uma litologia essencialmente carbonatada, que varia entre arenitos carbonatados, de grão fino a médio, cor amarelada, por vezes fossilíferos, calcarenitos fossilíferos esbranquiçados e calcarenitos bastante fossilíferos, por vezes lumachélicos. A fracção carbonatada varia entre 60% a 95%, com uma tendência decrescente da base para o topo. Este autor refere ainda que a presença de margas parece ser muito irregular.

Apesar dos afloramentos das formações do Miocénico serem poucos e de pequena dimensão, a espessura desta formação é muito variável, podendo atingir grandes profundidades. De acordo com Manuppella *et al.* (1987), a deformação que afectou estes depósitos pode explicar a sua aparente espessura, superior relativamente à sua espessura real. A série Miocénica, de estrutura sub-horizontal, assenta em discordância sobre o Mesozóico e aumenta de espessura de E para W e de N para S. Depositou-se numa estrutura tipo *graben*, com falhas de alinhamento N-S (Geinaert *et al.*, 1982), formada no final do Cretácico, quando os calcários e mais tarde as areias finas e margas, ambos do Miocénico, se depositaram. O resultado é uma estrutura em forma de degraus (Silva *et al.*, 1986 e Silva, 1988). A maior espessura verificada nas formações miocénicas ocorre entre duas falhas, uma a W, que acompanha a Estrada de Faro-Portimão e se estende até ao Patacão, e outra a E, perto do limite com as formações cretácicas e perto da vila de Conceição (Geinaert *et al.*, 1982). De assinalar que as direcções destas falhas estão reflectidas nos alinhamentos dos cursos de água da ribeira do Biogal (W) e do rio Seco (E) (Silva, 1988). Para Leste da falha de Faro-Patacão, a espessura das formações miocénicas decresce consideravelmente.

Segundo vários autores, a espessura total do Miocénico não é constante. Estudos geofísicos desenvolvidos por Geirnaert *et al.* (1982), entre Faro e Quarteira indicaram profundidades entre 100 a 300 metros para a base do Miocénico; também um furo, localizado em Carreiros (designado de JK15) atravessou formações miocénicas até aos 260 metros de profundidade (Silva, 1988). Este autor refere uma espessura superior a 200 metros na zona da Campina de Faro. Com base em vários *logs* de sondagens, Silva (1988) interpolou uma superfície que corresponde ao tecto das formações do Miocénico (ver Figura 3.9). Observa-se uma superfície irregular, com uma depressão acentuada a SW de Carreiros. A profundidade do topo das formações do Miocénico varia entre 3 e 25 metros abaixo da superfície do solo (Silva, 1988).

Plistocénico e Holocénico (Q)

As formações de cobertura do Miocénico são depósitos de areias, arenitos argilosos, cascalheiras e conglomerados do Plio-Quaternário, designados por Formação de Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira. Afloram em grandes retalhos a NW da área e também na cidade de Faro. Os arenitos argilosos são considerados por Silva (1988) como uma formação detrítica continental.

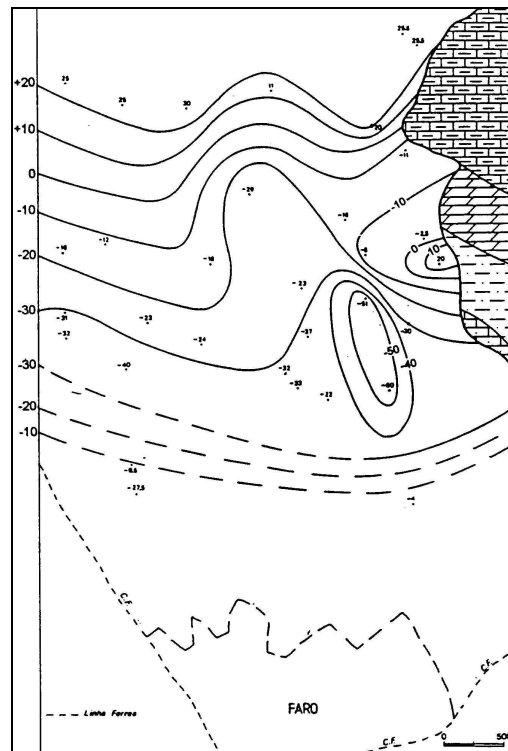


Figura 3.9 – Topografia da superfície do topo da formação do Miocénico na região da Campina de Faro (extraído de Silva, 1988)

A espessura das formações do Plio-Quaternário é também muito variável. Stigter (2000) refere que a sua espessura pode variar entre 8 e 50 metros. Moura e Boski (1994, *in* INAG, 2000) referem uma espessura máxima de 30 metros. Silva (1988) refere uma espessura média de 25 metros, que pode chegar aos 60 metros nalguns locais, designadamente entre a Quinta do Cuco e Carreiros de Baixo, na estrada de Faro-Conceição.

Devido à erosão fluvial e marinha durante o Holocénico, a espessura destes depósitos do Plio-Quaternário pode ser inferior. Uma fina camada de siltes e argilas do Holocénico, de origem marinha, fluvial e aluvial, depositou-se no interior das zonas erodidas e a sua espessura pode assim chegar aos 10 metros.

As formações do Holocénico que afloram na área de estudo são as aluviões, representadas numa extensa área da Campina da Faro, e os terraços fluviais, que surgem nas margens do rio Seco.

As aluviões são formadas por níveis argilo-arenosos que se sobrepõem a outros mais grosseiros, segundo informação de um furo em Carreiros (JK15), perto do rio Seco. Apresentam, neste local, uma espessura de cerca de 20 metros (Manuppella *et al.*, 1987). Silva (1988) refere a sua natureza silto-argilosa, com calhaus rolados provenientes da desagregação das formações existentes a montante dos cursos de água, e assinala cerca de 1 metro para a sua espessura.

Os terraços fluviais são depósitos mal calibrados, constituídos por cascalheira grosseira e calhaus envolvidos numa matriz argilo-arenosa. No rio Seco atingem uma espessura de 3 metros e a cota de 15-17 metros (Silva, 1988).

As zonas de sapal da Ria Formosa, não fazem parte da área de estudo, constituindo a zona de descarga no limite Sul da área. Segundo Manuppella *et al.* (1987), a área de sapal é formada entre as ilhas barreira da Ria e são compostas por lodos, expostos em maior área quando em baixa-mar. São materiais silto-argilosos, por vezes contendo areias finas e médias, ricos em matéria orgânica. São depósitos aluvionares salinizados, condicionados pela dinâmica fluvio-marinha (Silva, 1988).

A Figura 3.10 apresenta dois perfis geológicos localizados na parte central da Campina de Faro e na região de Olhão (adaptado de Silva *et al.*, 1986).

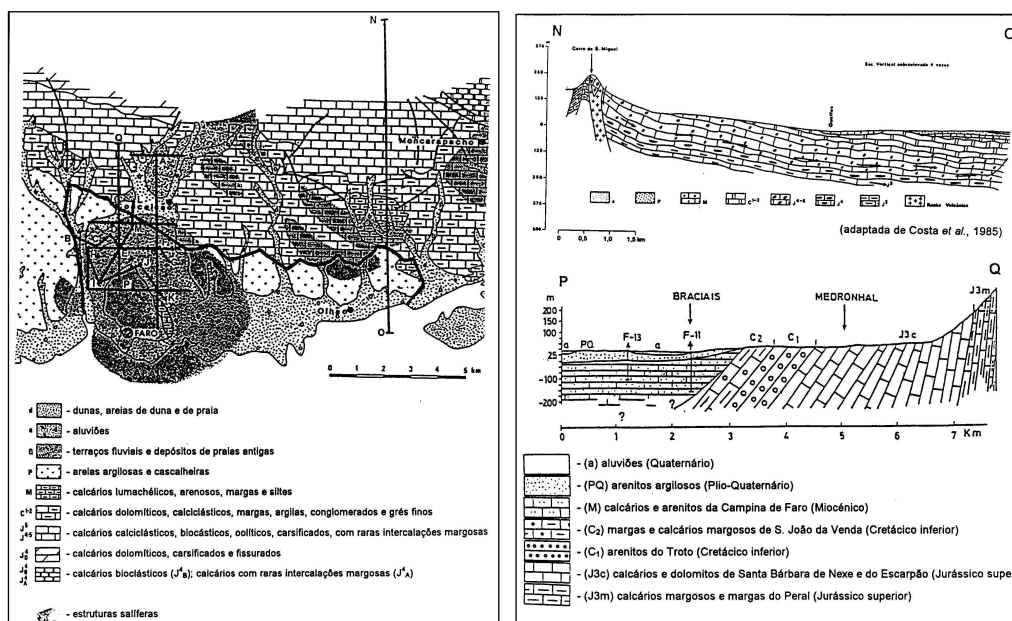


Figura 3.10 – Perfis geológicos na Campina de Faro e sua localização no mapa geológico (adaptado de Silva *et al.*, 1986)

3.5 Caracterização hidrogeológica

Em termos hidrogeológicos o sistema da Campina de Faro caracteriza-se por três aquíferos. As formações cretácicas dão origem ao aquífero mais antigo que ocorre na zona da Campina de Faro, o aquífero Cretácico, que se designou de primeiro aquífero. A sua espessura é superior a 1000 metros (Manuppella, 1992, *in* Stigter, 2005).

O segundo aquífero da região é formado pelos calcarenitos, ricos em fósseis do Miocénico e trata-se de um aquífero confinado. Alguns autores consideram que o nível mais superficial de sedimentos detríticos subjacente aos sedimentos carbonatados fazem parte integrante deste aquífero, outros referem apenas as formações carbonatadas. Considerou-se nesta análise a segunda abordagem.

O terceiro aquífero é formado pelas areias finas do Miocénico e pelas areias e cascalheiras do Plio-Quaternário. Apesar de parcialmente coberto por materiais do Holocénico, é considerado um aquífero freático, uma vez que a espessura destes depósitos de cobertura é pequena para lhe dar características de confinamento. A espessura do aquífero Mio-Plio-Quaternário é muito irregular, uma vez que assenta sobre as formações carbonatadas do Miocénico, cujo topo corresponde a uma superfície pouco regular, como se referiu atrás.

Alguns autores referem a existência de um nível confinante situado entre o segundo e o terceiro aquífero. Esta constatação apoia-se na observação de *logs* de sondagens, na existência de um ensaio de caudal que revelou a independência dos dois aquíferos e na existência, em tempos, de artesianismo repuxante em alguns furos (PBHRA, 2000). De acordo com Silva *et al.* (1986), esta separação é realizada por vários níveis arenosos, siltosos e argilosos de espessura variável, com aparente continuidade lateral. No entanto, não se pode excluir a possibilidade de uma conexão hidráulica em alguns sectores, onde estes níveis confinantes estejam ausentes (Almeida *et al.*, 2000). Todavia, esta conexão hidráulica, entre o aquífero freático e aquífero confinado do Miocénico subjacente, foi eventualmente causada, de forma artificial, no interior de poços de grande diâmetro, designados vulgarmente por noras, existentes em grande número na zona agrícola da Campina de Faro, que extraíam água do aquífero superior. Para satisfazer as necessidades crescentes de abastecimento foi necessária a construção de furos, no fundo destes poços, que passaram a extrair água do aquífero confinado subjacente, permitindo desta forma uma ligação hidráulica entre ambos os aquíferos. Por sua vez, esta conexão entre os dois aquíferos facilita a contaminação do aquífero profundo.

Moinante *et al.* (1994) agrupou o sistema aquífero da Campina de Faro numa unidade hidrogeológica designada por ALG-5, que incluiu cinco unidades: (1) Unidade de Albufeira-Ribeira de Quarteira; (2) Unidade de Ribeira de Quarteira-Montenegro; (3) Unidade da Campina de Faro; (4) Unidade Superficial Detrítica; (5) Unidade de Vila Real de Santo António. A Unidade 3 corresponde ao aquífero confinado do Miocénico e a Unidade 4 ao aquífero freático do Quaternário, ambos descritos anteriormente. Estes dois aquíferos serão objecto de estudo mais pormenorizado no decorrer do desenvolvimento desta Tese.

3.6 Tectónica

A área de estudo apresenta, em termos estruturais, dobras e falhas com domínio da tectónica diapírica e/ou extrusiva (Manuppella *et al.*, 1987). A deformação tectónica tem um carácter polifásico, tendo sido identificadas cinco fases de deformação, desde o Cretácico até à época actual (Lepvrier e Mougénout, 1982; Grillot e Almeida, 1981-82, *in* Silva *et al.*, 1986). Geirnaert (1994) salienta que a tectónica de placas pode explicar a tectónica regional do Algarve. Este autor refere que, durante o primeiro *rifting* que ocorreu no Triásico (ligado com a abertura do Atlântico), formou-se uma grande falha transformante E-W que causou distensões N-S, dando origem à formação de bacias E-W, preenchidas mais tarde por depósitos continentais e sedimentos marinhos pouco profundos. A subsidência da bacia explica a deposição das séries evaporíticas (Silva, 1984).

Durante o Jurásico inferior-médio (Lias-Dogger) ocorre a transgressão que deu origem à deposição das séries dolomíticas e carbonatadas. No Jurásico médio (Dogger), a movimentação da flexura Norte gera uma fase regressiva (Silva, 1984). Durante este período ocorrem os primeiros movimentos tectónicos e durante o Jurásico inferior (Malm) ocorre o segundo *rifting*, que permitiu a sedimentação da sequência sedimentar. Durante esta altura dão-se movimentos distensivos que provocam basculamento nos diferentes blocos. Esta tectónica manifesta-se através de conglomerados, como é exemplo o conglomerado de Vale Judeu, que assina o terceiro *rifting* (Manuppella *et al.*, 1987).

Durante o Cretácico inferior, a região Algarvia foi afectada por fenómenos de subsidência, que ocorreram de forma mais lenta na zona Norte do que na zona Sul da região, resultando a deposição de calcários mais a Norte e de margas e calcários margosos mais a Sul (Geirnaert, 1994), sendo a sedimentação caracterizada por um período transgressivo (Silva, 1988). A partir do Cretácico médio, esforços tectónicos compressivos S-N, a rotação da península e a instalação do maciço de Monchique são os fenómenos responsáveis pela emergência das formações depositadas e pela ausência de sedimentação até ao Miocénico (Silva, 1984).

Mais precisamente durante o Eocénico-Oligocénico, a placa Africana aproximou-se do maciço Ibérico resultando a compressão da região Algarvia e a formação de estruturas em anticlinal com eixo E-W, falhas inversas E-W e falhas *wrench* NNW-SSE e NE-SW (Geirnaert, 1994). No final do Oligocénico dá-se a erosão da bacia (Silva, 1988). Uma nova transgressão, durante o Neogénico, vai permitir a sedimentação dos sedimentos carbonatados do Miocénico inferior e silto-arenosos do Miocénico médio (Manuppella *et al.*, 1987), discordantes sobre as formações mesozóicas (Silva, 1984). Durante a passagem para o Miocénico superior, dá-se a primeira compressão báltica, que provoca o levantamento da bacia, dobramento da sequência sedimentar, rejogo do díapiro e dos acidentes E-W (Manuppella *et al.*, 1987). Durante o Plistocénico uma distensão E-W gerou actividade tectónica com a formação de *grabens* (Geirnaert, 1994, *in* Ooijen *et al.*, 1996). Mais recentemente, existem evidências de que a bacia Algarvia se encontra numa fase compressiva, de que são exemplos os movimentos verticais que afectam sedimentos recentes, como as Areias de Faro-Quarteira (Manuppella *et al.*, 1987).

3.7 Inventário de informação hidrogeológica

No âmbito deste estudo foi realizado o inventário pormenorizado de informação hidrogeológica relativa a cada ponto de água localizado na área de estudo, que ocupa essencialmente a zona central do sistema aquífero da Campina de Faro. A estrutura da base de dados, criada em Microsoft Access e já existente no LNEC (Oliveira e Lobo Ferreira, 1995; Oliveira *et al.*, 1997) serviu de base para o armazenamento desta informação. A base de dados específica para esta área de estudo designou-se <INVENTAR_Faro.mdbMDB> e compreende 15 tabelas preenchidas com informação diversa relativa a cada ponto de água inventariado. O Quadro 3.3 mostra a designação dada a cada tabela e o tipo de informação que esta pode conter. A tabela principal designada de “características” contém a informação sobre a localização do ponto de água e outras informações gerais. A Figura 3.11 mostra as diversas tabelas da base de dados com informação sobre litologia, piezometria, parâmetros de qualidade da água, volumes de extracção, ensaios de caudal, entre outras, e exemplifica a informação de uma delas.

A informação inventariada tem as seguintes fontes: SNIRH – “Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos”, <http://snirh.inag.pt/>; ARH-Algarve “Administração de Região Hidrográfica” (ex-CCDR-Algarve – “Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve”), empresa de prospecção Acavaco e Tese de Doutoramento de Stigter (2005). Diz respeito a cerca de 330 pontos de água localizados, essencialmente, nos sistemas aquíferos da Campina de Faro, de São João da Venda-Quelfes e de Chão de Cevada-Quinta João de Ourém. A Figura 3.12 apresenta a localização dos pontos com informação disponível na base de dados e a Figura 3.13 mostra um plano ampliado para a área de estudo e um pormenor de poço típico da região (nora).

Quadro 3.3 – Listagem das tabelas disponíveis na base de dados INVENTAR_Faro e a informação que cada uma contém (Oliveira e Lobo Ferreira, 1995; Oliveira et al., 1997)

Tabela	Descrição do conteúdo
CARACTERISTICAS	Esta tabela fornece informação sobre a localização geográfica de cada ponto de água e sobre outras características gerais.
LITOLOGIA	Esta tabela contém informação disponível sobre a coluna litológica de cada ponto de água.
ENTUBAMENTO	Esta tabela contém informação sobre a profundidade e o diâmetro do entubamento do furo.
RALOS	Esta tabela contém informação sobre a profundidade dos ralos do furo.
REVESTIMENTO	Esta tabela contém informação sobre a posição das secções de isolamento do furo e o tipo de material de isolamento.
NÍVEIS	Esta tabela contém informação sobre a profundidade ao nível piezométrico.
ENSAIOS	Esta tabela contém informação relativa aos ensaios de caudal realizados no furo.
PROPRIEDADES HIDRÁULICAS	Esta tabela contém informação sobre as características hidráulicas do aquífero.
QUALIDADE CAMPO	Esta tabela contém informação sobre os valores medidos no campo de parâmetros físico-químicos.
QUALIDADE	Esta tabela contém informação sobre os resultados das análises químicas realizadas às amostras de água.
VOLUME	Esta tabela contém informação sobre os caudais de extracção do aquífero.
AQUÍFERO	Esta tabela contém informação sobre o sistema aquífero relativo a cada ponto de água.
TEXTO	Esta tabela permite a escrita de observações e informações adicionais sobre o ponto de água.

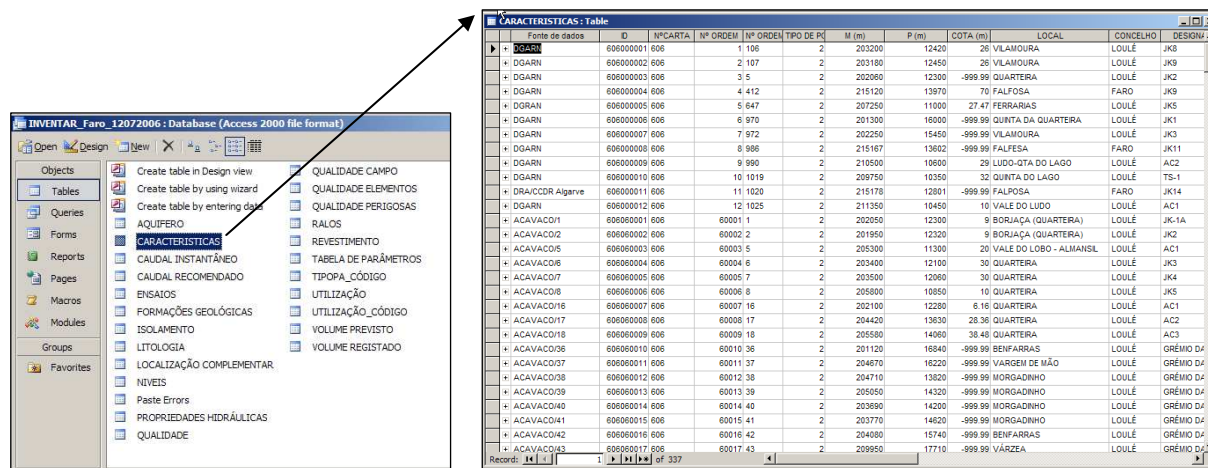


Figura 3.11 – Base de dados do LNEC INVENTAR_Faro

Na área de estudo existem diferentes tipos de pontos de água: 1) poços de grande diâmetro (5 metros) designados vulgarmente por noras, por disporem de um engenho utilizado em tempos para retirar água; (2) poços de grande diâmetro com um ou dois furos, construídos no fundo do poço quando os poços originais deixaram de ser produtivos e normalmente a extrair água do aquífero mais profundo e confinado (este tipo de furos possibilitam a mistura de água proveniente de dois aquíferos diferentes), (3) furos que apenas estão a explorar o aquífero confinado (calcarenito do Miocénico).

Continente e na Região Autónoma dos Açores, revogando a Portaria n.º 258/2003, de 19 de Março, que por sua vez revogou a Portaria n.º 1037/97, de 1 de Outubro. A Figura 3.14 apresenta um mapa do IDRHA (Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica) com a sua localização geográfica e a rede de monitorização de qualidade do SNIRH/INAG. A ZVF ocupa uma superfície total de 98 km² e integra parte dos concelhos de Faro (freguesias de St.^a Bárbara de Nexe, Estoi, Conceição, S. Pedro, Montenegro e Sé), Olhão (freguesias de Olhão, Pechão e Quelfes) e Loulé (freguesia de Almancil).

A ZVF estende-se desde a subzona do barrocal, onde o regadio permitiu a instalação de pomares de citrinos, algumas prunóideas e vinha, coexistindo com as culturas tradicionais, até à zona litoral, onde se destaca a Campina de Faro, ocupada principalmente com hortícolas e pomares de citrinos. Segundo Monteiro (2007), a horticultura tem sofrido um decréscimo significativo nos últimos anos, estimando um retrocesso na área de estufas perto dos 50%.

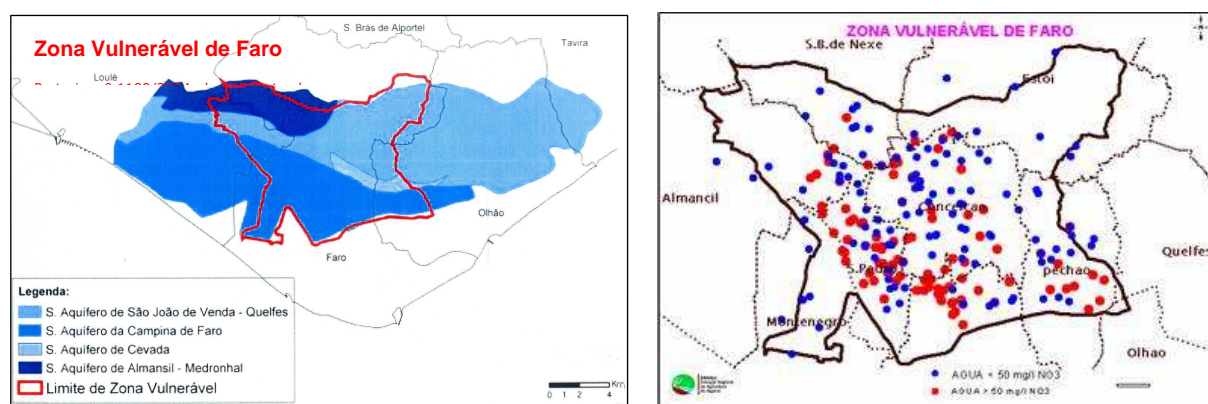


Figura 3.14 – Delimitação geográfica da Zona Vulnerável de Faro, sistemas aquíferos incluídos (IDRHA) e rede de monitorização do SNIRH/INAG

A designação da ZVF foi baseada em valores elevados da concentração de nitratos, detectados em amostras de água provenientes dos aquíferos superiores, acima do valor paramétrico (VP) (referido no Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto, que estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano), de 50 mg/L. Segundo Stigter (2005), existem variações temporais nestes valores de nitratos, mais pronunciadas num conjunto de furos que se localiza mais a Sul. Os furos que extraem do aquífero mais superficial revelam um efeito sazonal de baixa amplitude (25-50 mg/L), enquanto que os furos que extraem do aquífero mais profundo evidenciam oscilações mais pronunciadas em áreas onde existe uma diferença acentuada entre as concentrações detectadas nos dois aquíferos.

Foram igualmente identificados os sistemas aquíferos poluídos (cujos limites foram definidos pelo INAG), de Norte para Sul: sistema aquífero de Almancil-Medronhal (M9); sistema aquífero de Chão de Cevada-Qta. João de Ourém (M10); sistema aquífero de São João da Venda-Quelfes (M11); Miocénico e Jurássico da Campina de Faro (M12).

A Portaria n.º 591/2003, de 18 de Julho, que revoga a Portaria n.º 704/2001, aprova o Programa de Acção para a ZVF, que se traduz num conjunto de regras de actuação, quer em termos de boas práticas a seguir pelos agricultores, quer ao nível das acções de controlo e fiscalização a efectuar pelas entidades com competência nesta matéria, com o

objectivo de reduzir a poluição das águas subterrâneas causada ou induzida por nitratos de origem agrícola e impedir a propagação desta poluição.

Stigter (2005) refere que, até à data, a implementação dos Programas de Acção de boas práticas agrícolas não causou nenhum efeito na concentração de nitratos no aquífero superior, assim como não se observa qualquer tendência em nenhum dos furos monitorizados, com excepção de um furo localizado perto de um curso de água (rio Seco). De acordo com a distribuição espacial em Novembro de 2003, em cerca de 45% da área interpolada, não existem concentrações acima do VP de 50 mg/L. No entanto, a interpolação também revelou que a avaliação do nível de contaminação só é fiável para cerca de 60% da área, devido a existência de lacunas significativas na rede de monitorização e à sua pouca representatividade, pelo facto de que nem todos os furos estão a monitorizar o aquífero mais superficial, o primeiro a sofrer o impacto das actividades agrícolas.

Na Secção 3.16 serão aprofundados os aspectos relativos a concentração de nitratos na ZVF.

3.9 Caracterização hidráulica dos aquíferos

A caracterização hidráulica dos aquíferos da Campina de Faro foi realizada nos anos oitenta. Relativamente ao aquífero superior freático, Manuppella *et al.* (1987) e Silva (1988) pressupõem que a principal fonte de recarga é a precipitação directa e infiltração nas camadas detríticas de cobertura e a infiltração nos troços influentes dos cursos de água instalados em formações permeáveis, especificando o rio Seco que tem um comportamento influente no seu percurso pelo aquífero. Este comportamento é também referido por Almeida *et al.* (2000), que detecta uma diminuição progressiva do caudal no rio, para jusante de Estói, verificando perdas de caudal que poderão atingir os 100%. Geirnaert *et al.* (1982) referem igualmente a recarga a partir do rio Seco, que se torna influente a partir de Estói, e de falhas N-S existentes a NW de Faro. A recarga anual do aquífero superficial tomará valores que são proporcionais aos excedentes hídricos, decrescentes de Norte para Sul como consequência da diminuição da precipitação e do aumento da evapotranspiração real (Manuppella *et al.*, 1987).

No caso do aquífero confinado Miocénico, porque existem poucos afloramentos na área de estudo, a recarga terá de ser feita de forma indirecta (Almeida *et al.*, 2000). Neste caso, Silva (1988) destaca outra forma de recarga mais significativa, por circulação profunda de águas infiltradas nas formações jurássicas a Norte, funcionando as falhas identificadas como veículo de ascensão de águas profundas, facilitando assim o processo de recarga. Refere igualmente que esta circulação profunda é a hipótese que melhor explica o equilíbrio entre as entradas e saídas de água do sistema aquífero. Do mesmo modo também Manuppella *et al.* (1987) salienta que as zonas preferenciais de recarga se localizam a Norte, onde afloram os aquíferos superiores ante-miocénicos (formações do Jurássico e do Cretácico) dotados de elevadas permeabilidades, altos gradientes hidráulicos e consequentemente, elevadas velocidades de escoamento.

A descarga dos aquíferos de idades ante-miocénico superior são efectuadas directamente para o Miocénico. Nos aquíferos profundos as descargas fazem-se directamente para o

mar e/ou para os aquíferos contíguos sobrejacentes através de aquíferos intercalados, facilitados pelos potenciais hidráulicos e tectonização existente (Manuppella *et al.*, 1987).

Silva *et al.* (1986) desenvolveram um modelo de escoamento subterrâneo na zona da Campina de Faro e de Olhão, para os aquíferos superior e inferior, com base nos resultados das campanhas realizadas em 1983 e 1984 (Figura 3.15). Na zona da Campina de Faro encontraram níveis piezométricos abaixo do nível médio do mar, no final do período seco. Esta situação era mais acentuada no aquífero confinado, dando origem a fluxos descendentes do aquífero freático para o confinado, numa área considerável. Detectaram também uma atenuação desta situação durante o período de recarga do aquífero. O fluxo subterrâneo converge para a zona central-oriental da bacia em ambos os aquíferos e períodos analisados, reflectindo o volume elevado que estava a ser extraído durante o período analisado.

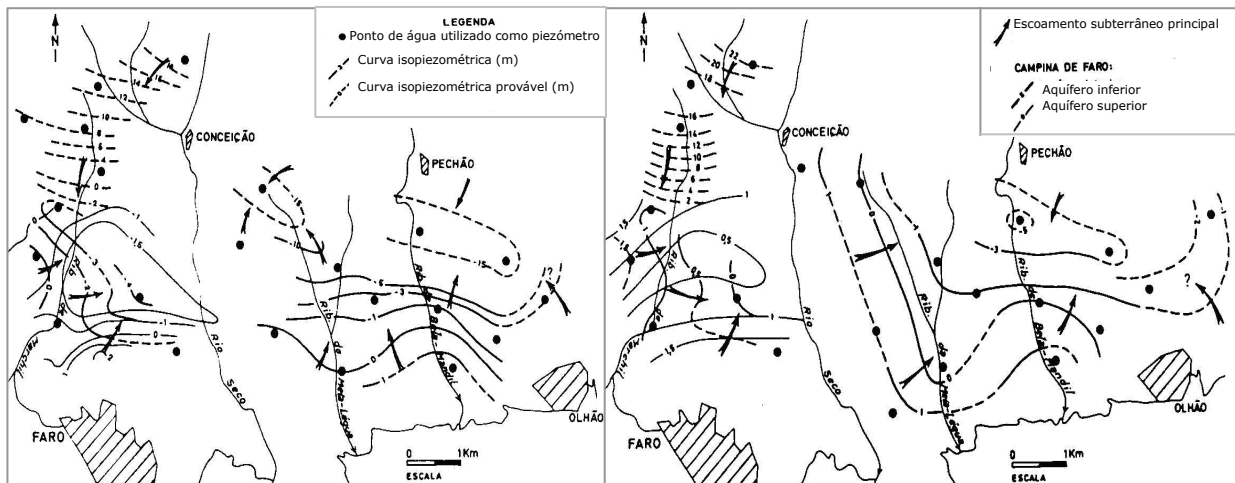


Figura 3.15 – Modelo de escoamento subterrâneo desenvolvido na zona da Campina de Faro, para dois períodos: Outubro/Novembro de 1983 e Abril de 1984 (extraído de Silva *et al.*, 1986)

A direcção e sentido de fluxo nos aquíferos mais superficiais, também os mais explorados, são semelhantes ao da rede de drenagem superficial. Na área compreendida entre Conceição e Faro registou-se uma grande depressão piezométrica, gerada nos anos oitenta, em consequência dos elevados volumes de extracção e do grande número de captações existentes neste local (Manuppella *et al.*, 1987). Estes autores referem o aquífero Miocénico como sendo o mais fortemente explorado e admitem uma interdependência entre reservatórios contíguos, a partir dos quais se realizam importantes transferências de água subterrânea, de modo a satisfazer as necessidades de abastecimento de água. Este tipo de recarga diferida entre aquíferos contíguos verifica-se especialmente nos locais onde a tectonização é mais intensa.

Silva (1988) refere que o escoamento subterrâneo no aquífero Miocénico normalmente se processa de Norte para Sul, com base nos mapas elaborados para dois períodos distintos: Abril de 1983 e Outubro de 1984 (Figura 3.16). Na zona a Este do rio Seco, a piezometria reflecte alguma sobre-exploração causada pelo uso intensivo para irrigação. Este autor refere a existência de duas anomalias na piezometria durante os anos oitenta: a) uma anomalia negativa, de cerca de -3 metros, em Outubro, menos acentuada após o período de Inverno e justificada pela extracção permanente de grandes volumes de água para abastecimento público e uso privado na agricultura; b) uma anomalia positiva, restrita à zona de Lejana de Baixo, em Outubro mas que em Abril se estende para uma

área maior até ao Patacão. Nos anos sessenta, os níveis piezométricos no aquífero freático estavam abaixo dos níveis no aquífero confinado. Esta situação começou a mudar com o começo da exploração do aquífero confinado do Miocénico para satisfazer as necessidades para fins agrícolas (Silva, 1988).

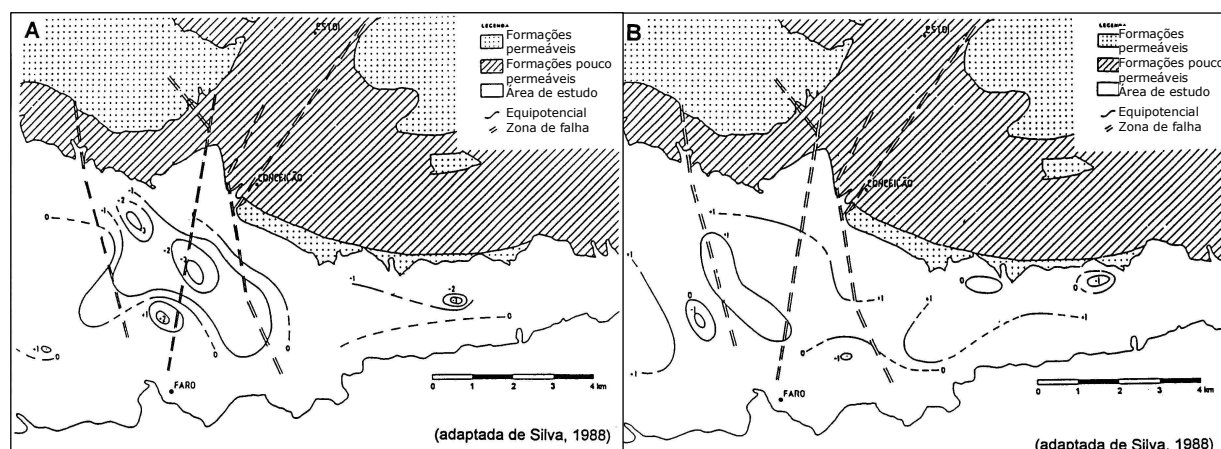


Figura 3.16 – Distribuição da piezometria definida para a unidade da Campina de Faro
A) Abril de 1983, (B) Outubro de 1984 (Silva, 1988)

De acordo com Almeida *et al.* (2000), a análise da piezometria no sistema aquífero (superficial) permitiu constatar que o fluxo é divergente para SE e SW a partir de uma zona central, onde os níveis estão mais altos. A evolução temporal da série de dados relativos ao período compreendido entre 1978 e 1999 permitiu verificar que a amplitude máxima de oscilação é de 15 metros, que a amplitude interanual é da ordem dos 2 a 3 metros e que os níveis mais baixos correspondem aos anos de 1983 e 1995 e os mais altos ao ano de 1990.

Uma análise mais recente, por Stigter (2005), refere que a direcção geral do fluxo subterrâneo na Campina de Faro é N-S, salientando o escoamento preferencial ao longo de falhas de direcção N-S. Refere também a presença de uma falha transformante na zona de Mar e Guerra - Galvana, de direcção NW-SE, que parece funcionar como uma barreira hidráulica ao escoamento natural. A análise da piezometria no período compreendido entre 1995 e 2003 revelou que a substituição da origem de água para abastecimento público urbano, em 1999 e o consequente encerramento de diversos furos de abastecimento urbano não causou um impacto significativo na piezometria. Contudo, as variações sazonais deixaram de ser tão pronunciadas devido à adição de uma nova componente de recarga, mantida pelo retorno da água de irrigação proveniente do abastecimento público com águas de superfície, que se verifica especialmente durante a estação seca. Outro aspecto que salienta é uma tendência de subida dos níveis nos últimos três anos, traduzindo uma diminuição das extracções pela desactivação dos furos de abastecimento.

3.10 Caracterização da piezometria com base nos resultados da Rede de Monitorização do SNIRH

A ARH-Algarve, com orientação do INAG, definiu uma rede de pontos de água para monitorização mensal da piezometria, a partir de 1995. A rede de monitorização inserida nos limites da ZVF compreende 32 pontos de água: 17 localizam-se no sistema aquífero M12; um no sistema aquífero M11; sete no sistema aquífero M10; sete no sistema aquífero M9 (Figura 3.17).

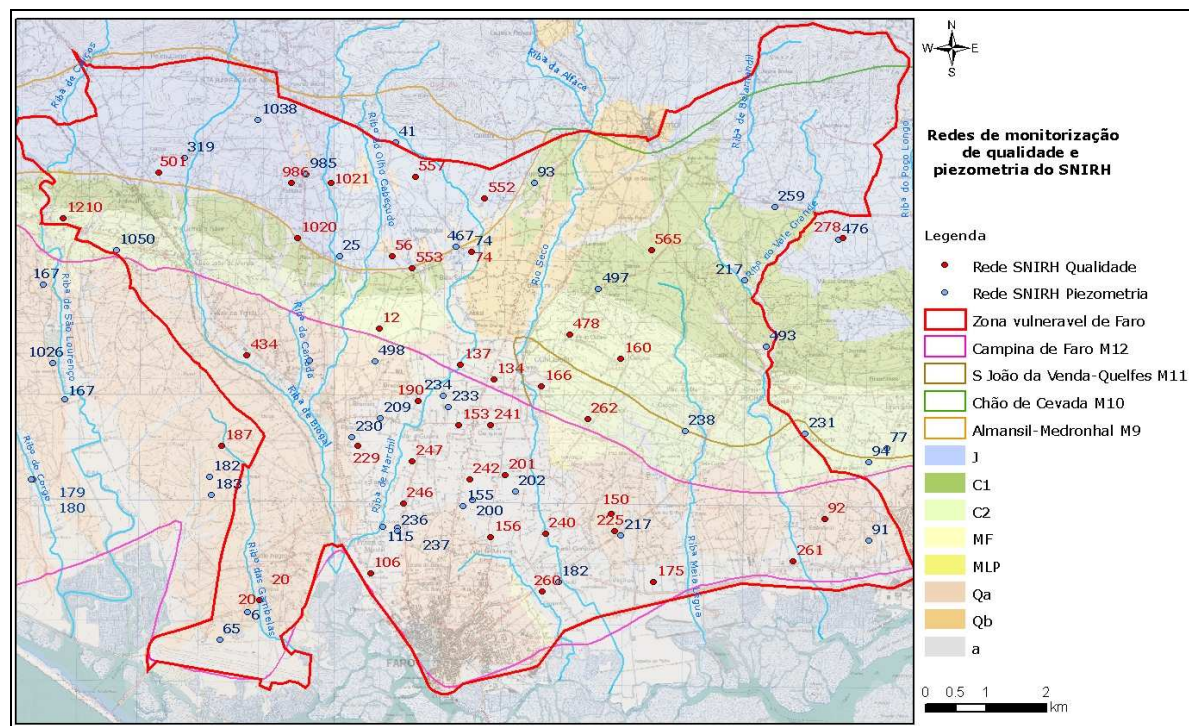


Figura 3.17 – Mapa de localização dos pontos de água monitorizados pelas redes do SNIRH de qualidade e piezometria.

No M12 onze furos, com profundidades que variam entre 40 e 202 m, monitorizam o aquífero confinado (dois estão inactivos), e seis poços monitorizam o aquífero freático (apenas um não tem furo no seu interior, três estão inactivos). A rede activa inclui apenas nove pontos de monitorização do aquífero confinado e três do aquífero freático. No M11 existe inventariado um furo; no M10 sete furos (três estão inactivos) e no M9 sete furos (dois estão inactivos).

Começaram por ser monitorizados treze furos em 1995 nos quatro aquíferos que integram a ZVF (um dos quais desde 1979), destacando-se um número mais relevante no M12, com dez furos. Desde então a rede tem vindo a ser alargada e actualmente são monitorizados um total de 22 furos, tendo dez ficado inactivos praticamente desde o início do registo. O Quadro 3.15 resume a informação relativa aos furos de monitorização da rede de piezometria do SNIRH.

Com base nas séries de dados piezométricos foram elaborados diagramas de caixa para cada furo (Figura 3.18) e calculados alguns parâmetros estatísticos (mínimo, média, máximo, amplitude máxima de variação, amplitude interanual média) (Quadro 3.15). A análise desta informação permitiu concluir que no aquífero freático, a amplitude máxima de oscilação do nível de água é de 8 m (611/91) e no aquífero confinado é de 19 m (611/234), para o período compreendido entre 1979 e 2007. No M10 a amplitude máxima de oscilação do nível piezométrico foi de 36 m (607/93), e de 43 m (606/985) no M9, para o período compreendido entre 1996 e 2007.

A distribuição dos pontos de observação da rede de monitorização está concentrada numa área muito restrita, no caso do aquífero confinado, e a informação é espacialmente insuficiente no caso do aquífero freático.

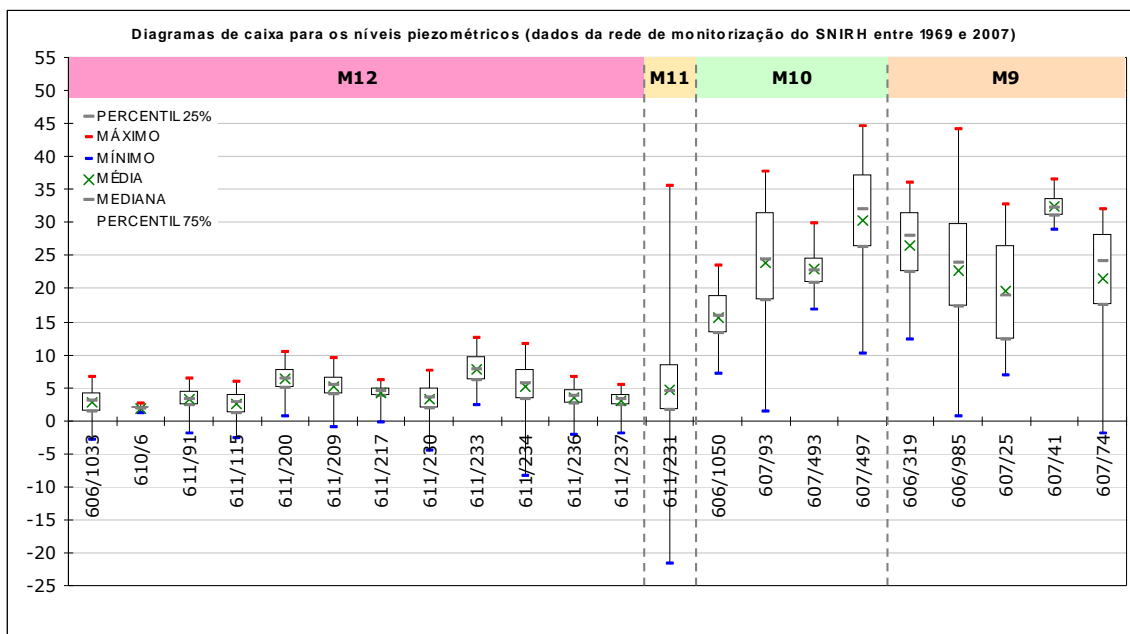


Figura 3.18 - Diagramas de caixa para os níveis piezométricos nos 22 furos activos da rede de monitorização do SNIRH inseridos na ZVF, entre 1969 e 2007.

Na Figura 3.19 e na Figura 3.20 pode observar-se a evolução da piezometria nos furos que captam o aquífero freático e o aquífero confinado do M12, com base nas séries de dados compreendidas entre 1995 e 2007. Foram também projectados em gráfico de barras os valores de precipitação mensal registados na estação de Estói e os respectivos valores anuais.

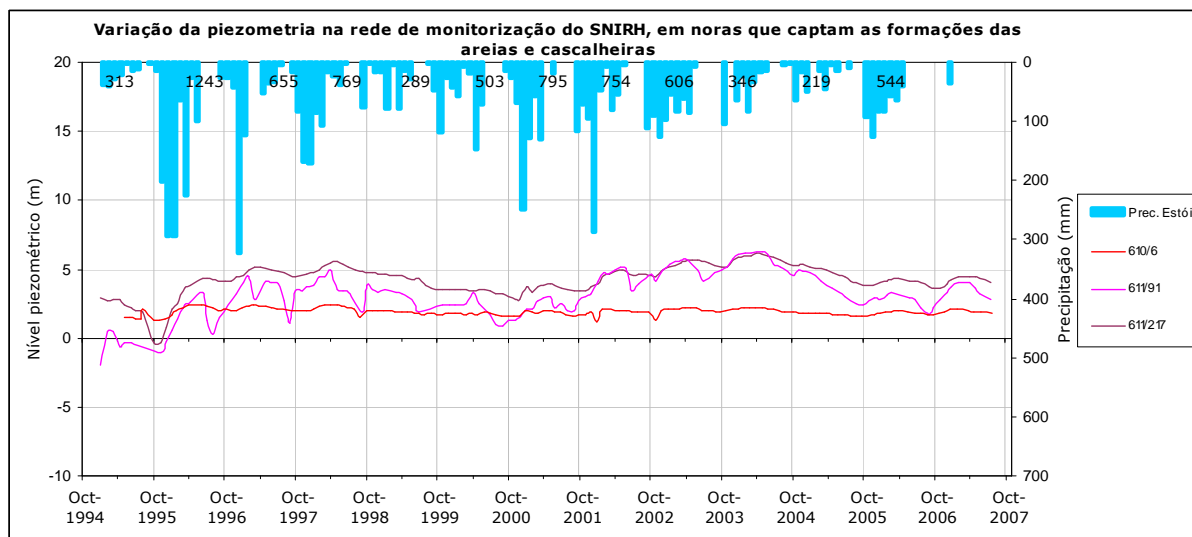


Figura 3.19 – Variação sazonal da piezometria na rede de monitorização do SNIRH observada em poços que captam o aquífero freático (areias e cascalheiras do Mio-Plio-Quaternário) no M12.

Os furos do aquífero freático revelam um comportamento muito diferenciado entre si, *i.e.*, o furo 610/06 tem uma evolução muito regular, o furo 611/91 apresenta variações muito pronunciadas onde são bem evidentes os efeitos sazonais e o furo 611/217 apresenta pequenas amplitudes de variação também reguladas pelos efeitos sazonais. Apenas o primeiro furo se encontra próximo de um curso de água (ribeira de Gambelas), contudo a pequena amplitude das variações não sugere uma ligação hidráulica com este curso de água. Em termos globais, os níveis subiram no ano hidrológico de 1995/96, no qual se registaram os valores máximos de precipitação (1243 mm) no período em

análise, e desceram após dois anos consecutivos com valores de precipitação muito baixos (346 mm e 219 mm), nos anos hidrológicos de 2003/04 e 2004/05. A análise correspondente aos furos do aquífero confinado revela igualmente efeitos de sazonalidade muito marcados, sendo agora mais pronunciadas as tendências gerais de evolução das séries já referidas. Neste gráfico é mais evidente a subida gradual dos níveis no final do período húmido dos anos hidrológicos de 2000/01 até 2003/04, coincidente com anos de precipitação moderada, mas também com o encerramento dos furos de abastecimento público na Campina de Faro.

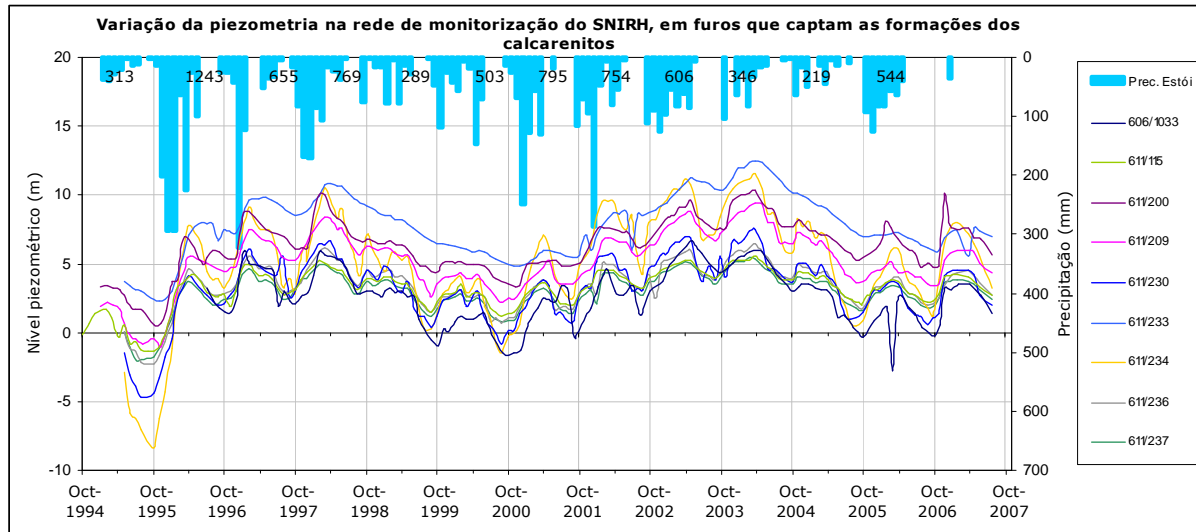


Figura 3.20 - Variação sazonal da piezometria na rede de monitorização do SNIRH observada em furos que captam o aquífero confinado (calcarenitos do Miocénico) no M12.

A distribuição espacial dos valores de piezometria relativos às estações seca e húmida do ano hidrológico de 2006/07 podem observar-se na Figura 3.21 e na Figura 3.22, respectivamente. Como seria de esperar, os níveis são mais baixos no final da estação seca.

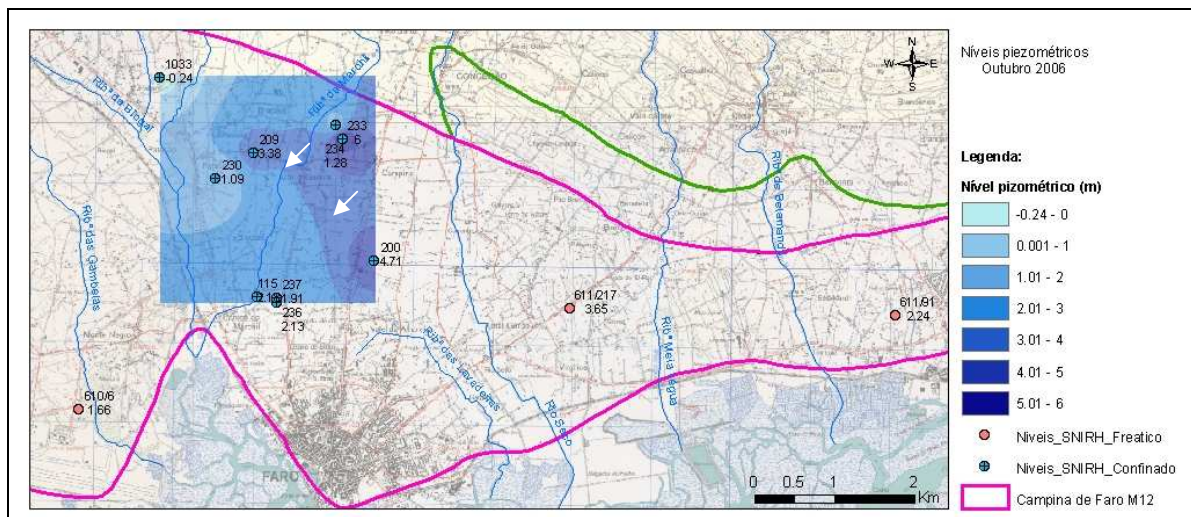


Figura 3.21 – Níveis piezométricos registados na rede de monitorização do SNIRH do aquífero freático e confinado relativos ao M12 e ZVF, em Outubro de 2006.

Quadro 3.4 - Caracterização de pontos de água pertencentes à rede de monitorização de piezometria do SNIRH inseridos na ZVF (a)

Nº DE INVENTÁRIO	M (m)	P (m)	REGIÃO	TIPO DE FURO	USO	AQUÍFERO CAPTADO	FORMAÇÃO/IDADE CAPTADA	PROF. do FURO (m)	ALTITUDE (m)	ESTADO DA REDE	INCIO DO REGISTO	FIM DE REGISTO	Nº DE VALORES DA SÉRIE	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS NÍVEL PIEZOMÉTRICO (m)				
														Min.	Méd.	Max.	Amp_int	Amp_max.
606/1033	215600	10570	Patação	FV	E	M12 - C		40	16,02	Activa	05/07/1996	07/08/2007	125	-2,81	2,68	6,65		9,46
607/498	216680	10550	Braciais	FV	E	M12 - C		70	25,00	Inactiva	04/04/2002	04/04/2002	1					
610/6	214580	6400	Vale das Almas	P+F	E	M12 - F	AMPQ	-	13,03	Activa	03/05/1995	03/08/2007	135	1,23	1,91	2,43		1,2
610/65	214120	5950	Arábia	P	E	M12 - F	AMPQ	15	12,00	Inactiva	05/06/1996	04/11/1997	5					
611/91	224850	7590	Horta do Barrote	P+F	E	M12 - F	AMPQ	-	15,50	Activa	06/01/1995	30/07/2007	126	-2	3,2	6,32		8,32
611/115	216816	7820	Senhora da Saúde	FV	O	M12 - C	CM	110	5,91	Activa	26/09/1979	03/08/2007	367	-2,63	2,44	5,91		8,54
611/155	218140	8160	Campina de Faro	P+F	E	M12 -		-	13,00	Inactiva	04/03/1997	04/03/1997	1					
611/182	219720	6910	Rio Seco	P+F	E	M12 -		-	7,72	Inactiva	01/08/1996	01/08/1996	1					
611/200	218295	8265	Campina de Faro	FV	O	M12 - C	CM	114	11,93	Activa	05/01/1995	03/08/2007	125	0,53	6,31	10,36		9,83
611/202	219005	8405	Carreiros	FV	E	M12 - C		83	13,00	Inactiva	02/09/1997	02/09/1997	1					
611/209	216775	9620	Mar e Guerra	FV	E	M12 - C		150	15,51	Activa	05/01/1995	03/08/2007	140	-1,04	5,22	9,39		10,43
611/217	220750	7670	Areal Gordo	P+F	E	M12 - F	AMPQ	-	17,93	Activa	06/01/1995	30/07/2007	142	-0,34	4,24	6,18		6,52
611/230	216300	9300	Patação	FV	O	M12 - C	CM	202	12,68	Activa	03/05/1995	03/08/2007	142	-4,7	3,26	7,48		12,18
611/233	217900	9800	Mar e Guerra	FV	O	M12 - C	AM	61	19,46	Activa	03/05/1995	03/08/2007	139	2,3	7,83	12,48		10,18
611/234	217810	9980	Mar e Guerra	FV	O	M12 - C	CM	200	19,4	Activa	03/05/1995	03/08/2007	141	-8,33	5,08	11,6		19,93
611/236	217060	7740	Quinta das Palmeiras	FV	E	M12 - C		160	10,36	Activa	03/05/1995	03/08/2007	141	-2,24	3,45	6,52		8,76
611/237	217060	7800	Quinta das Palmeiras	FV	O	M12 - C		62	10,19	Activa	03/05/1995	03/08/2007	141	-2,01	2,98	5,43		7,44
611/231	223800	9350	Belmonte	FV		M11			42,3	Activa	04/01/1995	30/07/2007	135	-21,79	4,69	35,5		57,29
606/1050	212400	12400	Torre	FV		M10			57,11	Activa	05/07/1996	07/08/2007	116	7,11	15,6	23,54		16,43
607/93	219320	13500	Arjona	FV		M10			51,61	Activa	07/06/1996	30/07/2007	127	1,38	23,94	37,61		36,23
607/217	222800	11900	Areia	FV		M10			48	Inactiva	02/09/1997	02/09/1997	1					
607/259	223300	13100	Ariolos	FV		M10			90	Inactiva	07/06/1996	05/11/1997	6					
607/493	223150	10800	Pechão	FV		M10			42,68	Activa	07/06/1996	30/07/2007	125	16,68	22,87	29,78		13,1
607/497	220380	11750	Chaveca	FV	ABU	M10	CJ	228	65	Activa	16/05/2002	30/07/2007	57	10,05	30,39	44,45		34,4
611/238	221810	9400	Arranhado	FV		M10			40,27	Inactiva	06/02/1995	02/03/1999	17					
606/319	213530	13920	Caligos			M9			52,46	Activa	07/06/1996	07/08/2007	76	12,34	26,59	35,91		23,57
606/985	215550	13650	Falfosa			M9			82,79	Activa	07/06/1996	07/08/2007	129	0,73	22,78	44,18		43,45
606/1038	214750	14550	Quinta da Floresta			M9			86,33	Inactiva	05/09/1996	05/03/1997	3					
607/25	216100	12300	Mata Lobos	FO		M9	CJ	51	45,1	Activa	07/06/1996	05/03/2001	52	6,76	19,56	32,63		25,87
607/41	217030	14180	Guilhim			M9			88,73	Activa	07/06/1996	07/08/2007	40	28,85	32,35	36,37		7,52
607/74	218280	12360	Bela Salema	FV	ABU	M9	CJ	40	37	Activa	16/05/2002	30/07/2007	57	-2,02	21,57	32		34,02
607/467	218020	12450	Medronhal			M9			42	Inactiva	03/04/1997	08/01/1998	9	17,15	22,79	29,2		12,05

(a) origem dos dados SNIRH, Faro_INVENTAR/LNEC, Stigter (2005)

Tipo de Furo: FV - furo vertical; P+F - Poço mais furo; P - poço

Uso: E - extracção; O - observação; ABU - abastecimento urbano

Aquífero captado: C - confinado F - freático

Sistemas aquíferos: M12 - Campina de Faro; M11 - São João da Venda-Quelfes; M10 - S. João da Venda-Quelfes; M9 - Almancil-Medronhal.

Formação/idade: AMPQ - areias do Mio-Plio-Quaternário; AM - areias do Miocénico; CM - calcarenito do Miocénico; CJ - calcários do Jurássico

Amp_int - Amplitude interanual média

Amp_max. - Amplitude máxima de oscilação

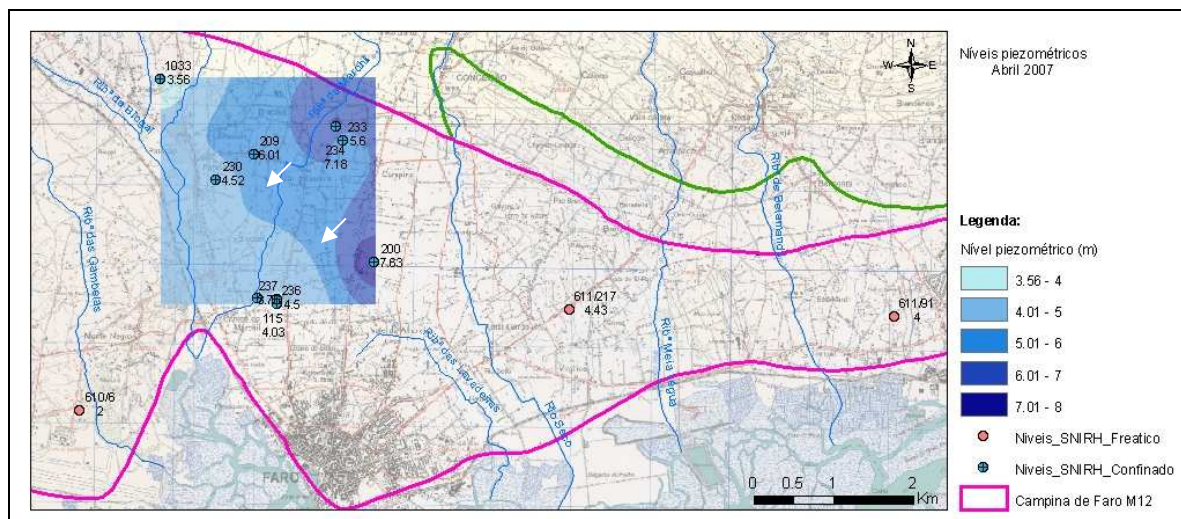


Figura 3.22 – Níveis piezométricos registados na rede de monitorização do SNIRH do aquífero freático e confinado relativos ao M12 e ZVF, em Abril de 2007.

3.11 Parâmetros hidráulicos

Os parâmetros hidráulicos dos aquíferos do sistema aquífero da Campina de Faro foram definidos por Silva (1988), Almeida *et al.* (2000) e Stigter (2005). O Quadro 3.5 resume a informação sobre transmissividade, coeficiente de armazenamento e produtividade das captações. Os dois primeiros parâmetros hidráulicos foram calculados a partir dos resultados dos ensaios de bombagem realizados nas formações Cretácicas, Miocénicas e Quaternárias. Os valores da permeabilidade e porosidade do Mio-Plio-Quaternário estão apresentados no Quadro 3.6 e foram obtidos por Silva (1988), através da aplicação de fórmulas empíricas relacionadas com a granulometria das amostras de solo, de ensaios *in situ* expeditos, tipo Le Franc e laboratoriais com permeâmetro. Os valores de permeabilidade variam entre $1,6 \times 10^{-7}$ e $9,3 \times 10^{-5}$ cm/s ($1,38 \times 10^{-4}$ e $8,04 \times 10^{-2}$ m/d) e referem-se ao aquífero freático.

Quadro 3.5 – Parâmetros hidráulicos características das formações aquíferas

	Transmissividade (m ² /d) Localidade do ensaio	Coefficiente de armazenamento	Produtividade (L/s)
Formações Cretácicas	311 - Mar e Guerra ^(c)	-	-
Formações Miocénicas carbonatadas	140 - 284 - Campina de Faro (prof. 260m) (RE) ^(a) 170 - 200 (RT) ^(a) 19, 33, 53 e 302 - Quinta do Lago ^(a) 397 - Gambelas ^(b)	0,001 ^(a) 0,00013 - Gambelas ^(b)	3 - 36 (32 captações) ^(a) 0,4 - 44 (média=7) ^(b)
Formações Mio-Plio-Quaternárias	-	-	1 ^(a)
Formações Quaternárias	4026 (Estrada do Medronhal - prof. 30m) ^(a)	0,04 (Estrada do Medronhal - prof. 30m) ^(a)	-

(a) Silva (1988); (b) Almeida *et al.* (2000); (c) Stigter (2005)
RE - Regime estacionário; RT - regime transitório

Stigter (2005) propõe valores de permeabilidade compreendidos entre 4,1 e 12,2 m/d, para as formações arenosas e entre 12,2 e 28,5 m/d, para os calcarenitos do Miocénico. Lobo Ferreira *et al.* (1995) menciona um valor superior a 81,5 m/d para as formações formações cársicas. Os valores propostos por Stigter (2005) basearam-se na análise de valores referidos na literatura, conjugados com os mencionados em tabelas de referência característicos do tipo de formação presente. A permeabilidade (K) do aquífero Miocénico foi estimada com base nos valores de transmissividade (T), referidos em Silva (1988), e na espessura da zona de ralos do furo (b), através seguinte expressão $K=T/b$, nomeadamente na Quinta do Lago 0,19 m/d ($19 \text{ m}^2/\text{d}/100 \text{ m}$); 0,51 m/d ($33 \text{ m}^2/\text{d}/64$

m); 1 m/d (53 m²/d/53 m); 4,44 m/d (302 m²/d/68 m); em Gambelas 3,97 m/d (397 m²/d/100 m) e na Campina de Faro 1,74 m/d (284 m²/d/163 m) (Lobo Ferreira *et al.*, 2006).

Quadro 3.6 – Valores de permeabilidade, porosidade total, retenção específica e cedência específica determinados no aquífero freático (Mio-Plio-Quaternário) com diferentes metodologias/ensaios (cf. Silva, 1988)

Metodologia	Permeabilidade (cm/s) Localidade	Ensaios laboratoriais (3)			Localidade
		Porosidade total (n _t)	Retenção específica (S _r)	Cedência específica (S _y = S)	
Método Caputo (1)	1,2x10 ⁻⁶ (diversos locais)	0,38	0,03	0,35	Ancão
Método Letourneur (2)	3,7x10 ⁻⁷ (Faro Hospital) 1,6x10 ⁻⁷ (Ancão) 2,6x10 ⁻⁷ (Ludo) 3,9x10 ⁻⁷ (Olhão)	0,30	0,02	0,28	Faro Hospital
Ensaios <i>in situ</i> LeFranc	1x10 ⁻⁶ (Areal Gordo) 3,3x10 ⁻⁶ (Montenegro) 1,9x10 ⁻⁶ (Areias de Almansil) 2,5x10 ⁻⁶ (Quarteira)	0,30	0,04	0,26	Praia de Vale do Lobo
Ensaios com permeâmetro (potencial constante)	8,6x10 ⁻⁶ (Ancão) 4,5x10 ⁻⁵ (Ludo) 9,3x10 ⁻⁵ (Olhão)	0,22	0,02	0,20	Praia Forte Novo
Ensaios com permeâmetro (potencial variável)	6,6x10 ⁻⁶ (Ancão) 3,5x10 ⁻⁵ (Ludo) 9,1x10 ⁻⁵ (Olhão)				
Média	1,67x10 ⁻² m/d				
Mínimo - máximo	1,38x10 ⁻⁴ – 8,04x10 ⁻² m/d				

(3) n_t = S_y + S_r
 S = S_y + hS_s = S_y para aquíferos livres = porosidade eficaz
 S = coeficiente de armazenamento para aquíferos freáticos
 S_s = armazenamento específico; h = espessura saturada

(1) K=C x D₁₀²; 100<C<150

(2) K=200 x e² x D₁₀²; e=n/(1-n)

3.12 Quantificação das extracções de água no aquífero

Até 1999 o abastecimento de água à cidade de Faro era exclusivamente feito a partir de águas subterrâneas. Após a construção da barragem de Odeleite, a sua activação em 1998, e a operação em conjunto com a barragem do Beliche, começou a substituição gradual do abastecimento urbano para as águas de origem superficial na zona Algarvia (Stigter, 2005), realizado pelo Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água ao Sotavento Algarvio, concessionado à empresa Águas do Sotavento Algarvio, S.A.. A substituição para o abastecimento público urbano a partir de águas de superfície, captadas em albufeiras, conduziu ao encerramento dos furos de extracção municipais.

Actualmente, no concelho de Faro, existem 15 furos de extracção para abastecimento público localizados nas vilas de Santa Bárbara de Nêxe, Estói e Conceição (INSAAR, 2002). Estes furos não estão em funcionamento, cinco dos quais encontram-se em fase de *stand-by* em Santa Bárbara de Nêxe (INSSAR, 2005).

A Figura 3.23 representa o volume extraído anualmente em 11 furos de captação municipais no concelho de Faro, entre 1968 e 1996 (extraída de Stigter, 2005, origem dos dados foi a ARH-Algarve). O Quadro 3.7 mostra algumas características destes furos. A maior parte extrai água proveniente das formações calcárias carsificadas de idade jurássica. Apenas três captam água nos calcarenitos do Miocénico na Campina de Faro e um nas dolomites do Cretácico. O volume extraído foi de 0,64 hm³ em 1983 (Silva, 1988), 0,70 hm³ em 1968, e o maior volume extraído atingiu os 3,7 hm³ em 1996 (Stigter, 2005). O valor estimado de uso de águas subterrâneas para fins agrícolas (rega) foi estimado pelo inventário da ARH-Algarve em 12 hm³/ano.

Na área de estudo existem mais de uma centena de captações privadas que continuam a extrair água dos aquíferos freático e confinado, para irrigação agrícola e abastecimento doméstico. Na área agrícola de Faro praticamente todos os residentes dispõem de um poço/furo. A intensa utilização da água subterrânea por residentes está relacionada com o baixo custo de extracção, comparativamente com o custo da água fornecida pelos serviços de abastecimento público urbano, ou em alguns casos, com a ausência do sistema de distribuição de abastecimento. Não se dispõe de informação sobre os caudais extraídos e períodos de tempo de extracção para estes furos privados, mas serão certamente elevados e as extracções mais frequentes durante o período da estação seca.

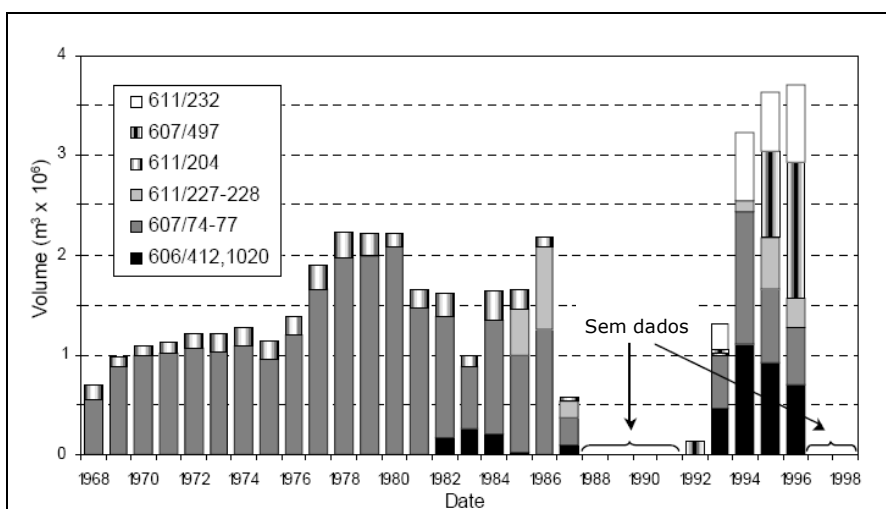


Figura 3.23 – Volume anual extraído dos furos de extracção municipais no concelho de Faro (cf. Stigter, 2005)

Quadro 3.7 – Características dos furos de extracção no concelho de Faro (adaptado de Stigter, 2005)

Nº de inventário	Aquífero captado	Formação/ idade captada	Prof. do furo (m)	Ano de construção
606/412	M9	Calcário do Jurássico	200	1980
606/1020	M9	Calcário do Jurássico	117	1984
607/74	M10	Calcário do Jurássico	40	1965
607/75	M10	Calcário do Jurássico	52	1965
607/76	M10	Calcário do Jurássico	40	1965
607/77	M10	Calcário do Jurássico	40	1976
607/497	M10	Calcário do Jurássico	228	1987
611/204	M12	Calcarenito do Miocénico	71	1962
611/227	M12	Calcarenito do Miocénico	249	1984
611/228	M12	Calcarenito do Miocénico	250	1984
611/232	M11?	Dolomite do Cretácico	197	1988

No Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (PBHRA, 1999) foram determinados os volumes de água utilizados (*i.e.* extracções), consumidos e restituídos pela agricultura de regadio para o concelho de Faro. Não se dispo de registos de consumos de água os cálculos foram feitos por métodos indirectos que executam um balanço hídrico ao nível do solo (metodologia ISAREG, descrita em PBHRA, 1999) para estimar as necessidades de água de cada cultura. A área agrícola útil total do concelho de Faro é de 5383 ha, dos quais 2305 ha são irrigados. Os grupos culturais referidos no PBHRA incluem citrinos, prunóideas, vinha, hortícolas de cultura livre e de cultura protegida, com valores médios de eficiência de rega de 82%. Para o concelho de Faro são referidos os valores de necessidades hídricas totais anuais médias (PBHRA, 1999):

<u>Área regada (ha)</u>	<u>Utilização</u>	<u>Consumo</u>	<u>Retorno</u>
2305	11,879 hm ³	9,740 hm ³	2,139 hm ³
	515 mm/ano	423 mm/ano	92 mm/ano

Cerca de 9,7 hm³ do volume de água fornecido (de 11,9 hm³) é efectivamente consumido pelas culturas, sendo 2,1 hm³ restituídos ao meio subterrâneo (PBHRA, 1999).

Uma vez que no PBHRA não se dispõe da cartografia das áreas regadas, em Lobo Ferreira *et al.* (2006) foi proposta uma metodologia que relaciona as áreas das culturas de base consideradas no PBHRA, para o concelho de Faro, com as áreas das mesmas culturas representadas na carta de ocupação do solo (*Corine Land Cover* 2000). Estes autores determinaram, deste modo, os consumos de água subterrânea para rega (Quadro 3.8), por cada classe de ocupação do solo do mapa *Corine Land Cover* (Figura 3.24). No Quadro 3.9 aplicou-se o mesmo procedimento para a determinação das extracções de água para rega para a área agrícola irrigada no concelho de Faro e no sistema aquífero da Campina de Faro. Assim, foram determinados os seguintes valores de necessidades hídricas totais anuais médias para a área agrícola comum ao concelho de Faro e ao sistema aquífero M12:

<u>Área regada (ha)</u>	<u>Utilização</u>	<u>Consumo</u>	<u>Retorno</u>
2215	1,93 hm ³	1,57 hm ³	0,36 hm ³
	87 mm/ano	71 mm/ano	16 mm/ano

Quadro 3.8 – Consumos de água subterrânea para rega, determinados para cada classe de ocupação do solo do *Corine Land Cover*, calculados em Lobo Ferreira, *et al.* (2006) com base nos valores referidos no PBHRA

Código LC	Descrição	Consumo de água na rega (mm/ano) *	Área agrícola irrigada no concelho de Faro e no M12 (ha)	Consumo calculado para o concelho de Faro e no M12 (mm/ano)
222	Pomares	320	365	53
241	Culturas anuais associadas a culturas permanentes	101	0	0
242	Sistemas culturais e parcelares complexos	23	1668	17
243	Terras ocupadas principalmente por agricultura com espaços naturais importantes	11	182	0,90
TOTAL		-	2215	71

* Consumos de água calculados a partir dos valores apresentados no PBHRA (1999), por uma relação entre áreas.

Quadro 3.9 – Extracções de água subterrânea para rega, determinados para cada classe de ocupação do solo do *Corine Land Cover*, calculada em Lobo Ferreira, *et al.* (2006) com base nos valores referidos no PBHRA

Código LC	Descrição	Extracções de água para rega (mm/ano) *	Área agrícola irrigada no concelho de Faro e no M12 (ha)	Extracções calculadas para o concelho de Faro e M12 (mm/ano)
222	Pomares	382	365	63
241	Culturas anuais associadas a culturas permanentes	122	0	0
242	Sistemas culturais e parcelares complexos	30	1668	22
243	Terras ocupadas principalmente por agricultura com espaços naturais importantes	15	182	0,12
TOTAL		-	2215	87

* Extracções de água calculadas a partir dos valores apresentados no PBHRA (1999), por uma relação entre áreas.

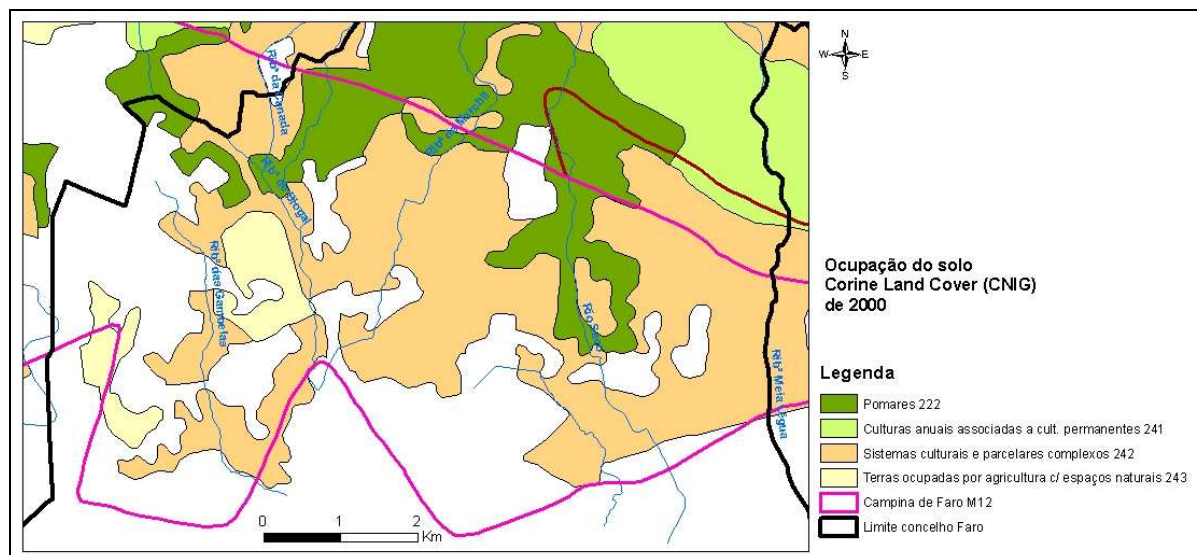


Figura 3.24 – Ocupação do solo (Corine Land Cover 2000) na área ocupada pelo sistema aquífero da Campina de Faro e pelo concelho de Faro

3.13 Análise da evolução do escoamento superficial

A Figura 3.25 mostra a rede hidrográfica da zona central do sistema aquífero da Campina de Faro. O rio Seco é principal rio que atravessa a área, com direcção aproximada NNE-SSW no troço que atravessa o M12. Apresenta um comprimento total de 21 Km e, normalmente, declive acentuado no trecho a montante e pouco acentuado a jusante. Os restantes cursos de água, nomeadamente a Ribeira das Gambelas, Ribeira de Biogal, Ribeira de Marchil, Ribeira das Lavadeiras, Ribeira de Meia Léguas e Ribeira de Belamandil são rios tributários que apenas têm escoamento superficial quando existem episódios de precipitação significativos. As duas estações hidrométricas existentes no rio Seco, com registos na rede de monitorização do SNIRH/INAG, são a estação de Coiro da Burra (ref. 31J/01H) e a estação de Rio Seco (ref. 31J/02H) (Figura 3.25). Apenas a estação de Coiro da Burra, perto de Estói, está inserida na rede de monitorização automática com telemetria do SNIRH. O período de registo nesta estação fica compreendido entre 10/1985 e a actualidade, passando em 06/2001 para o registo automático. O período de registo utilizado nesta análise fica compreendido entre 1/10/1985 e 30/09/2007 (dados do SNIRH; <http://www.snirh.pt>). No caso da estação de Rio Seco, o período de registo disponível fica compreendido entre 1/10/1995 e 30/09/2005, tendo os dados sido fornecidos pela ARH-Algarve. Deste modo, o período de registo comum às duas estações situa-se entre 1/10/1995 e 30/09/2005, no qual se identificaram alguns períodos sem registos (Quadro 3.10).

A estação de Coiro da Burra localiza-se a cerca de 8,90 km para montante da estação de Rio Seco. As áreas drenadas são de 36,79 km² e 62,41 km² para a estação de Coiro da Burra e estação de Rio Seco, respectivamente. Na secção do rio entre as duas estações existe apenas um afluente, a ribeira de Alface, sendo a confluência muito próxima da estação de Coiro da Burra. No Quadro 3.11 são apresentados os valores do escoamento superficial calculado e o caudal máximo e médio determinados para os anos hidrológicos compreendidos entre 1985/86 e 2006/07, na estação de Coiro da Burra, e para os anos hidrológicos compreendidos entre 1995/96 e 2004/05, para a estação de Rio Seco. Na estação de Coiro da Burra o volume de escoamento total estimado é de 98,39 hm³ (série de 22 anos) e o caudal máximo de 71,39 m³/s, registado no ano 1987/1988. Para a

estação de Rio Seco o volume total escoado foi de 66,96 hm³ (série 10 anos), tendo registado no ano de 2001/2002 um caudal máximo de 57 m³/s.

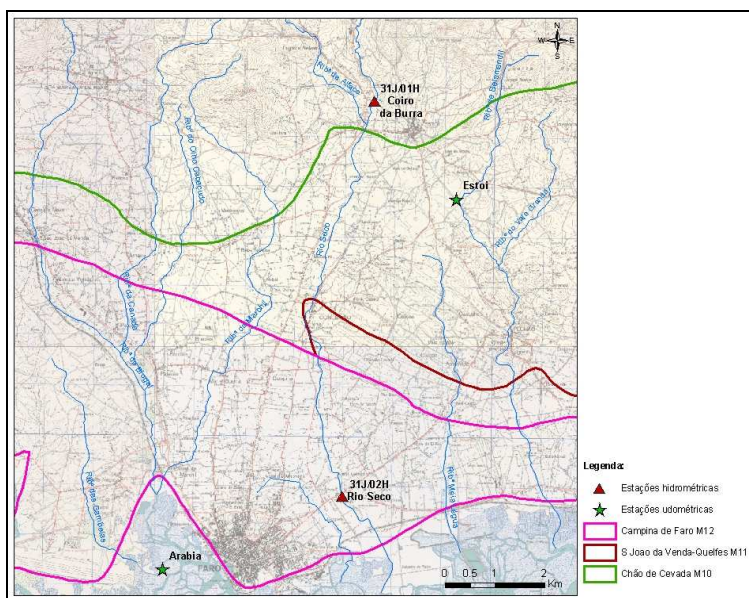


Figura 3.25 – Localização dos principais cursos da água na região em estudo e das duas estações hidrométricas no rio Seco.

Quadro 3.10 – Períodos sem registo de dados no período de análise comum às duas estações hidrométricas do rio Seco (entre 01/10/1995 e 30/09/2005)

Estação hidrométrica Coiro da Burra (31J/01H)		Estação hidrométrica Rio Seco (31J/02H)
07 - 30/01/1996	18/12/2002	23/12/2001 a 02/01/2001
18 - 25/12/1996	20 - 21/01/2003	
05 - 09/01/1997	10 - 12/05/2003	
16/02 - 22/04/1998	16 - 21/05/2003	
11 - 12/12/2001	28/08 - 14/10/2003	
17 - 18/12/2001	24/11/2003	
23/12/2001	23/02/2003	
02/01/2002	31/08/2005	
27/11/2002		

Quadro 3.11 – Escoamento superficial, caudal máximo e médio anual calculados para as estações hidrométricas de Coiro da Bura e Rio Seco, no período compreendido entre os anos hidrológicos de 1985/86 e 2006/07.

Anos hidrológicos	Escoamento superf. - Coiro da Burra (m ³ /ano)	Escoamento superf. - Coiro da Burra (hm ³ /ano)	Caudal máx. anual (m ³ /s)	Caudal médio anual (m ³ /s)	Escoamento superf. - Rio Seco (m ³ /ano)	Escoamento superf. - Rio Seco (hm ³ /ano)	Caudal máx. anual (m ³ /s)	Caudal médio anual (m ³ /s)
1985/1986	200448	0,20	0,16	0,01	-	-	-	-
1986/1987	219456	0,22	0,26	0,01	-	-	-	-
1987/1988	23531040	23,53	71,39	0,74	-	-	-	-
1988/1989	9923904	9,92	13,69	0,31	-	-	-	-
1989/1990	11394432	11,39 (a)	19,80	0,43	-	-	-	-
1990/1991	5379264	5,38	8,86	0,17	-	-	-	-
1991/1992	139104	0,14	1,02	0,00	-	-	-	-
1992/1993	2154816	2,15	4,92	0,07	-	-	-	-
1993/1994	(s/ dados)	(s/ dados)	-	-	-	-	-	-
1994/1995	90720	0,09	0,79	0,00	-	-	-	-
1995/1996	19202400	19,20	39,43	0,65	25675747	25,68	26,32	0,81
1996/1997	5228064	5,23	2,79	0,17	6807283	6,81	4,06	0,22
1997/1998	7744896	7,74	7,44	0,30	8078918	8,08	5,63	0,26
1998/1999	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
1999/2000	95904	0,10	0,29	0,00	43805	0,04	0,15	0,00
2000/2001	7689600	7,69	9,28	0,24	8775821	8,78	5,59	0,28

Capítulo 3 – Caracterização geral da área de estudo

Anos hidrológicos	Escoamento superf. - Coiro da Burra (m ³ /ano)	Escoamento superf. - Coiro da Burra (hm ³ /ano)	Caudal máx. anual (m ³ /s)	Caudal médio anual (m ³ /s)	Escoamento superf. - Rio Seco (m ³ /ano)	Escoamento superf. - Rio Seco (hm ³ /ano)	Caudal máx. anual (m ³ /s)	Caudal médio anual (m ³ /s)
2001/2002	3492288	3,49	1,56	0,11	9963156	9,96	57,08	0,33
2002/2003	1501632	1,50 (b)	0,42	0,05	6908630	6,91	2,00	0,22
2003/2004	23328	0,02 (c)	0,11	0,00	512179	0,51	1,94	0,02
2004/2005	16416	0,02	0,18	0,00	193190,4	0,19	1,23	0,01
2005/2006	83808	0,08	0,26	0,00	-	-	-	-
2006/2007	280800	0,28	0,22	0,01	-	-	-	-
TOTAL	98392320	98,39	-	-	66958730	66,96	-	-

(a) Faltam os meses de Novembro e Dezembro.

(b) Falta o mês de Setembro.

(c) Falta o mês de Outubro.

Procurou-se comparar os volumes de escoamento superficial anuais nas duas estações e a respectiva precipitação (Figura 3.26). A estação udométrica seleccionada foi a de Estói, localizada muito próxima da estação Coiro da Burra (2,5 km a SE). Para o período de análise (1985/86 a 2005/06), os valores do coeficiente de correlação entre a precipitação e o escoamento superficial são elevados, destacando-se a correlação de 96,2%, na estação de Rio Seco, no período entre 1995/96 e 2004/05. Salienta-se o facto de que, quando a precipitação anual não excede os 600 mm, os episódios de escoamento no rio Seco não são relevantes (Figura 3.27).

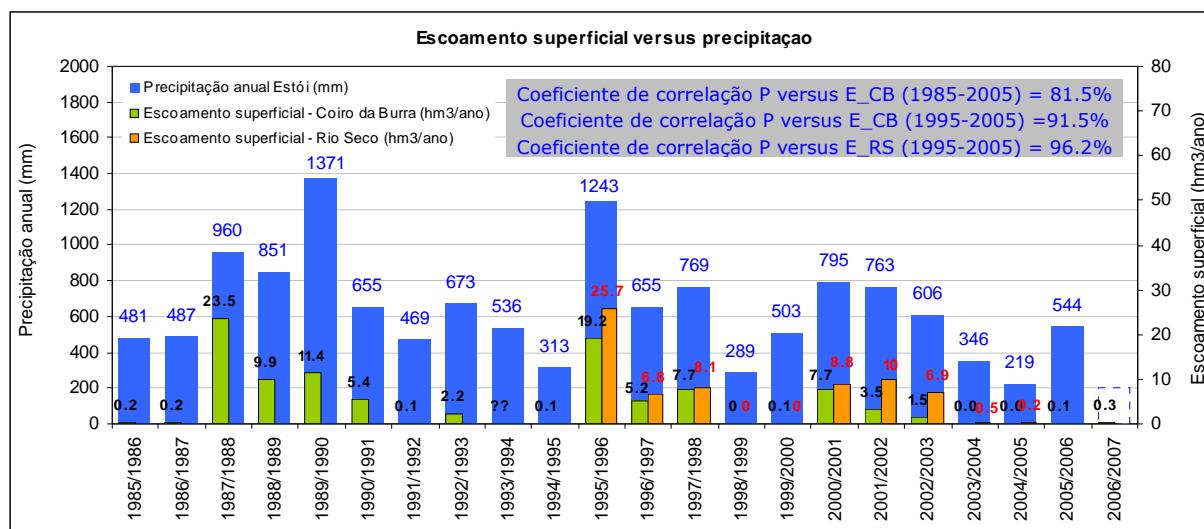


Figura 3.26 – Variação anual do escoamento superficial registado nas estações hidrométricas de Coiro da Burra e Rio Seco e sua comparação com os valores de precipitação anual registados na estação udométrica de Estói (período de análise compreendido entre 1995 e 2007)

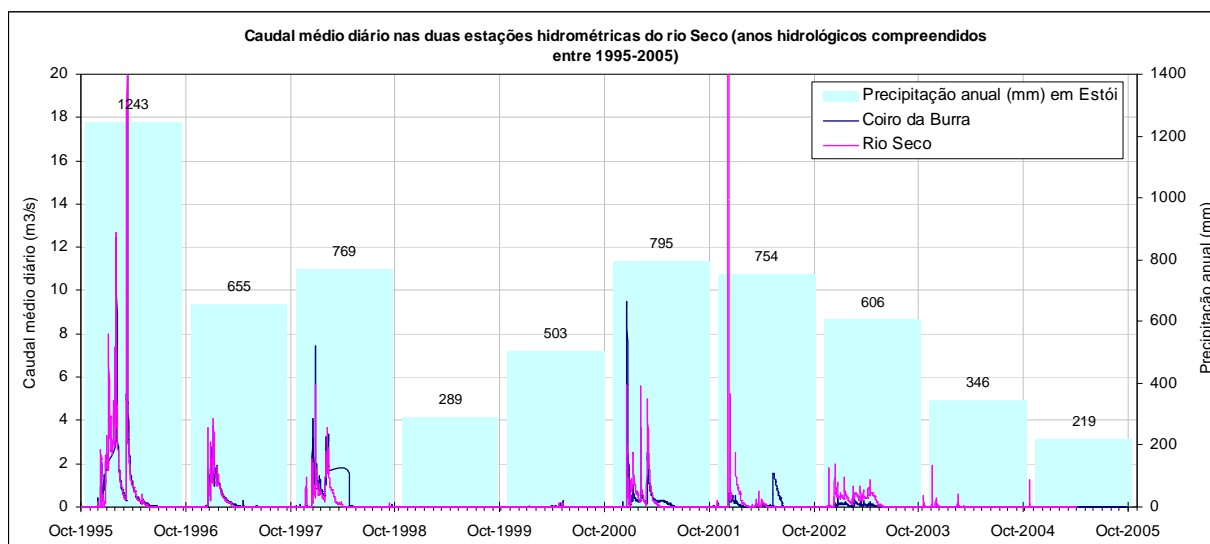


Figura 3.27 – Variação do caudal médio diário registado nas duas estações hidrométricas do Rio Seco (período compreendido entre os anos hidrológicos de 1995/96 e 2004/05) e comparação com os valores de precipitação anual registados em Estói.

Em Lobo Ferreira *et al.* (2006) foi realizada uma análise que permitiu determinar o volume de água disponível no troço do rio Seco compreendido entre as duas estações referidas. Em seguida é feita uma actualização destes valores, seguindo a mesma metodologia referida nesse relatório (*Deliverable D31* do Projecto Gabardine). A curva de duração do caudal médio diário realizada para o período de um ano, com valores comuns das séries de dados, mostra que a duração do escoamento é muito pequena: média de 74 dias por ano para a estação de Rio Seco e média de 102 dias por ano para a estação de Coiro da Burra (Figura 3.28). As características de ambas as curvas (Quadro 3.12) são muito semelhantes, excluindo apenas o troço inicial, com um caudal mais elevado na estação de Coiro da Burra e no troço final (quando o caudal médio diário $< 1 \text{ m}^3/\text{s}$), com caudais ligeiramente mais elevados no Rico Seco. A partir dos 2 meses a duração (62 dias) ambas as curvas atingem um valor de caudal médio de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (100 L/s), que rapidamente se esgota em 12 dias na estação de Rio Seco; em Coiro da Burra demora mais algum tempo até se atingir um caudal nulo, 40 dias.

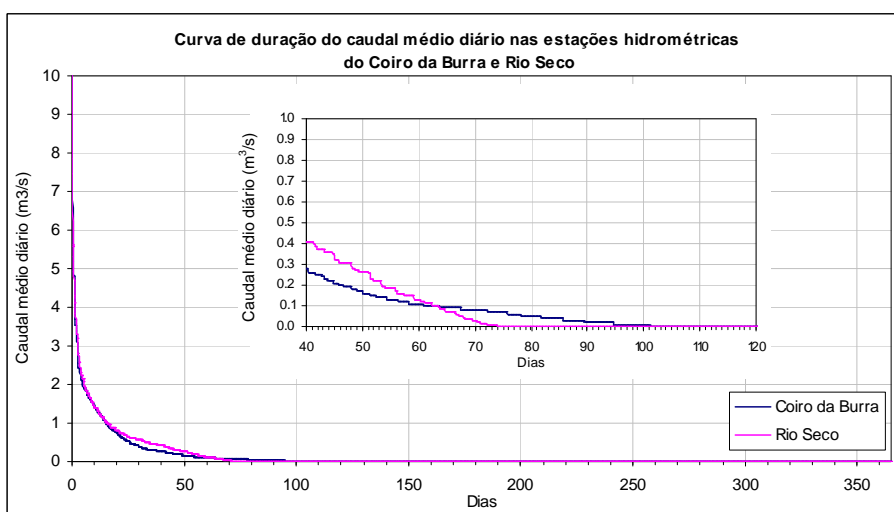


Figura 3.28 – Curva de duração do caudal médio diário, para o período de um ano, nas estações hidrométricas de Coito da Burra e Rio Seco (período de análise 01/10/1995 e 30/09/2005).

Quadro 3.12 – Características do escoamento superficial nas estações de Coiro da Burra e Rio Seco, para valores comuns de ambas as séries analisadas (período de análise 01/10/1995 e 30/09/2005).

Caudal médio diário (m ³ /s)	Coiro da Burra	Rio Seco
Máximo	39,43	26,32
Média	0,15	0,16
Mediana	0,00	0,00
Mínimo	0,00	0,00
Característica máxima (excede 10 dias/ano)	1,42	1,40
Excede 1 mês/ano	0,40	0,57
Excede 2 meses/ano	0,11	0,13

No sentido de se perceber qual a variação do escoamento superficial nas duas bacias, *i.e.*, a bacia cujo escoamento conflui para a estação de Coiro da Burra e a bacia cujo escoamento conflui para a estação de Rio Seco, calculou-se a diferença para o escoamento superficial anual e o caudal médio anual (Quadro 3.13). Os valores positivos na coluna quatro e na coluna sete indicam um volume superior no Rio Seco e os valores negativos um valor superior no Coiro da Burra. Com excepção do ano de 1999/2000, o escoamento é superior na estação de Rio Seco, indicando um volume de água que se ganha durante o percurso pela secção do rio. Os valores de escoamento superficial médios calculados foram de 4,50 hm³ para Coiro da Burra e 6,70 hm³ para Rio Seco, entre os anos hidrológicos de 1995/96 e 2004/05. Em termos médios, verifica-se um ganho de 2,20 hm³/ano (0,06 m³/s) na secção mais a jusante. Chama-se a atenção para a questão da localização da estação de Coiro da Burra (Figura 3.25), a cerca de 400 metros para montante da confluência do afluente de Ribeira da Alface. Esta questão é pertinente porque significa que o escoamento proveniente da bacia da Ribeira de Alface é quantificado na estação de Rio Seco e não na estação de Coiro da Burra. Ou seja, na secção do rio Seco, compreendida entre as duas estações, existe um volume adicional proveniente da bacia da referida ribeira. A secção do rio entre as duas estações tem cerca de 8,90 km e a extensão do afluente tem cerca de 6,42 km, ou seja, poderá assumir-se, considerando uma distribuição homogénea do escoamento superficial, que 41,9% do volume de escoamento para o Rio Seco deverá provir da bacia da Ribeira da Alface e 58,1% refere-se à contribuição na secção entre as duas estações. Neste cenário e reduzindo nesta proporção o escoamento no Rio Seco, os valores foram novamente calculados e apresentam-se no Quadro 3.14. Teríamos, em termos médios, um volume de escoamento de cerca de 0,61 hm³/ano (0,03 m³/s), que se perde por infiltração na secção em análise. Ou seja, por cada metro do troço entre as duas estações (de 8,9 km) infiltra-se um volume médio de água superficial de 106 m³/ano.m. Este cenário parece estar mais de acordo com o comportamento influente esperado no rio Seco na referida secção. Conforme se demonstrou anteriormente, a distribuição destes episódios não é constante ao longo do ano, concentrando apenas em alguns dias do período húmido.

Do mesmo modo, também a distribuição deste comportamento influente ao longo do troço em análise não terá que ser necessariamente constante. Segundo Silva (1988) o rio Seco é influente em grande parte do seu percurso através da Campina de Faro. Este comportamento foi verificado por este autor através de duas medições de caudal efectuadas em quatro pontos do percurso do rio, em Abril de 1985 (Figura 3.29). Em termos de percentagens de redução de caudal, comparativamente com o primeiro ponto de medição, na estação de Coiro da Burra, foi realizado o gráfico da Figura 3.30, utilizando os valores de caudal referidos em Silva (1988) e os valores de caudal referidos

no Quadro 3.13 e Quadro 3.14. De acordo com as medições de Silva (1988), a redução de caudal é acentuada na secção do rio entre a estação de Coiro da Burra e Carreiros ($\approx 87\%$ ou infiltração de 143 L/s em 6765 m), mas é menos marcada no troço para jusante de Carreiros ($\approx 6,6$ L/s em 2135 m). Para montante da vila de Conceição o percurso do rio Seco faz-se essencialmente pelas formações carbonatadas e carsificadas do Cretácico e do Jurrásico aflorantes, onde se esperam perdas de caudal acentuado por infiltração directa. Para jusante, o percurso do rio faz-se pelas formações aluvionares da parte central da Campina de Faro, sendo de esperar perdas de caudal menos acentuadas. O valor da perda de caudal calculado seguindo a metodologia proposta neste Capítulo foi de apenas 20%, entre as duas estações, muito inferior aos 94% obtidos por Silva (1988). Contudo os valores de Silva (1988) reportam a Abril de 1985 e os valores calculados e apresentados no Quadro 3.13 e Quadro 3.14 reportam a valores médios para os anos hidrológicos entre 1995/96 e 2004/05.

Quadro 3.13 – Diferença entre o escoamento superficial anual registado nas duas estações hidrométricas do rio Seco e diferença entre o caudal médio diário entre as duas mesmas estações. Comparação com os valores de precipitação anual registada em Estói para os anos hidrológicos de 1995/96 e 2004/05.

Ano hidrológico	Escoamento superf. - Coiro da Burra (hm ³ /ano)	Escoamento superf. - Rio Seco (hm ³ /ano)	Diferença (Rio Seco e Coiro da Burra) (hm ³ /ano)	Caudal médio anual - Coiro da Burra (m ³ /s)	Caudal médio anual - Rio Seco (m ³ /s)	Diferença (Rio Seco e Coiro da Burra) (m ³ /s)	Precipitação anual em Estói (mm/ano)
1995/1996	19,20	25,68	6,47	0,65	0,81	0,16	1243
1996/1997	5,23	6,81	1,58	0,17	0,22	0,04	655
1997/1998	7,74	8,08	0,33	0,30	0,26	-0,04	769
1998/1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	289
1999/2000	0,10	0,04	-0,05	0,00	0,00	0,00	503
2000/2001	7,69	8,78	1,09	0,24	0,28	0,03	795
2001/2002	3,49	9,96	6,47	0,11	0,33	0,21	754
2002/2003	1,50 (a)	6,91	5,41	0,05	0,22	0,16	606 (c)
2003/2004	0,02 (b)	0,51	0,49	0,00	0,02	0,02	346,4 (d)
2004/2005	0,02	0,19	0,18	0,00	0,01	0,01	219
Média	4,50	6,70	2,20	0,15	0,21	0,06	-

(a) Falta o mês de Setembro

(b) Falta o mês de Outubro

(c) Falta o mês de Setembro

(d) Falta o mês de Novembro

Quadro 3.14 – Determinação do escoamento superficial na estação de Rio Seco reduzido por uma percentagem e diferença calculada nas duas estações hidrométricas do rio Seco

Ano hidrológico	Escoamento superficial no Rio Seco reduzido a 58% (hm ³ /ano)	Diferença (Rio Seco reduzido e Coiro da Burra) (hm ³ /ano)	Caudal médio anual na estação Rio Seco reduzido a 58% (m ³ /s)	Diferença (Rio Seco reduzido e Coiro da Burra) (m ³ /s)
1995/1996	14,92	-4,29	0,47	-0,18
1996/1997	3,95	-1,27	0,13	-0,05
1997/1998	4,69	-3,05	0,15	-0,15
1998/1999	0,00	0,00	0,00	0,00
1999/2000	0,03	-0,07	0,00	0,00
2000/2001	5,10	-2,59	0,16	-0,08
2001/2002	5,79	2,30	0,19	0,08
2002/2003	4,01	2,51	0,13	0,07
2003/2004	0,30	0,28	0,01	0,01
2004/2005	0,11	0,10	0,00	0,00
Média	3,89	-0,61	0,12	-0,03

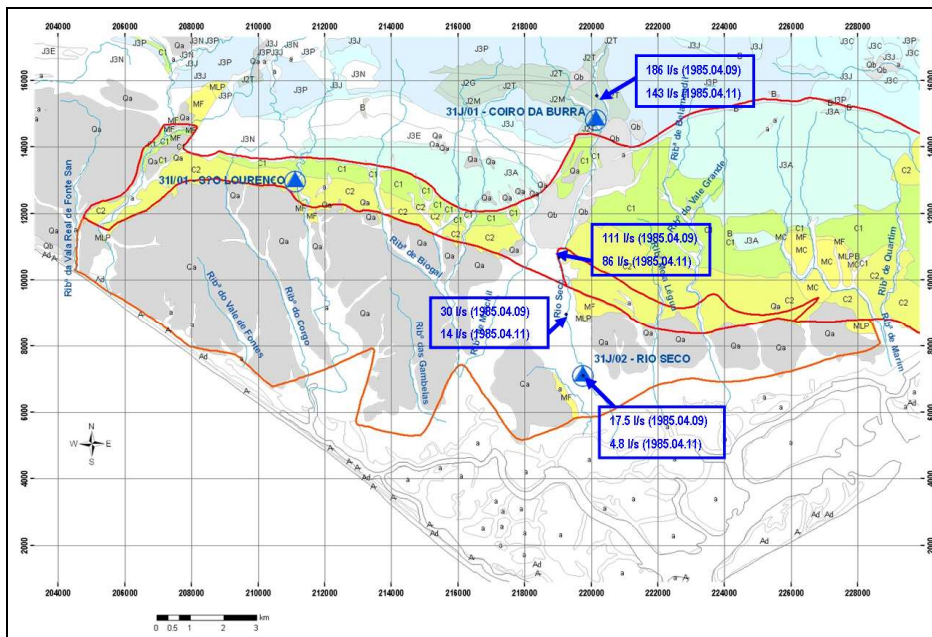


Figura 3.29 – Medições de caudal em quatro pontos do rio Seco em Abril de 1985 (modificado de Silva, 1988 in Lobo Ferreira *et al.*, 2006)

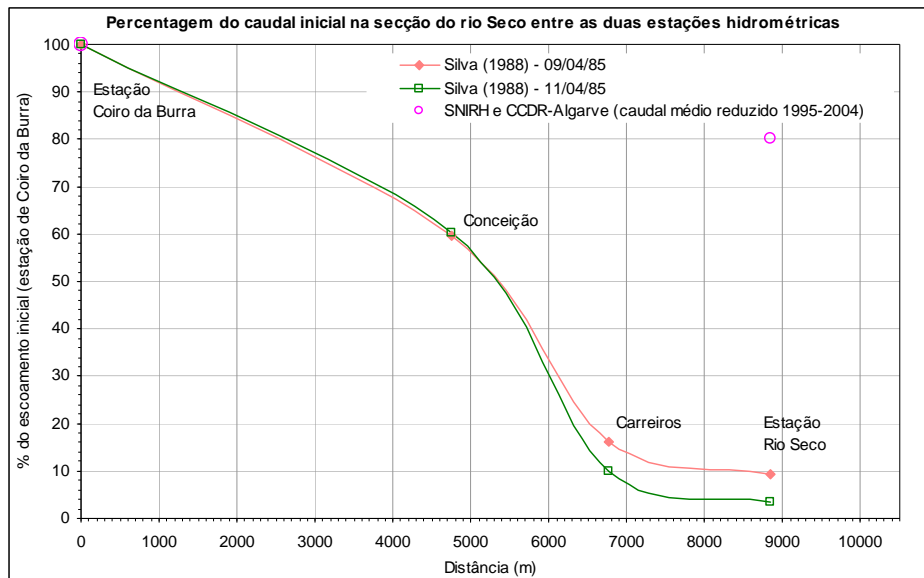


Figura 3.30 – Percentagem do caudal inicial na secção do rio Seco entre as duas estações hidrométricas (modificado de Lobo Ferreira *et al.*, 2006)

Considerando os valores propostos em Silva (1988) e que as perdas de caudal não são lineares, o gráfico da Figura 3.30 permitiu estimar o volume de água que se perde por infiltração, no troço que atravessa o sistema aquífero do M12. Desprezou-se o valor que se infiltra no troço a jusante da estação de Rio Seco, tendo esta decisão sido baseada na diminuição brusca da infiltração entre Carreiros e a Estação de Rio Seco. A partir da distância de 5600 m, quando o rio inicia o seu percurso pelas formações aquíferas relativas ao M12, a redução do escoamento entre este ponto e o assinalado com a estação de Rio Seco é de aproximadamente 40%. Assim, o escoamento superficial de 0,61 hm³/ano que se perderia no troço entre as duas estações, poderá ser estimado com base nesta relação, para o troço que atravessa o sistema aquífero em cerca de 0,24 hm³/ano (669 m³/d). Este valor calculado com base numa estimativa anual concentra-se apenas em alguns dias do período húmido, conforme se demonstrou atrás. Em termos de taxa de infiltração, em condições naturais e meio homogéneo, este valor corresponde a

0,03 m/d, considerando uma área disponível no leito do rio Seco de cerca de 22 250 m² (extensão 4 450 m × largura de 5 m).

De modo a perceber as variações no escoamento superficial entre as duas estações hidrométricas do rio Seco e a sua natural relação com a precipitação, foram realizados de gráficos, relativos a cada ano hidrológico, nos quais se compararam os dois parâmetros (Figura 3.31 até Figura 3.36). A análise destes gráficos permitiu concluir: (1) os caudais medidos nas duas estações estão fortemente correlacionados (92% de coeficiente de correlação), sendo normalmente superiores na estação de Rio Seco; (2) alguns episódios de precipitação, mesmo com uma precipitação diária superior a 30 mm, não são suficientes para causar escoamento superficial (esta situação verifica-se geralmente no início do ano hidrológico, quando os solos estão muito secos e a precipitação ocorrida rapidamente se infiltra sem provocar escoamento superficial); (3) os episódios de precipitação mais intensos estão associados aos caudais máximos verificados; (4) os coeficientes de correlação calculados, entre a precipitação e o caudal verificado em ambas as estações, são pouco significativos.

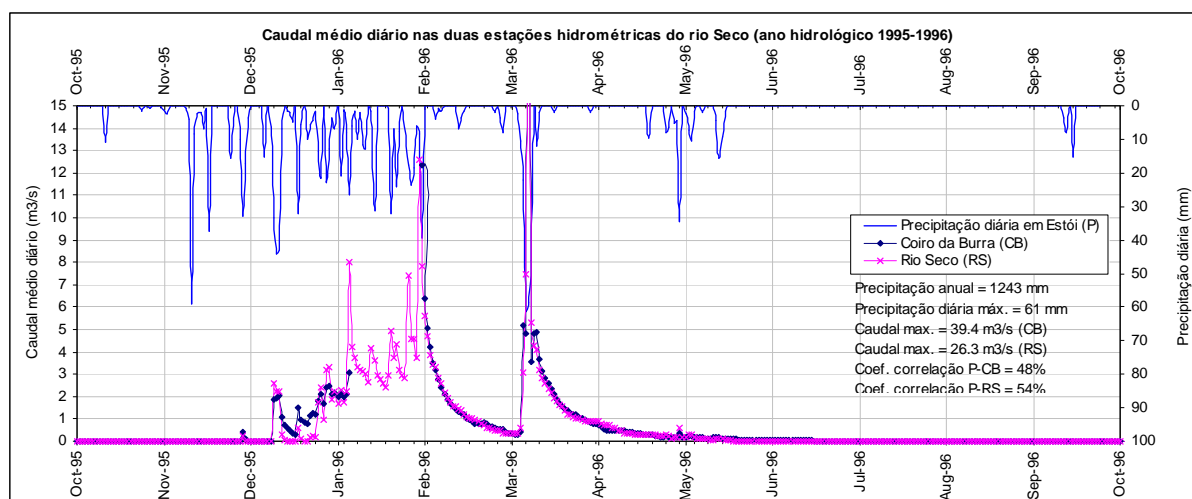


Figura 3.31 - Comparação entre o caudal médio diário nas duas estações do rio Seco e a precipitação diária em Estói (ano hidrológico 1995/96).

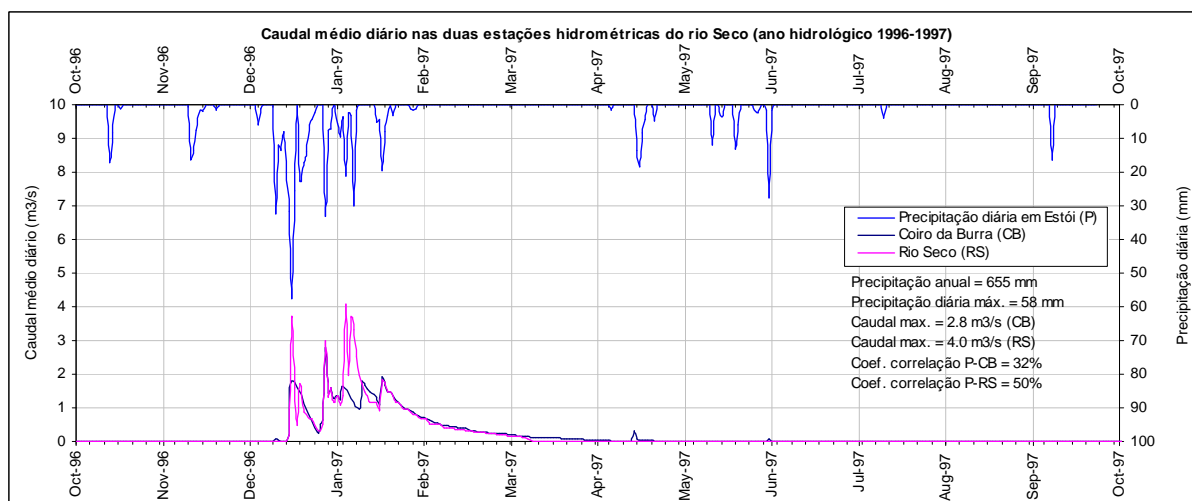


Figura 3.32 - Comparação entre o caudal médio diário nas duas estações do rio Seco e a precipitação diária em Estói (ano hidrológico 1996/97).

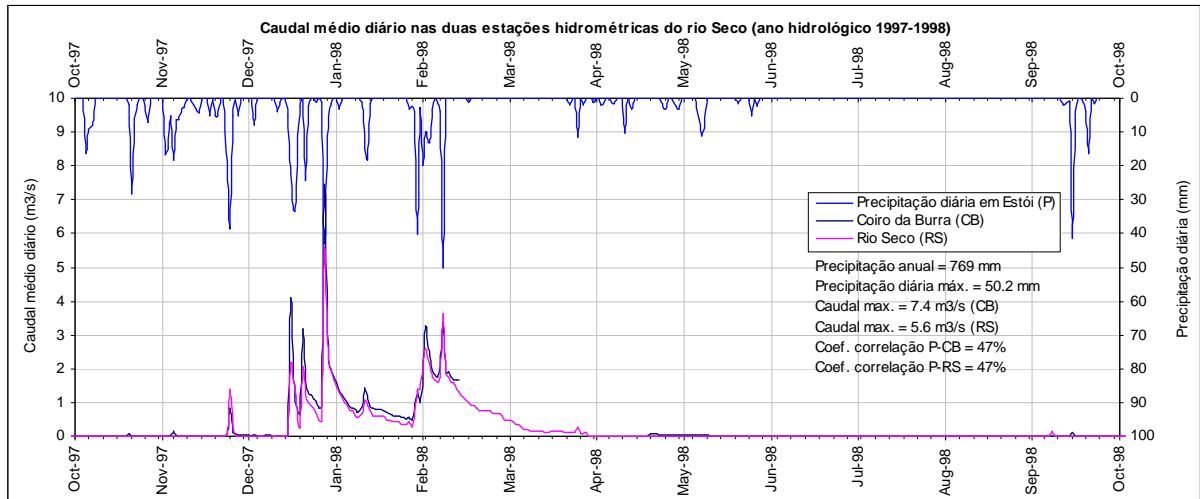


Figura 3.33 - Comparação entre o caudal médio diário nas duas estações do rio Seco e a precipitação diária em Estói (ano hidrológico 1997/98).

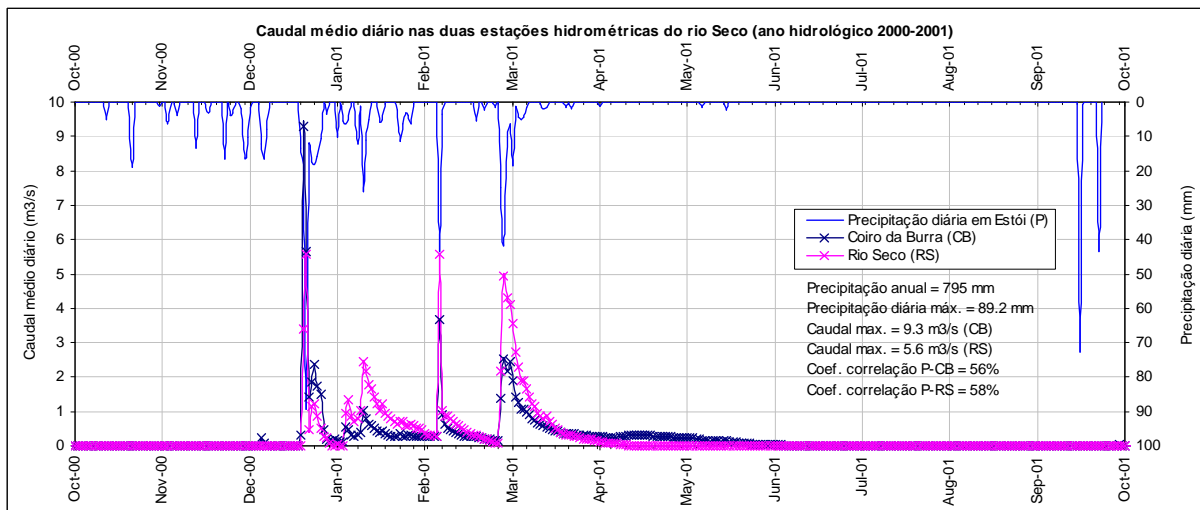


Figura 3.34 - Comparação entre o caudal médio diário nas duas estações do rio Seco e a precipitação diária em Estói (ano hidrológico 2000/01).

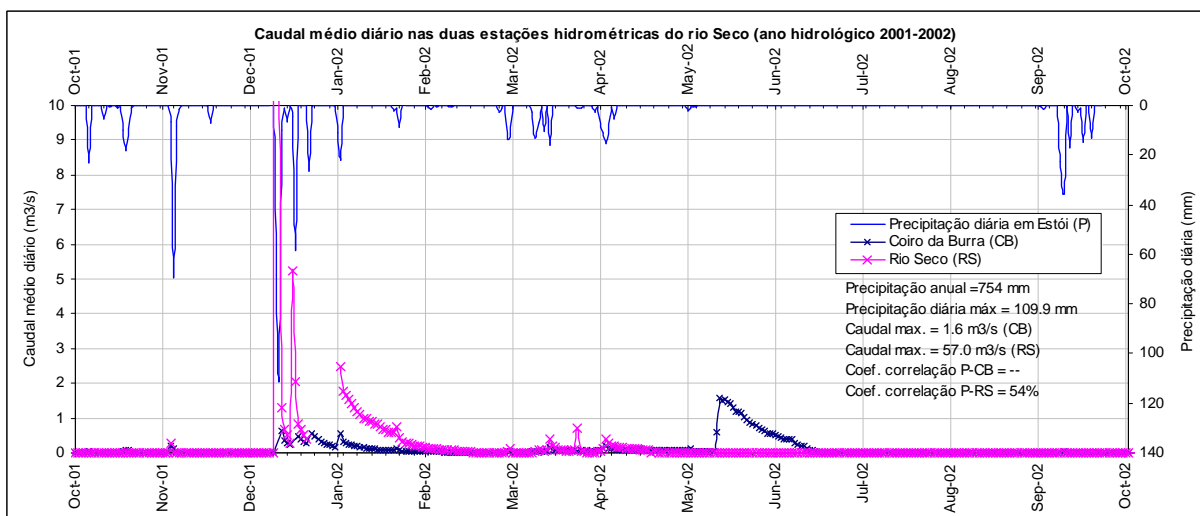


Figura 3.35 - Comparação entre o caudal médio diário nas duas estações do rio Seco e a precipitação diária em Estói (ano hidrológico 2001/02).

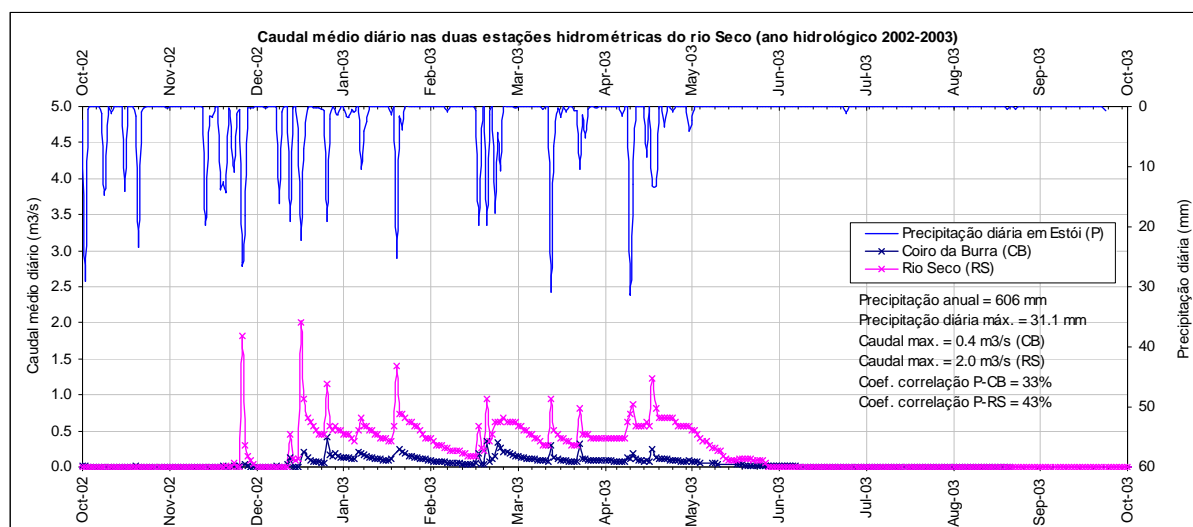


Figura 3.36 – Comparação entre o caudal médio diário nas duas estações do rio Seco e a precipitação diária em Estói (ano hidrológico 2002/03).

3.14 Quantificação da recarga

A recarga no sistema aquífero da Campina de Faro foi estimada pelos seguintes autores: Lobo-Ferreira (1981), Almeida *et al.* (2000), Oliveira e Lobo-Ferreira (1994) e Lobo-Ferreira *et al.* (2006). Lobo-Ferreira (1981) refere um valor de 161 mm/ano. Almeida *et al.* (2000) referem um valor aproximado de 10 hm³/ano (116 mm/ano), estimado com base na área total do aquífero de 86 km², na precipitação média anual de 550 mm e numa taxa de infiltração da precipitação no aquífero freático compreendida entre 15 a 20%. Oliveira e Lobo-Ferreira (1994) calcularam um valor de 36,3 hm³/ano (143 mm/ano) de recarga para o sistema aquífero ALG-5, que inclui também o aquífero da Campina de Faro.

Os valores de recarga para o sistema aquífero da Campina de Faro foram actualizados em Lobo-Ferreira *et al.* (2006), com base na aplicação do modelo numérico de balanço hídrico sequencial diário BALSEQ_MOD (Oliveira, 2004, actualização do modelo numérico original BALSEQ, Lobo-Ferreira, 1981). Os dados de entrada necessários para a aplicação deste modelo são: precipitação diária, evapotranspiração potencial mensal, profundidade das raízes das plantas, ponto de emurchecimento do solo, capacidade de campo, extensão da ocupação do solo, porosidade do solo, condutividade hidráulica do solo, material do horizonte superficial do solo e humidade inicial do solo. A recarga é estimada como: infiltração profunda = precipitação - escoamento superficial directo - evapotranspiração real - variação do teor de água do solo (Lobo-Ferreira *et al.*, 2006). Oliveira (2004) descreve detalhadamente o conjunto de procedimentos necessários à aplicação deste modelo. Para a Campina de Faro o período em análise está compreendido entre 01/10/1981 e 30/09/1991 e os dados utilizados foram os seguintes: a precipitação diária é a registada na estação udométrica de Quelfes (INAG 31K-02); a evapotranspiração potencial mensal foi estimada no Plano de Bacia das Ribeiras do Algarve para a estação climatológica de Tavira, através do método Penman-Monteith da FAO; a informação sobre os parâmetros da textura do solo e sobre o coberto vegetal foram retirados do Mapa de Solos de Portugal (escala 1/50 000) do IHERA e do Mapa *Corine Land Cover* (escala 1/1 000 000), respectivamente. A recarga no sistema aquífero da Campina de Faro assim estimada é de 139 mm/ano, contudo este valor tem importantes variações (Lobo-Ferreira *et al.*, 2006). Na Figura 3.37 pode observar-se a

distribuição dos valores de recarga determinados para a área de estudo: os valores mais baixos registam-se nas formações aluvionares, na ordem dos 5 mm/ano e os valores mais elevados registam-se nos afloramentos das formações arenosas, podendo chegar aos 380 mm/ano.

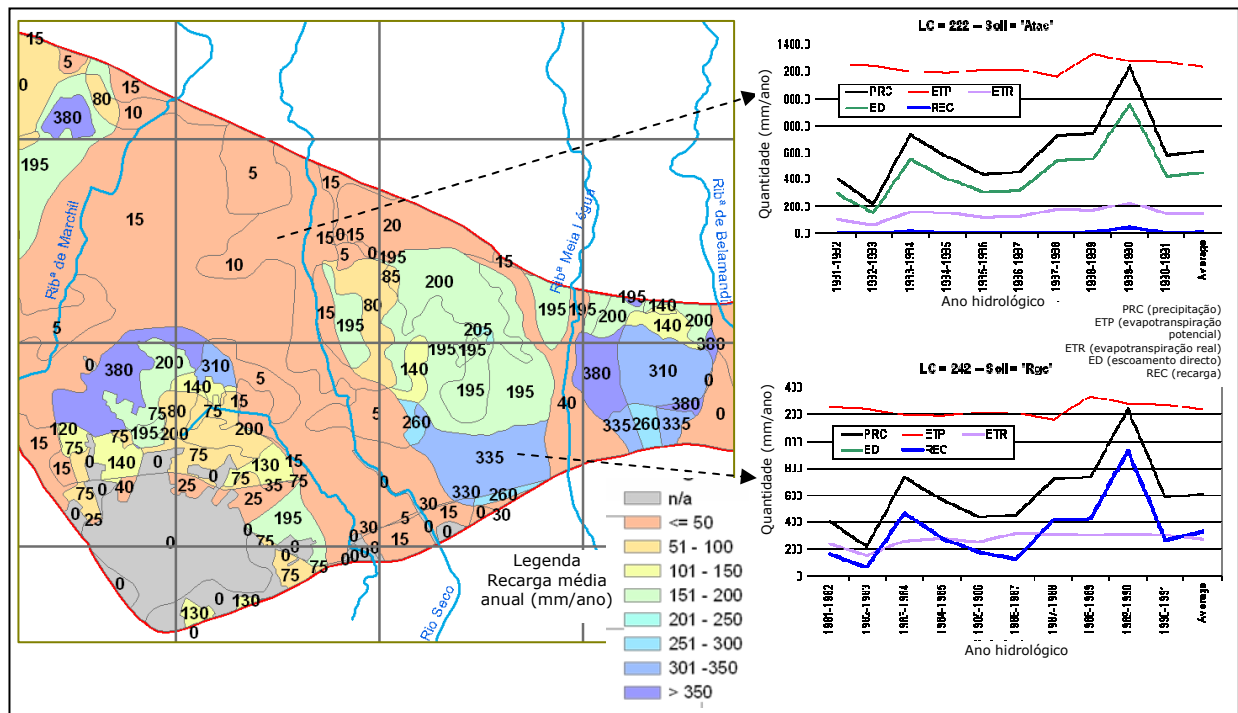


Figura 3.37 – Distribuição da recarga na área de estudo. Variações anuais nos parâmetros modelados num solo aluvionar (Atac) e num regosolo (Rgc) (extraída de Lobo-Ferreira *et al.*, 2006)

O cálculo da recarga foi ainda realizada por Silva (1988) mas para a bacia hidrográfica do rio Seco, cuja parte terminal coincide com a área de estudo. O escoamento de base estimado na bacia do rio Seco varia entre 358,7 mm (54% da precipitação) e 314,1 mm (48% da precipitação), com uma capacidade de campo de 100 e 150 mm, respectivamente. Estes valores foram determinados subtraindo os valores de precipitação aos valores de evapotranspiração. Considerando que 20% do escoamento total é escorrência subterrânea, os recursos hídricos subterrâneos renováveis (recarga) na bacia do rio Seco foram estimados em 4,89 hm³/ano ou 680 mm/ano para a área não carbonatada (corresponde a 9% da precipitação média na bacia). A infiltração nas áreas das rochas carbonatadas foi estimada em 5,48 hm³/ano ou 290 mm/ano (corresponde a 10% da precipitação média na bacia).

3.15 Quantificação do balanço hídrico do aquífero

No PBHRA (2000), a análise do balanço hídrico foi realizado ao nível de sub-bacia. Nas entradas de água para o balanço foram considerados o escoamento subterrâneo, o escoamento superficial e as transferências provenientes de outras sub-bacias; nas saídas foram consideradas as necessidades para rega, para consumo doméstico e industrial e as transferências para outras sub-bacias. Para o sistema aquífero da Campina de Faro as extracções correspondem a cerca de 77% da recarga, com défices em metade do período analisado (entre 1980/81 a 1990-1991).

3.16 Caracterização hidroquímica do aquífero

A caracterização hidrogeoquímica do sistema aquífero da Campina de Faro iniciou-se nos anos oitenta, com os estudos de Silva e Almeida (1983), Silva (1986), Silva *et al.* (1986), Silva e Almeida (1989). As águas são cloretadas cálcicas (Silva e Almeida, 1983). A análise hidroquímica feita por Silva (1986) baseou-se na amostragem de 43 pontos de água para o aquífero confinado do miocénico e em 19 pontos de água para o aquífero freático (unidade detrítica superficial), essencialmente furos e poços com furos, entre 1983 e 1986.

As concentrações de nitratos e sulfatos são elevadas, no caso do aquífero miocénico, com valores médios de 167 mg/L (máximo=403 mg/L e mínimo=24 mg/L) e 146 mg/L (máximo=350 mg/L e mínimo=20 mg/L), respectivamente. Para o aquífero freático os valores médios são ligeiramente inferiores, 137 mg/L (máximo=322 mg/L e mínimo=24 mg/L) de nitratos e 56 mg/L de sulfatos (máximo=200 mg/L e mínimo=6 mg/L). Os valores mais elevados estão associados a zonas onde é praticada agricultura intensiva de estufa e zonas com pomares de citrinos e resultam do uso excessivo de fertilizantes azotados (Silva, 1988). Este autor refere que no caso do nitrato cerca de 18-19% não é assimilado pelas culturas, passando para as águas subterrâneas. Estimou que no ano de 1983 uma carga poluente de 640 toneladas de nitrato se infiltraram no meio subterrâneo.

Silva *et al.* (1986) referem a presença de áreas salinizadas no aquífero superior da Campina de Faro (de acordo com a distribuição de resíduo seco >1g/L, obtido no ano de 1983), com águas cloretadas cálcicas ou cloretadas sulfatadas-cálcicas. A Figura 3.38 mostra a distribuição das concentrações de cloreto e a eventual presença de um paleocanal, numa área restrita, com concentrações mais elevadas. Estes autores defendem que a salinização é relativamente recente (< 15 anos) e propõem um modelo para explicar a salinização nas zonas interiores. O processo terá começado com a mobilização de águas fósseis salinas contidas em níveis semi-confinantes devido às variações sazonais da piezometria. No caso do aquífero confinado do Miocénico a eliminação da contaminação pode ser facilitada pela sua elevada permeabilidade e gradiente hidráulico. O mesmo não se deverá suceder no aquífero freático, devido às baixas velocidades de fluxo, podendo mesmo acentuar-se devido à reutilização da água para irrigação. Este modelo também explicaria as trocas iónicas entre o cálcio e o sódio, devido à juventude do processo de salinização (Silva *et al.*, 1986).

Mais recentemente, Stigter (2005) caracteriza as águas subterrâneas da Campina de Faro e avalia a contaminação induzida pelas actividades agrícolas. Efectua a avaliação de risco de contaminação, focando as interligações entre as variações temporais e espaciais e factores como o uso e o tipo de solo e a geologia. Um dos aspectos hidroquímicos que refere relaciona-se com a diluição causada pelo aumento da recarga das águas subterrâneas das águas muito contaminadas e mineralizadas do aquífero calcarenítico do Miocénico Superior e do aquífero margoso do Cretácico. Refere contudo que a aplicação de fertilizantes em grandes quantidades se mantém assim como as extracções por residentes.

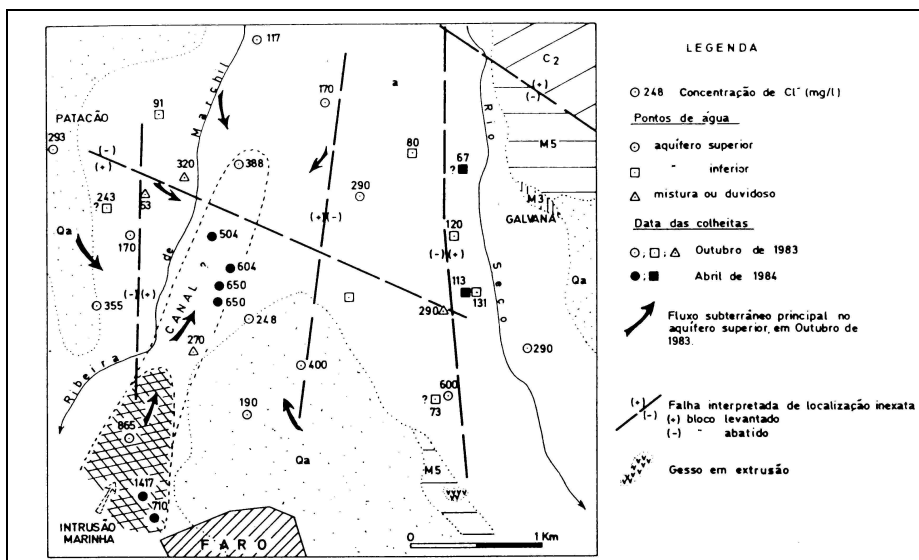


Figura 3.38 – Distribuição da salinização nos aquíferos superior e inferior da Campina de Faro (Silva et al., 1986)

Stigter (2005) utilizou uma aproximação probabilística e a aplicação de um indicador de krigagem para estudar a evolução da contaminação de nitratos e os níveis de salinização. Os mapas mostraram que há duas décadas atrás as concentrações de nitratos e cloretos eram já bastante elevadas em algumas partes da Campina de Faro, mas a contaminação ainda não tinha adquirido um carácter difuso. Actualmente, a contaminação é nitidamente difusa e bem definida, revelando uma elevada correlação entre os dois elementos. Este autor realizou também o cálculo e mapeamento de um índice de qualidade e de um índice de composição das águas subterrâneas, de que resultaram mapas facilmente interpretáveis sobre a contaminação agrícola. Alguns dos mapas relativos à distribuição de nitratos apresentam-se na Figura 3.39.

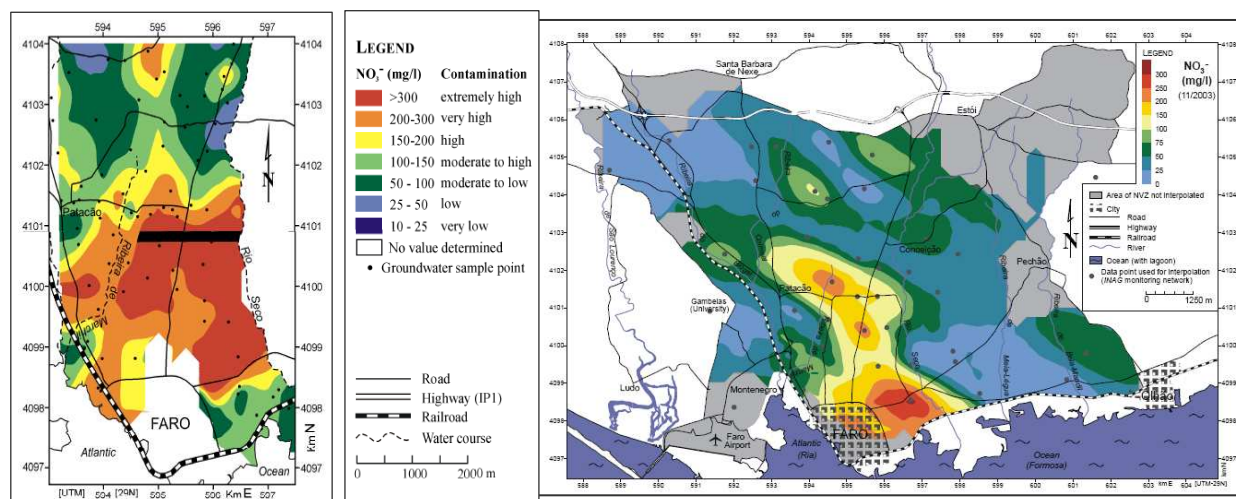


Figura 3.39 - Mapeamento da concentração de nitratos pelo método da krigagem ordinária. Mapeamento da concentração de nitratos na ZVF com dados da ARH-Algarve de Novembro de 2003 (extraído de Stigter, 2005).

3.17 Aspectos sobre a rega e os nitratos nas águas subterrâneas

Os nitratos de origem agrícola constituem um problema de poluição real das águas subterrâneas pelo facto de serem sais muito móveis no meio subterrâneo e de dificilmente se fixarem às partículas do solo. Contudo a sua mobilidade depende da existência ou não de água para os arrastar (Ministério da Agricultura (MA), 2007a).

Refere-se um artigo publicado pelo MA (2007b) sobre os riscos de poluição das águas com nitratos presentes nas culturas de regadio. Há, por um lado, a água de rega que se mal gerida, poderá arrastar os nitratos para as camadas profundas do solo, fora do alcance das raízes ou para os cursos de água; por outro lado, existe a tendência para aplicar quantidades excessivas de fertilizantes na expectativa de obter colheitas mais elevadas, sobretudo quando se dispõe de água em abundância. Acresce ainda que a rega, por si mesma, criando boas condições de humidade no solo num período mais ou menos longo, de temperaturas particularmente favoráveis, estimula os fenómenos de mineralização da matéria orgânica do solo, originando, assim, a produção de quantidades mais ou menos elevadas de nitratos. A gravidade de tais riscos é função não apenas da maior ou menor abundância de nitratos existentes no solo, mas também, e especialmente, do volume de água de percolação, o qual depende da quantidade de água aplicada e do método de rega adoptado, das características do solo, designadamente da sua permeabilidade, da capacidade de retenção para a água e da espessura efectiva e, naturalmente, da quantidade absorvida pelas plantas. Os riscos de poluição têm ainda a ver com a profundidade a que se encontra a zona saturada do solo (MA, 2007b).

São referidas áreas de maior risco aquelas em que se verifica, pelo menos, uma das seguintes condições: (a) solos de textura ligeira, sobretudo solos arenosos, dotados de grande permeabilidade, com baixo poder de retenção da água; (b) ocorrência de um aquífero freático relativamente superficial, até 2 m de profundidade; (c) solos delgados, com espessura efectiva inferior a 15-20 cm sobre rocha fissurada; (d) solos sujeitos a cultura intensiva, com aplicação de quantidades exageradas de fertilizantes ricos em azoto; (e) solos relativamente permeáveis submetidos à cultura do arroz. Nas áreas com solos de textura média, de baixa permeabilidade e de reduzida capacidade de retenção para a água, medianamente espessos (espessura efectiva não inferior a 50-60 cm), com um aquífero freático mais ou menos profundo (entre 2 e 15-20 m), os riscos de poluição das águas subterrâneas com nitratos são relativamente moderados. As áreas de baixo risco são aquelas em que os solos possuem textura fina, sobretudo argilosos, com reduzida permeabilidade e elevada capacidade de retenção da água, com espessura efectiva superior a 60-70 cm e a zona saturada abaixo dos 20 m de profundidade (MA, 2007b).

Este artigo refere ainda algumas recomendações no sentido de prevenir a poluição por nitratos das águas subterrâneas e superficiais em zonas de agricultura de regadio, das quais se destacam: uma correcta gestão da água, no sentido de evitar ou reduzir ao mínimo as suas perdas por escoamento superficial ou por infiltração profunda; a criação de condições favoráveis para uma eficiente absorção dos nitratos pelo raizame das culturas. Para atingir tais objectivos deverá considerar-se o seguinte: (a) aplicar o volume de água adequado (dotação de rega), o qual é função das características do solo a regar, designadamente da sua capacidade de retenção para a água, do seu grau de humidade na altura da rega e da espessura da camada a humedecer; (b) fazer a aplicação da água de rega de maneira uniforme no terreno, evitando zonas com excesso de água que possam originar escoamentos superficiais ou infiltrações profundas; (c) fazer as regas com oportunidade, isto é, antes que as plantas comecem a sofrer de carência hídrica; assim se conseguirá maximizar a absorção de água e de nutrientes do solo, reduzindo a quantidade de azoto residual após as colheitas, o qual é susceptível de ser mais tarde lixiviado pelas chuvas; (d) aplicar as quantidades de azoto de acordo com

a produção esperada, estimada em função da capacidade produtiva da cultura utilizada, da disponibilidade de água para rega e de outros factores de produção, procurando assim evitar-se excesso de azoto no solo após as colheitas; (e) promover ou estimular a expansão em profundidade do raizame das culturas por forma a explorar um maior volume de terra e fazer um melhor uso da água e dos nutrientes, designadamente dos nitratos. Nesse sentido convirá atrasar a primeira rega, forçando, deste modo, as raízes a procurar a água de que necessitam em camadas mais profundas do perfil do solo; (f) adoptar o método e processo de rega mais apropriados, os quais dependerão de vários factores, designadamente das características do solo e da topografia do terreno, da qualidade e abundância da água disponível, das exigências específicas da cultura e das condições climáticas da região em que se situe a área a regar (MA, 2007b).

3.18 Caracterização da concentração de nitratos com base nos resultados da Rede de Monitorização do SNIRH

A ARH-Algarve com orientação do INAG definiu uma rede de monitorização para avaliar a eficiência dos Programas de Acção implementados na ZVF, que totaliza 39 pontos de água (Stigter, 2005), distribuindo-se 20 no sistema aquífero M12, dois no sistema aquífero M11, nove no sistema aquífero M10, oito no sistema aquífero M9 e dois estão localizados fora do limite da ZVF (Figura 3.17 com a localização da rede de monitorização de qualidade). No M12 existem inventariados oito furos que extraem as formações dos calcarenitos do Miocénico (com profundidades compreendidas entre 62 a 195 m), sete que extraem as areias do Mio-Plio-Quaternário (com profundidades entre 26 e 67 m), três que extraem as areias e cascalheiras do Plio-Quaternário (com profundidades entre 14 e 25 m) e dois que extraem de uma profundidade que não é conhecida. No M11 os dois furos referidos estão a captar as formações dolomíticas do Cretácico, no M10 estão a captar dos calcários e margas do Cretácico, com profundidades que chegam aos 144 metros, com excepção de dois furos que chegam aos calcários do Jurássico, no M9 todos os furos captam das formações calcárias do Jurássico e atingem os 250 metros de profundidade.

Relativamente ao plano de monitorização, este é feito semestralmente desde 1995, no fim do período seco e no fim do período húmido, que se traduz em meados de Outubro/Novembro e Abril/Maio de cada ano, respectivamente. Começaram por ser monitorizados, em 1995, 14 furos nos quatro aquíferos que integram a ZVF, destacando-se um número mais relevante no M12, com 10 furos. Desde então a rede tem vindo a ser alargada e em 1997/98 passou a ser formada por 30 furos. Desde 2002 que são monitorizados um total de 34 furos, tendo cinco sofrido uma interrupção nos registos. O Quadro 3.15 resume a informação referida neste parágrafo relativa aos furos de monitorização da rede de qualidade do SNIRH.

Com base nas séries da concentração de nitratos (NO_3) disponíveis no SNIRH foram elaborados diagramas de caixa para cada furo da rede de qualidade da ZVF (Figura 3.40). Foram também calculados alguns parâmetros estatísticos (mínimo, média, máximo e amplitude máxima de variação) das séries de NO_3 analisadas que se apresentam na última coluna do Quadro 3.15. Os dois furos com apenas três valores não são incluídos no gráfico (611/106 e 607/56). Verifica-se que o valor médio excede o VP de 50 mg/L, em 22 furos dos 39 monitorizados, sendo esta situação mais frequente no M12, verificando-se em 16 furos dos 20 monitorizados. As formações aquíferas

intersectadas por este conjunto de furos do M12 são as areias do Mio-Plio-Quaternário e os calcarenitos do Miocénico e os valores médios de NO₃ variam entre 68 e 253 mg/L para o aquífero freático e entre 80 e 211 mg/L para o aquífero confinado. Os valores médios mais elevados, de 313 mg/L foram detectados no furo mais a Sul da área (611/260), não se conhecendo a profundidade a que está a captar. Com base nesta informação ambos os aquíferos têm concentrações próximas de NO₃, que variam espacialmente. Os quatro furos onde se detectam concentrações médias abaixo do VP localizam-se nos extremos da zona central da Campina de Faro, nomeadamente 611/229 a E e 611/159 e 611/175 a W, e o furo 611/187 que se localiza fora do limite da ZVF. Relativamente aos restantes aquíferos da ZVF, as concentrações nestes 19 furos são normalmente mais baixas e os valores médios variam entre 4 e 102 mg/L. Salienta-se que no M10 os valores máximos excedem o VP em todos os furos (com excepção de um) e que no M9 esta situação só se verifica em três furos. Parece claro com esta análise que, a área mais poluída é a zona Sul da ZVF, localizada no M12, correspondendo aos aquíferos freático do Mio-Plio-Quaternário e confinado do Miocénico.

Uma análise semelhante realiza por Stigter (2005), com informação até Novembro de 2003, revelou igualmente que as concentrações mais elevadas de NO₃ se detectam na parte central e Sul da ZVF.

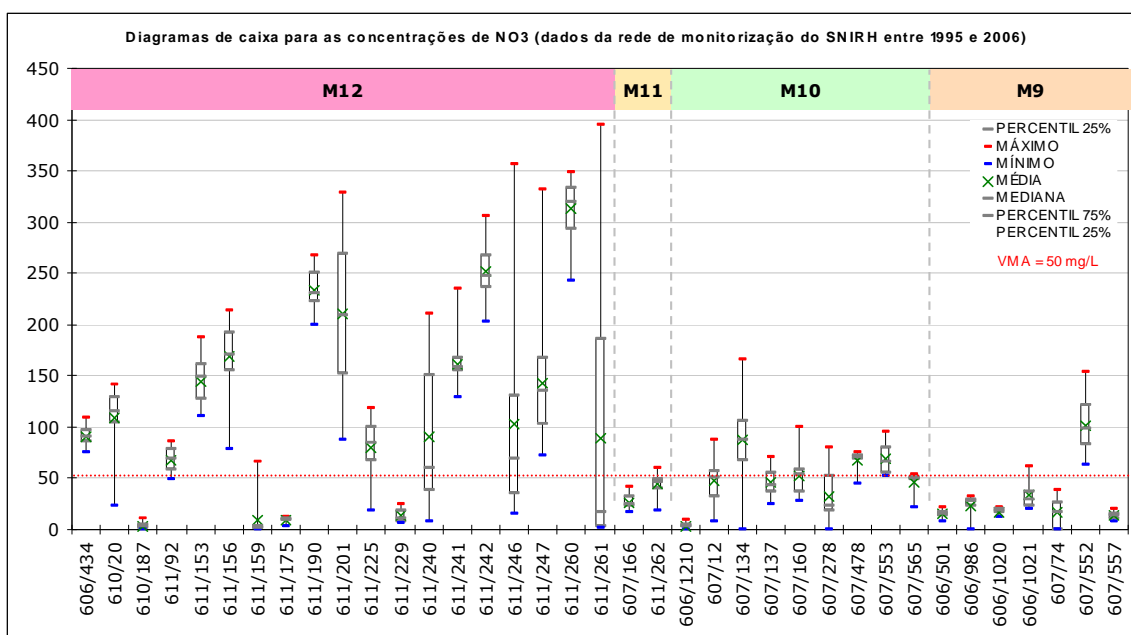


Figura 3.40 – Diagramas de caixa para as concentrações de nitratos nos furos da rede de monitorização do SNIRH inseridos na ZVF, entre 1995 e 2006.

A Figura 3.41 e a Figura 3.43 mostram a evolução da concentração de NO₃, entre os anos de 1995 e 2006, nos furos que captam o aquífero freático e o aquífero confinado, respectivamente. Pretendeu-se fazer uma análise comparativa em função da distribuição dos valores de precipitação mensal registada na estação udométrica de Estói, representados no gráfico de barras (os valores assinalados no gráfico referem-se à precipitação anual). Um aspecto a ter em consideração nesta análise é o facto de a aplicação dos adubos na ZVF ser feita através da água de rega. A concentração elevada de NO₃, após a época das chuvas evidencia que, uma parte do azoto aplicado durante o período seco não foi suficientemente assimilado pelas raízes das plantas ou foi aplicado em excesso, sendo posteriormente transportado para a zona saturada por infiltração da

precipitação mais intensiva. Por outro lado, a concentração de NO_3 mais elevada após o período seco revela que, ou a rega foi realizada com volumes excessivos que não permitiram uma assimilação atempada do azoto pelas plantas ou que a carga aplicada foi também excessiva. Supondo uma aplicação constante de azoto, no final do período húmido as concentrações de NO_3 aumentam pela maior mobilidade deste ião. Após o período seco as concentrações de NO_3 diminuem, se a aplicação de azoto for realizada em concentrações mínimas necessárias para a assimilação pelas raízes das plantas.

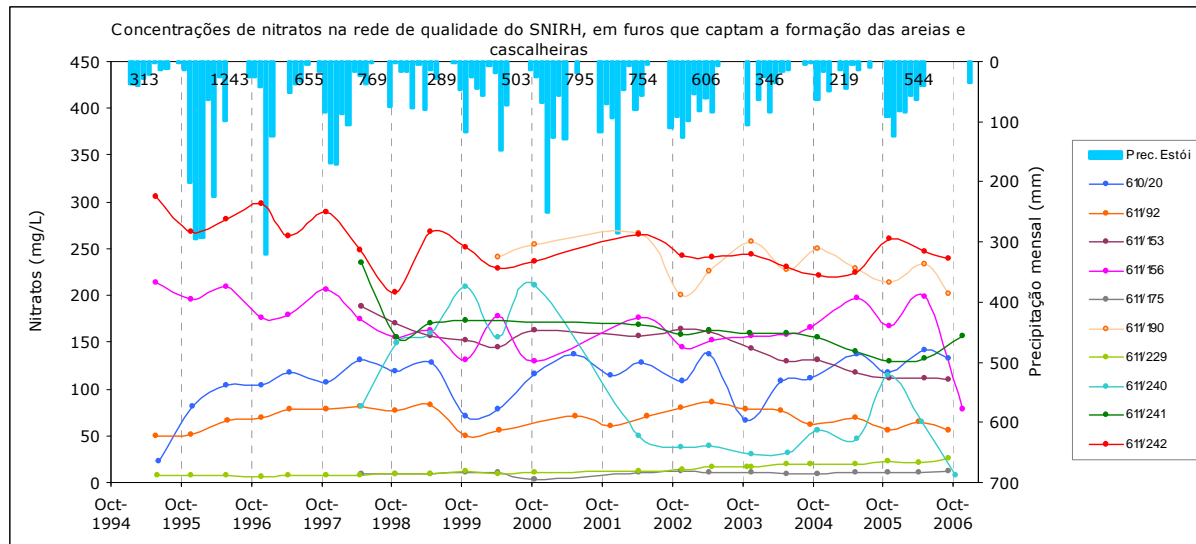


Figura 3.41 – Concentrações de nitratos na rede de qualidade do SNIRH dos furos/poços que captam o aquífero freático (areias e cascalheiras do Mio-Plio-Quaternário) e precipitação mensal registada em Estói.

A análise da Figura 3.41 permitiu concluir os aspectos que se referem, individualizados para cada um dos furos que captam o aquífero freático:

- A evolução da concentração de NO_3 é realmente muito heterogénea entre furos diferentes e no mesmo furo. Se por um lado, em alguns casos, se verificam as concentrações mais elevadas após o período da estação húmida, noutros casos verifica-se a situação oposta. Dentro da primeira situação referida insere-se o furo **610/20** no qual o da sazonalidade tem um comportamento muito regular com importantes variações na concentração do NO_3 (oscilação máxima de 203 mg/L), possivelmente pela localização do furo junto à ribeira das Gambelas, que se traduz no carácter influente do curso de água. O mesmo sucede com o furo **611/92** que revela um comportamento muito semelhante ao anterior, mas com variações de NO_3 menos pronunciadas (oscilação máxima de 37 mg/L); localiza-se junto ao limite SE da ZVF, não sendo contudo o efeito de sazonalidade atribuído à proximidade de um curso de água. Nas situações em que o efeito de sazonalidade fica mascarado por outras causas, ficam os furos 611/242 e 611/156, com anos em que o NO_3 aumenta, após a época das chuvas, e outros em que diminui. O furo **611/242**, onde se detectaram as concentrações mais elevadas de NO_3 , tem um comportamento muito variável, sem ligação aparente com os efeitos de sazonalidade (oscilação máxima de 103 mg/L). O furo **611/156**, situado junto à ribeira das Lavadeiras, com um comportamento semelhante ao anterior durante uma parte significativa do período em análise. O furo **611/190**, localizado junto à ribeira de Marchil, apresenta concentrações de NO_3 elevadas com variações pronunciadas (oscilação máxima de 67 mg/L) e irregulares.

• O furo **611/240** apresenta as oscilações mais pronunciadas na concentração de NO_3 (valor máximo de 203 mg/L) e a sua localização junto ao rio Seco poderá estar relacionada com estas variações (Figura 3.42). A tendência geral é de subida, após os períodos secos, e de descida, após os períodos húmidos. Parece haver uma ligação entre este furo e o escoamento superficial no rio Seco, em que, após a ocorrência de infiltração da água do rio as concentrações tendem a decrescer. A tendência geral é de subida acentuada após o período seco de três anos consecutivos (1998-2000) e uma descida para valores abaixo do VP em 03/2002 e 10/2006. A descida de valores a partir do ano hidrológico 2000/01 (<50 mg/L) e a sua estabilidade nos dois anos hidrológicos seguintes, 2001/02 e 2002/03, e a descida no ano hidrológico de 2005/06, coincidem com valores elevados de precipitação anual registados na estação udométrica de Estói (*i.e.* 795 mm, 763 mm, 606 mm e 544 mm, respectivamente) e com a ocorrência de escoamento superficial no rio Seco durante o período de Inverno (Figura 3.42). A situação inversa, de subida das concentrações de NO_3 , verificou-se no final do período seco dos anos hidrológicos de 1997/98 a 1999/00 e de 2003/04 a 2004/05. Nestes anos os valores de precipitação anual foram de 769 mm, 289 mm, 503 mm, 346 mm e 219 mm, respectivamente. A ocorrência de escoamento superficial no rio Seco durante o período de Inverno nestes anos foi nulo ou muito baixo. Chama-se atenção para a precipitação ocorrida no ano hidrológico de 1997/98, em que, apesar de um valor elevado, para este ano contribuíram essencialmente os eventos ocorridos no primeiro semestre do ano e que a subida de NO_3 se refere ao segundo semestre do ano, durante o qual a precipitação foi menor e o escoamento superficial praticamente nulo (os aspectos referidos neste parágrafo sobre a análise do escoamento superficial no rio Seco são descritos com maior detalhe na Secção 3.17). O que se descreveu mostra a conexão hidráulica entre as águas superficiais e subterrâneas e o efeito de melhoria da qualidade da água, eventualmente por diluição, observado localmente na água subterrânea após episódios intensos de escoamento superficial no rio Seco. Esta ocorrência de melhoria da qualidade da água subterrânea, que se conseguiu naturalmente e apesar de localizada, constitui um facto de extrema importância no âmbito do objectivo proposto neste trabalho e que será aprofundado nos Capítulos seguintes.

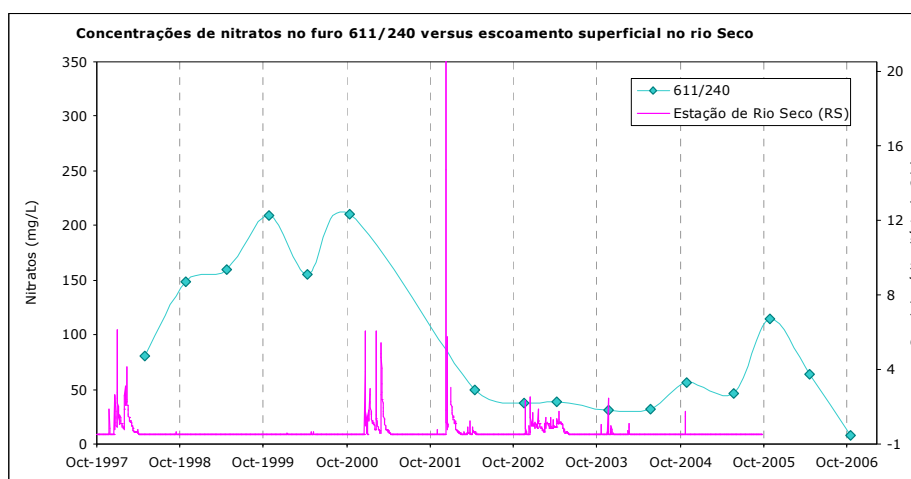


Figura 3.42 – Concentração de nitratos no furo 611/240 versus escoamento superficial na estação hidrométrica de Rio Seco

• Nos dois anos hidrológicos em que se registaram os valores mais baixos de precipitação anual (2003/04 e 2004/05, com 346 mm e 219 mm, respectivamente) parece existir

uma tendência geral para alguma estabilidade nas concentrações de NO₃ durante este período.

- Os dois furos com concentrações mais baixas (<50 mg/L) - 611/229 e 611/175 não têm sofrido qualquer variação significativa na série analisada (oscilação máxima de 18 e 9 mg/L, respectivamente);
- A evolução da concentração de NO₃ no furo 611/241 apresenta poucas oscilações. Contudo é o único desta Figura que revela uma tendência de subida no último registo, referente ao fim do período seco (Outubro/2006). Os restantes furos revelam, neste período, a situação oposta que se enquadra melhor com o cenário expectável.

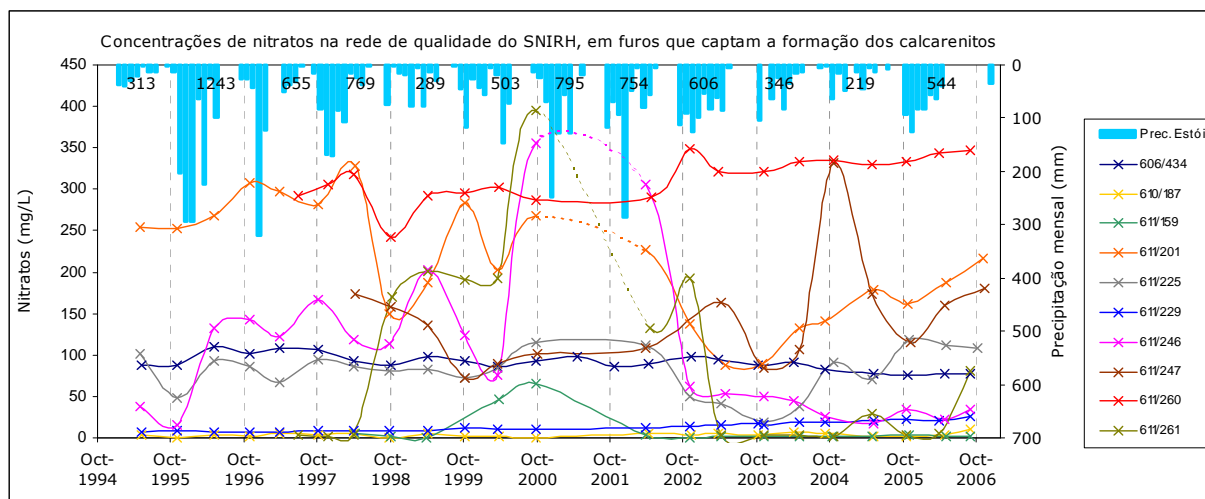


Figura 3.43 - Concentrações de nitratos na rede de qualidade do SNIRH dos furos/poços que captam o aquífero confinado (calcarenitos do Miocénico) e precipitação mensal registada em Estói.

A análise da Figura 3.43 que mostra a evolução das concentrações de NO₃ no aquífero confinado da Campina de Faro, permitiu concluir os seguintes aspectos:

- Destacam-se alguns furos com oscilações muito pronunciadas na concentração de NO₃. A recarga destas formações é feita de forma indirecta, por circulação profunda de água infiltrada nas formações cretácicas e jurássicas que afloram a Norte, não sendo de esperar uma situação de causa-efeito com a precipitação tão clara. As variações das concentrações de NO₃, neste caso, podem atribuir-se a vários factores: a) conexão hidráulica criada com o aquífero superior que possibilita a propagação da contaminação ao aquífero confinado, devido à ausência, em alguns locais, da camada confinante entre os dois aquíferos; b) a extracção no aquífero confinado que poderá inverter o gradiente hidráulico; c) conexão hidráulica criada artificialmente no interior dos poços quando se procedeu a construção de furos mais profundos no seu interior que captam o aquífero confinado, sem isolamento das camadas aquíferas.
- Os furos com concentrações mais baixas (610/159, 610/187, 611/229), inferiores ao VP apresentam uma evolução constante (oscilação máxima de 65 mg/L devido a uma situação pontual no primeiro furo referido, nos restantes tem-se 11 e 18 mg/L).
- Os restantes furos apresentam concentrações superiores ao VP, sendo os valores mais elevados registados pontualmente e na mesma altura nos furos 611/246 e 611/261 (356 mg/L e 395 mg/L, respectivamente). O furo 606/434 apresenta valores muito constantes, sem nenhuma oscilação significativa. Destaca-se uma subida da concentração de NO₃ em simultâneo (10/2000), mais acentuada nos furos 611/246 e

611/201 e menos acentuada nos furos 611/225, 611/247 e 611/159. Após um período sem medições, as concentrações são repostas em 10/2002.

Foram interpolados os valores da concentração de NO₃ no aquífero freático (Figura 3.44 e Figura 3.45) e no aquífero confinado (Figura 3.46 e Figura 3.47), com os dados mais recentes disponíveis, correspondentes ao fim da estação húmida (Maio/2006) e ao fim da estação seca (Outubro/2006). A distribuição dos valores indica neste período, uma zona mais poluída na parte central da região da Campina de Faro, situada predominantemente a NW no aquífero freático e a Sul no aquífero confinado.

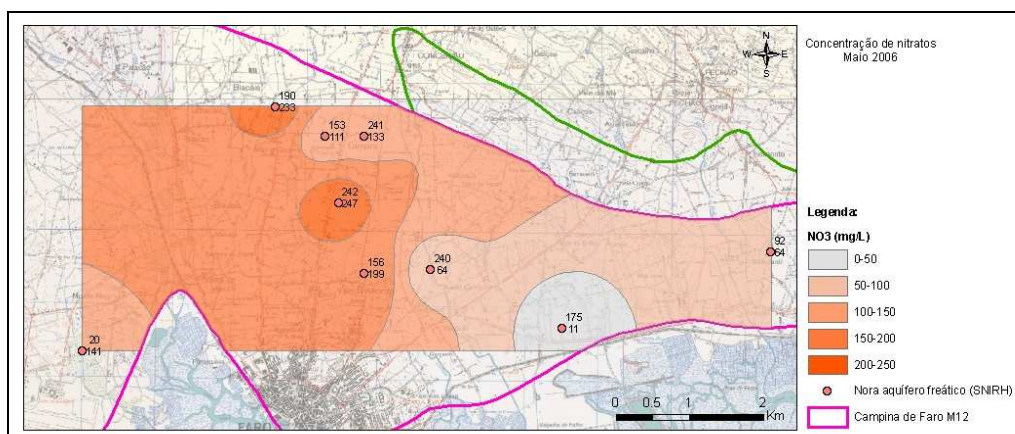


Figura 3.44 - Distribuição da concentração de nitratos registados na rede de monitorização do SNIRH do aquífero freático relativo ao M12 e ZVF, em Maio de 2006.

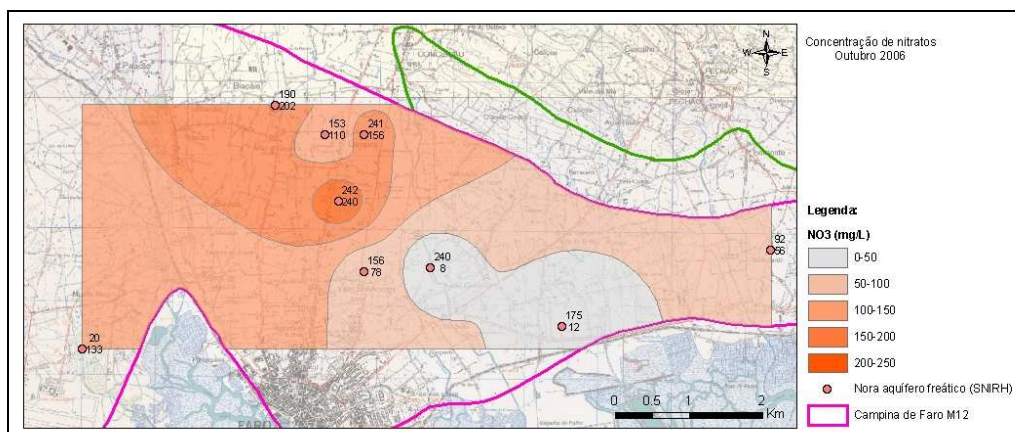


Figura 3.45 - Distribuição da concentração de nitratos registados na rede de monitorização do SNIRH do aquífero freático relativo ao M12 e ZVF, em Outubro de 2006.

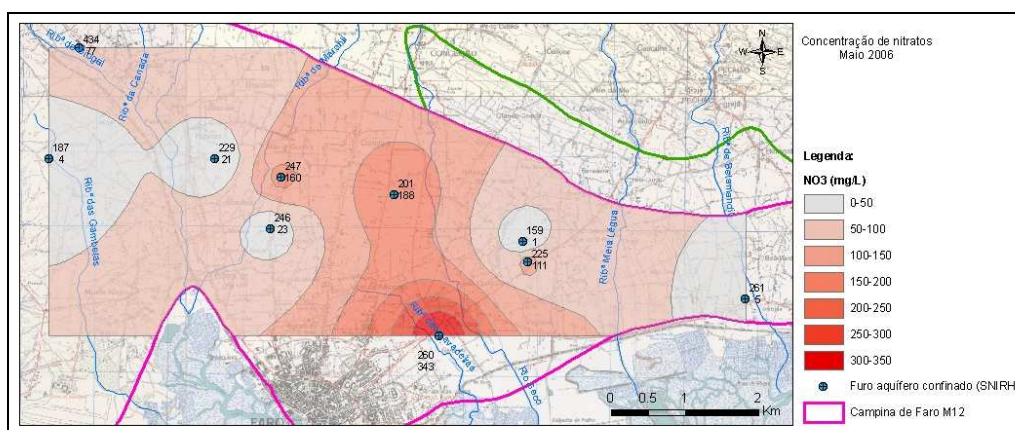


Figura 3.46 – Distribuição da concentração de nitratos registados na rede de monitorização do SNIRH do aquífero confinado relativo ao M12 e ZVF, em Maio de 2006.

Quadro 3.15 – Caracterização de pontos de água pertencentes à rede de monitorização da qualidade do SNIRH inseridos na ZVF (a)

Nº DE INVENTÁRIO	M (m)	P (m)	REGIÃO	AQUÍFERO CAPTADO	FORMAÇÃO/IDADE CAPTADA	PROF. do FURO (m)	ALTITUDE (m)	INCIO DO REGISTO	FIM DE REGISTO	Nº DE VALORES DA SÉRIE	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS NO3 (mg/L)			
											MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	VARIAÇÃO
606/434	214560	10660	Patacão	M12	Calcarenito do Miocénico	88	18	05/1995	09/2006	24	75,0	91,1	109,3	34,3
610/20	214770	6600	Marchil	M12	Areia do Mio-Plio-Quaternário	67	8	06/1995	09/2006	24	22,4	108,9	141,0	118,6
610/187 ^{b)}	214150	9150	Gambelas	M12	Calcarenito do Miocénico	84	27	05/1995	09/2006	22	0	3,7	11,0	11,0
611/92	224120	7940	Bela Mandil	M12	Areia do Mio-Plio-Quaternário	66	21	05/1995	09/2006	23	49,9	68,3	86,4	36,5
611/106	216610	7040	Pontes de Marchil	M12	Areias e cascalheiras do Plio-Quaternário	14	7,1	04/1998	04/1999	3	137,6	152,9	167,5	29,9
611/153	218070	9500	Campina	M12	Areia do Mio-Plio-Quaternário	30	19,0	04/1998	09/2006	16	110,0	144,4	187,5	77,5
611/156	218600	7650	Vale da Amoreira	M12	Areias e cascalheiras do Plio-Quaternário	25	10	05/1995	11/2006	22	78,0	168,3	213,4	135,4
611/159	220590	8030	Areal Gordo	M12	Calcarenito do Miocénico	105	26	04/1998	09/2006	15	0,2	9,0	65,6	65,4
611/175	221290	6900	Virgílios	M12	Areia do Mio-Plio-Quaternário	26	4,89	04/1998	09/2006	16	3,4	9,6	12,0	8,6
611/190	217400	9900	Mar e Guerra	M12	Areias e cascalheiras do Plio-Quaternário	17	14,0	04/2000	09/2006	12	200,4	233,5	267,0	66,6
611/201	218840	8670	Carreiros	M12	Calcarenito do Miocénico	62	13,7	05/1995	11/2006	22	87,2	210,9	328,8	241,6
611/225	220650	7750	Areal Gordo	M12	Calcarenito do Miocénico	100	19	05/1995	10/2006	22	18,3	80,4	119,0	100,7
611/229	216400	9150	Braciais	M12	Calcarenito do Miocénico	195	13	05/1995	09/2006	23	6,7	13,1	25,0	18,3
611/240	219500	7700	Areal Gordo	M12	Areia do Mio-Plio-Quaternário	45	5	04/1998	10/2006	16	7,5	90,1	210,3	202,8
611/241	218600	9500	Campina	M12	Areia do Mio-Plio-Quaternário	50	17	04/1998	11/2006	14	129,0	161,1	235,2	106,2
611/242	218250	8600	Carreiros	M12	Areia do Mio-Plio-Quaternário	66	14	05/1995	09/2006	22	203,4	252,6	305,9	102,5
611/246	217150	8200	Braciais	M12	Calcarenito do Miocénico	110	12	05/1995	09/2006	22	15,3	102,6	356,0	340,7
611/247	217300	8900	Braciais	M12	Calcarenito do Miocénico	150	14	04/1998	11/2006	15	72,2	143,3	331,3	259,1
611/260	219450	6750	Garganta	M12	?	?	8	07/1997	09/2006	18	242,0	313,1	348,0	106,0
611/261	223600	7250	Torrejão	M12	?	?	6	07/1997	09/2006	18	2,3	89,6	394,8	392,5
607/166	219440	10140	Canada	M11	Dolomite do Cretácico	62	25	11/2002	11/2006	9	17,0	26,4	42,0	25,0
611/262	220200	9600	Chão de Cevada	M11	Dolomite do Cretácico	?	40	07/1997	09/2006	18	18,5	43,9	60,0	41,6
606/1210	211522	12914	Troto	M10	Calcários e Margas do Cretácico	?	-	11/2002	11/2006	8	0,2	3,8	8,7	8,5
607/12	216750	11090	Braciais	M10	Calcários e Margas do Cretácico	26	38	05/1998	09/2006	15	8,0	46,9	88,0	80,0
607/134	218650	10250	Campina	M10	Calcários e Margas do Cretácico	60	23	05/1995	09/2006	22	0,1	87,7	166,1	166,1
607/137	218100	10500	Campina	M10	Calcários e Margas do Cretácico	144	24	05/1998	05/2005	12	24,6	45,9	70,9	46,3
607/160	220750	10600	Caliços	M10	Calcários e Margas do Cretácico	117	85,4	11/2002	09/2006	9	27,6	52,1	100,0	72,4
607/278 ^{b)}	224420	12600	Vale das Gralhas	M10	Calcário do Jurássico	100	81	05/1995	11/2006	20	0,1	31,7	80,6	80,5
607/478	219900	11003	Pé do Outeiro	M10	Calcários e Margas do Cretácico	80	48	05/2002	05/2005	7	44,0	67,7	74,5	30,5
607/553	217300	12100	Bela Salema	M10	Calcário do Jurássico	?	40	07/1997	09/2006	16	52,9	68,7	94,8	41,9
607/565	221257	12390	Barros	M10	Calcários e Margas do Cretácico	?	-	06/2002	09/2006	9	21,0	45,7	53,0	32,0
606/501	213110	13680	Esteval	M9	Calcário do Jurássico	80	42	11/2002	11/2006	9	7,2	15,0	21,6	14,4
606/986	215300	13500	Falfosa	M9	Calcário do Jurássico	200	68	04/1998	10/2006	10	0,1	23,4	32,0	31,9
606/1020	215400	12600	Mata Lobos	M9	Calcário do Jurássico	194	48	11/1995	10/2006	14	12,0	17,5	21,0	9,0
606/1021	215950	13500	Falfosa	M9	Calcário do Jurássico	?	69	07/1997	09/2006	17	19,2	34,3	62,0	42,8
607/56	216970	12300	Medronhal	M9	Calcário do Jurássico	34	45	11/2002	11/2003	3	93,4	102,2	114,5	21,1
607/74	218280	12360	Bela Salema	M9	Calcário do Jurássico	56	37	05/1995	11/2003	13	0,1	16,5	38,0	38,0
607/552	218500	13250	Medronhal	M9	Calcário do Jurássico	70	50	07/1997	11/2006	18	63,1	102,1	154,0	90,9
607/557	217350	13600	Medronhal	M9	Calcário do Jurássico	250	-	05/2002	10/2006	9	8,4	13,6	20,0	11,6

(a) origem dos dados SNIRH, Faro_INVENTAR/LNEC, Stigter (2005)

(b) segundo Stigter (2005) estes furos estão incluídos na rede de monitorização de qualidade do SNIRH na ZVF, apesar de se localizarem fora do limite desta zona. Sistemas aquíferos: M12 – Campina de Faro; M11 - São João da Venda-Quelfes; M10 - S. João da Venda-Quelfes; M9 - Almancil-Medronhal.

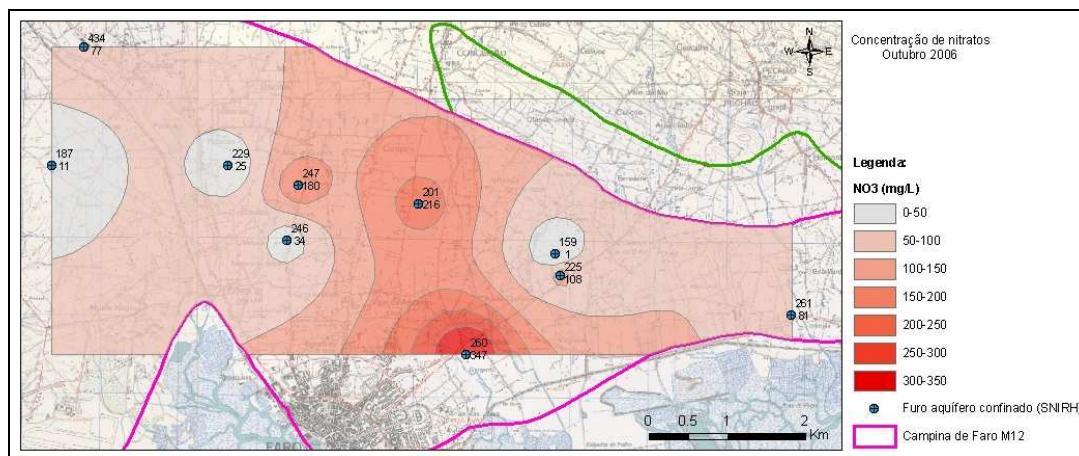


Figura 3.47 – Distribuição da concentração de nitratos registados na rede de monitorização do SNIRH do aquífero confinado relativo ao M12 e ZVF, em Outubro de 2006.

3.19 Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas

A vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas pode definir-se como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero. Não sendo um processo mensurável, existem vários métodos para estabelecer a vulnerabilidade de um sistema aquífero. Um desses métodos, que se utiliza neste trabalho, é o índice de vulnerabilidade DRASTIC (Aller *et al.*, 1987 in Lobo Ferreira *et al.*, 1995).

O índice DRASTIC considera parâmetros hidrogeológicos, morfológicos e outras formas de parametrização das características dos aquíferos, de um modo bem definido. Foi desenvolvido a partir dos seguintes pressupostos (Aller *et al.*, 1987 in Lobo Ferreira *et al.*, 1995):

- o contaminante é introduzido à superfície do terreno;
- o contaminante é transportado verticalmente até ao aquífero pela água de infiltração;
- o contaminante tem a mobilidade na água;
- a área mínima avaliada pelo DRASTIC é de 0,4 km².

O índice DRASTIC corresponde ao somatório ponderado de sete valores que caracterizam os seguintes sete parâmetros ou indicadores hidrogeológicos (cf. ALLER *et al.*, 1987 in Lobo Ferreira *et al.*, 1995):

- Parâmetro D – Profundidade do topo do aquífero (Peso = 5)
- Parâmetro R – Recarga do aquífero (Peso = 4)
- Parâmetro A – Material do aquífero (Peso = 3)
- Parâmetro S – Tipo de solo (Peso = 2)
- Parâmetro T – Topografia (Peso = 1)
- Parâmetro I – Influência da zona não saturada (Peso = 5)
- Parâmetro C – Condutividade hidráulica do aquífero (Peso = 3).

O índice de vulnerabilidade DRASTIC obtém-se através da seguinte expressão:

$$\text{DRASTIC} = D_p \times D_i + R_p \times R_i + A_p \times A_i + S_p \times S_i + T_p \times T_i + I_p \times I_i + C_p \times C_i$$

sendo *i* o valor atribuído ao parâmetro em causa e *p* o seu peso. O índice DRASTIC pode variar entre 23 e 226. De uma forma simples, pode-se considerar a seguinte relação

entre o índice de vulnerabilidade DRASTIC e a vulnerabilidade em termos qualitativos (Lobo Ferreira *et al.* (1995):

- índice DRASTIC superior a 199: que se considerou ser de vulnerabilidade muito alta;
- índice DRASTIC entre 160 e 199: que se considerou ser de vulnerabilidade alta;
- índice DRASTIC entre 120 e 159: que se considerou ser de vulnerabilidade intermédia;
- índice DRASTIC inferior a 120: que se considerou ser de vulnerabilidade baixa.

A vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas utilizando o índice de vulnerabilidade DRASTIC foi determinada por Lobo Ferreira *et al.* (1995), para a faixa costeira de Portugal Continental, tendo-se produzido a cartografia da vulnerabilidade à escala 1:100 000. O extracto do mapa que se apresenta na Figura 3.48 insere a área de estudo da Campina de Faro. Na região delimitada pelo sistema aquífero da Campina de Faro predominam os índices nas classes de vulnerabilidade intermédia (120-159) a baixa (<120), encontrando-se a zona agrícola inserida nesta última classe. As formações aluvionares, com uma importante fracção argilosa contribuem para uma baixa vulnerabilidade desta zona.

A aplicação de métodos de avaliação de vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas na região da Campina de Faro foi realizada mais recentemente por Stigter (2005). Os dois métodos paramétricos que aplicou foram o índice DRASTIC (*cf.* Figura 3.49) e o índice de Susceptibilidade (SI). Completou a sua análise pela validação dos métodos aplicados, *i.e.*, confrontou os resultados obtidos na área de estudo com as concentrações de nitratos e os níveis de salinização detectados nas águas subterrâneas. Conclui que existem grandes discrepâncias entre a vulnerabilidade estimada pelos dois métodos e o grau de contaminação observado, mas que o índice de vulnerabilidade SI mostra um melhor desempenho, devido à inclusão do parâmetro uso de solo.

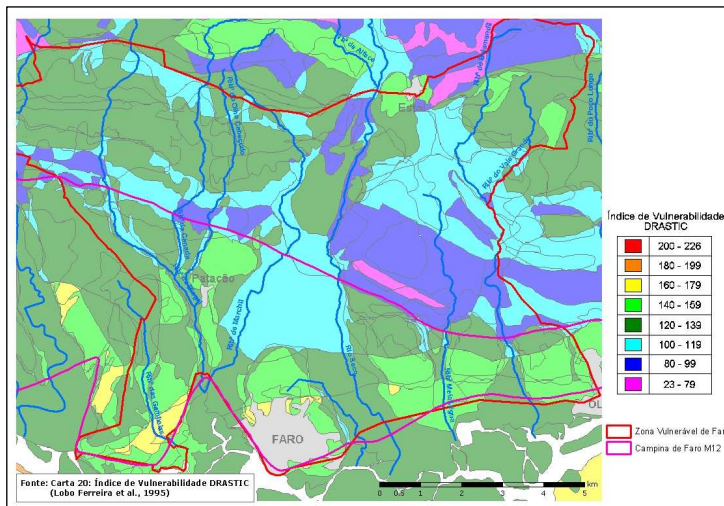


Figura 3.48 - Mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas à poluição utilizando o índice DRASTIC, aplicado à região da ZVF (adaptado de Lobo Ferreira *et al.*, 1995).

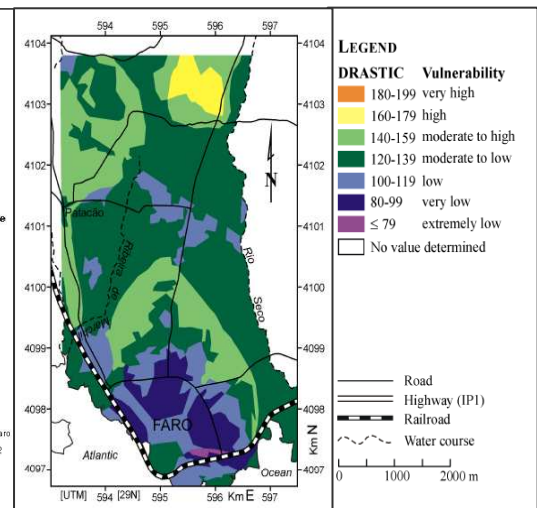


Figura 3.49 – Mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas utilizando o índice DRASTIC (extraído de Stigter, 2005)