



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE
Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/14/17372

ÁGUA, ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJECTO PROWATERMAN

Referência do projecto n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008

**Terceiro relatório temático – Resultados quantitativos e qualitativos
das campanhas de 2011 e balanços hídricos**

Relatório realizado para:
FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia
Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

Lisboa • Setembro de 2011

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 291/2011 – NAS

Financiamento

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

ÁGUA, ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJECTO PROWATERMAN

Referência do projecto n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008

**Terceiro relatório temático – Resultados quantitativos e qualitativos das
campanhas de 2011 e balanços hídricos**

Resumo

O presente relatório relata as quatro saídas de campo realizadas pelo LNEC no primeiro semestre de 2011, os resultados quantitativos e qualitativos obtidos nas campanhas, o balanço hídrico das duas zonas em estudo e uma análise à vulnerabilidade à poluição nas bacias hidrográficas em estudo.

WATER, AQUATIC ECOSYSTEMS AND HUMAN ACTIVITY – PROJECT PROWATERMAN

**3rd Thematic report – Quantitative and qualitative results of the 2011 campaigns and water
balances**

Abstract

This report presents the four field trips carried out by LNEC in the first semester of 2011, the quantitative and qualitative results obtained in those campaigns, the water balance of the two study-areas and an analysis of vulnerability to pollution of the river basins under study.

EAU, ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET ACTIVITEE HUMAINE – PROJET PROWATERMAN

**3^{ème} rapport thématique – Résultats quantitatives et qualitatives des campagnes de 2011 et
bilans hydriques**

Sommaire

Ce rapport presente les résultats des quatres visites de terrain effectuées par LNEC dans la première moitié de 2011, les résultats quantitatifs et qualitatifs obtenus dans les campagnes, le bilan hydrique des deux régions en l'étude et une analyse de la vulnérabilité à la pollution dans les bassins hydrographiques en l'étude.

Agradecimentos

Agradece-se à Dra. Maria José Henriques a compilação da informação e a realização dos quadros da saída de campo de 9 a 11 de Maio em Melides.

Agradece-se ao Dr. Tiago Martins pela aplicação do modelo BALSEQ_MOD à bacia a montante da barragem do Arade e pelo apoio dado para a aplicação do mesmo modelo nas outras áreas.

ÍNDICE DO TEXTO

1	INTRODUÇÃO	1
2	SÍNTESE DAS SAÍDAS DE CAMPO NO PRIMEIRO SEMESTRE DO ANO DE 2011	4
2.1	INTRODUÇÃO	4
2.2	SAÍDA DE CAMPO DE 22 E 23 DE FEVEREIRO DE 2011.....	4
2.3	SAÍDA DE CAMPO DE 7 DE ABRIL DE 2011 – MELIDES	5
2.4	SAÍDA DE CAMPO DE 09 A 11 DE MAIO DE 2011 – MELIDES.....	5
2.5	SAÍDA DE CAMPO DE 16 A 17 DE MAIO DE 2011 – ALGARVE	5
3	RESULTADOS OBTIDOS NAS CAMPANHAS DO PRIMEIRO SEMESTRE DO ANO DE 2011 ...	7
3.1	INTRODUÇÃO	7
3.2	RESULTADOS QUANTITATIVOS E OUTROS DADOS	7
3.3	RESULTADOS QUALITATIVOS.....	11
3.3.1	RESULTADOS DE PARÂMETROS ANALISADOS <i>IN-SITU</i>	11
3.3.2	RESULTADOS DE PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO	13
3.3.3	SÍNTESE DOS RESULTADOS DA CAMPANHA DE MELIDES PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	15
3.3.4	SÍNTESE DOS RESULTADOS DA CAMPANHA DE MELIDES PARA AS ÁGUAS SUPERFICIAIS	22
4	BALANÇO HÍDRICO DOS CASOS EM ESTUDO	24
4.1	METODOLOGIA	24
4.1.1	INTRODUÇÃO.....	24
4.1.2	MODELAÇÃO DA INFILTRAÇÃO SUPERFICIAL	25
4.1.3	MODELAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO	26
4.1.4	MODELAÇÃO DA VARIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO E DA INFILTRAÇÃO PROFUNDA 30	
4.1.5	ANÁLISE DOS DADOS HIDROLÓGICOS E DA INFORMAÇÃO SOBRE OS SOLOS E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O MODELO MATEMÁTICO	32
4.2	CASO DE ESTUDO EM MELIDES.....	33
4.2.1	DADOS DE ENTRADA.....	33
4.2.2	RESULTADOS	34
4.2.3	ESTUDO POR SUB-BACIAS.....	37
4.3	CASO DE ESTUDO NO ALGARVE	41
4.3.1	DADOS DE ENTRADA.....	41
4.3.2	RESULTADOS	42
4.3.3	ESTUDO POR SUB-BACIAS	45
5	VULNERABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (MÉTODO WRASTIC)	51
5.1	METODOLOGIA WRASTIC	51
5.2	CASO DE ESTUDO EM MELIDES.....	52
5.3	CASO DE ESTUDO NO ALGARVE	55
	BIBLIOGRAFIA	58
	ANEXO I – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 22 E 23 DE FEVEREIRO	59

ANEXO II – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 7 DE ABRIL DE 2011.....	67
ANEXO III – PONTOS DE AMOSTRAGEM NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES	76
ANEXO IV – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 9 A 11 DE MAIO DE 2011	77
ANEXO V – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS NO ALGARVE.....	80
ANEXO VI – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 16 E 17 DE MAIO DE 2011	81
ANEXO VII – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES – ÁGUA SUPERFICIAL	83
ANEXO VIII – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES – ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	85
ANEXO IX – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES – ÁGUA SUBTERRÂNEA (CONTINUAÇÃO)	87
ANEXO X – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO NO ALGARVE – ÁGUA SUPERFICIAL*	89
ANEXO XI – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO NO ALGARVE – ÁGUA SUBTERRÂNEA*	91
ANEXO XII – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO NO ALGARVE – ÁGUA SUBTERRÂNEA (CONTINUAÇÃO).....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Caso de estudo em Melides.....	2
Figura 2 – Caso em estudo no Algarve.....	2
Figura 3 – Mapa da concentração em nitratos nas amostras de água subterrânea no Algarve.....	14
Figura 4 – Mapa da concentração em cloretos nas amostras de água subterrânea no Algarve.....	14
Figura 5 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água subterrânea no Algarve.....	15
Figura 6 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água superficial no Algarve.....	15
Figura 7 – Pontos de recolha de amostras de águas na bacia de Melides, campanha de 9 a 11 de Maio de 2011.....	16
Figura 8 – Principais pressões existentes na bacia de Melides (adaptado de CCDR Alentejo, 2006)...	16
Figura 9 – Isopiezas na área de Melides.....	17
Figura 10 – Diagrama de Piper com a fácies hidroquímica das águas subterrâneas analisadas.....	18
Figura 11 – Resultados da concentração em nutrientes e boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	18
Figura 12 – Mapa da concentração em nitratos nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	19
Figura 13 – Mapa da concentração em potássio nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	19
Figura 14 – Mapa da concentração em boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	20
Figura 15 – Resultados da concentração em metais pesados nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	20
Figura 16 – Resultados da concentração em cloreto, sódio e magnésio e valores de condutividade eléctrica nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	21
Figura 17 – Mapa da condutividade eléctrica das águas subterrâneas analisadas em Melides.....	21
Figura 18 – Resultados da concentração em iões maiores e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides.....	22
Figura 19 – Resultados da concentração em potássio, nitratos, fosfatos e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides.....	23
Figura 20 – Resultados da concentração em metais nas águas superficiais analisadas em Melides....	23
Figura 21 – Conceptualização do processo de recarga no modelo de balanço hídrico sequencial diário.....	24
Figura 22 – Diagrama triangular para a classificação da textura do solo utilizando os limites da classificação portuguesa (adaptado de SROA, 1970, in Oliveira, 2004, 2006).....	25
Figura 23 – Situações consideradas durante o balanço hídrico para o caso do aumento da fracção ocupada por um determinado coberto vegetal ou da espessura do solo sujeita a evapotranspiração.....	28
Figura 24 – Termos representados no cálculo da infiltração profunda quando se utiliza o coeficiente cultural dual para o cálculo da evapotranspiração.....	31
Figura 25 – Precipitação média mensal de 1979 a 2009.....	34
Figura 26 – Recarga média anual na bacia hidrográfica de Melides.....	35
Figura 27 – Escoamento directo médio anual na bacia hidrográfica de Melides.....	36
Figura 28 – Divisão da área de estudo de Melides em sete sub-bacias.....	37
Figura 29 – Recarga média anual por sub-bacias.....	38
Figura 30 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias.....	38
Figura 31 – Precipitação média mensal para estação de Vale Barriga (corrigida).....	41
Figura 32 – Precipitação média mensal para estação de Alferce (corrigida).....	42
Figura 33 – Recarga média anual na zona de estudo no Algarve.....	43
Figura 34 – Escoamento directo médio anual na zona de estudo no Algarve.....	44
Figura 35 – Divisão em sub-bacias da bacia hidrográfica do Arade (excepto bacia hidrográfica da barragem do Arade).....	46
Figura 36 – Recarga média anual por sub-bacias.....	46

Figura 37 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias	47
Figura 38 – Mapa de aglomerados urbanos e a presença de ETAR e fossas sépticas na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)	53
Figura 39 – Mapa de estabelecimentos comerciais sem acesso à rede de águas residuais na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)	53
Figura 40 – Mapa de habitações com agropecuária na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006).....	54
Figura 41 – Imagem Google Earth da zona de Melides	55
Figura 42 – Equipa do PROWATERMAN em Melides	59
Figura 43 – Vista geral da barragem do Arade	61
Figura 44 – Fonte de Louseiros	61
Figura 45 – Contacto entre formações terciárias e xistos e ocupação vegetal na envolvente de Valinho da Estrada (esboço não à escala)	62
Figura 46 – Contacto entre xistos e formações terciárias na região de Valinho da Estrada	62
Figura 47 – Várzea a jusante da povoação de Melides e que se estende até à Lagoa de Melides	63
Figura 48 – Localização da nascente, ETAR, cemitério, furos e falha	63
Figura 49 – Aspecto da possível falha em Melides	64
Figura 50 – Localização dos poços.....	65
Figura 51 – Zona envolvente do poço P17	68
Figura 52 – Zona envolvente do poço P17A.....	68
Figura 53 – Zona envolvente ao poço P15	70
Figura 54 – Vista geral do poço P13.....	71
Figura 55 – Zona envolvente do poço P5	73
Figura 56 – Imagem do poço P4.....	74
Figura 57 – Localização dos pontos SUP2, SUP3 e SUP4.....	78
Figura 58 – Localização dos pontos SUP5 e SUP6.....	78

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 22 de Fevereiro de 2011.....	7
Quadro 2 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 7 de Abril de 2011.....	7
Quadro 3 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados em Melides	8
Quadro 4 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados em Melides	9
Quadro 5 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados no Algarve	10
Quadro 6 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados no Algarve	11
Quadro 7 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 22 de Fevereiro de 2011.....	11
Quadro 8 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo no dia 7 de Abril de 2011	11
Quadro 9 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água subterrânea)	12
Quadro 10 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água superficial)	12
Quadro 11 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água subterrânea)	13
Quadro 12 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água superficial)	13
Quadro 13 – Relação entre I_s e P para os casos em que $P > P_{lim}$, em função da textura do solo e do teor de humidade inicial.....	26
Quadro 14 – Dados estatísticos da precipitação diária utilizada como entrada no modelo BALSEQ_MOD para caso de estudo em Melides	33
Quadro 15 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para a bacia hidrográfica de Melides.	37
Quadro 16 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para as sub-bacias da bacia hidrográfica de Melides	39
Quadro 17 – Análise estatística mensal para a precipitação na estação de Alferce (corrigida) e Vale Barriga (corrigida)	42
Quadro 18 – Análise estatística do balanço hídrico obtido para a bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade)	45
Quadro 19 – Análise estatística mensal para as sub-bacias identificadas na zona do Algarve onde efectuou amostragem de água superficial	47
Quadro 20 – Parâmetros do método WRASTIC com o respectivo valor e peso	51

ÁGUA, ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJECTO PROWATERMAN

Referência do projecto n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008

Terceiro relatório temático – Resultados quantitativos e qualitativos das campanhas de 2011 e balanços hídricos

1 Introdução

O projecto PROWATERMAN, em desenvolvimento no Sul de Portugal tem a participação das seguintes instituições: Laboratório Nacional de Engenharia CIVIL (LNEC), Universidade do Algarve (UAAlg), Universidade Atlântica (UATla) e Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FFC/FC/UL).

Sendo um projecto que visa a integração de várias matérias da gestão de recursos hídricos, apresenta os seguintes objectivos principais:

- ◆ Analisar e compreender as dimensões ambientais, socioeconómicas e institucionais da sustentabilidade da água para garantir a qualidade deste recurso e aumentar a eficiência e equidade do seu uso, através de uma abordagem integrada da gestão dos recursos hídricos.
- ◆ Definir estratégias locais inovadoras para a gestão sustentável da água.
- ◆ Formular um conjunto de orientações de boas práticas para a conservação da qualidade e quantidade da água.

Neste projecto, além das tarefas de coordenação, o LNEC desenvolve actividade no âmbito da Tarefa 3 – Disponibilidades hídricas e vulnerabilidade, realizando os seguintes estudos:

- ◆ Estimativa da recarga de aquíferos utilizando o modelo BALSEQ_MOD (balanço sequencial diário), fazendo a integração de informação cartográfica relativa a: precipitação, evapotranspiração potencial, uso do solo, solos.
- ◆ Mapeamento das disponibilidades hídricas e qualidade da água.
- ◆ Definição de potenciais origens de água alternativas para recarga artificial, incluindo a determinação das áreas mais apropriadas para a recarga artificial – índice GABA-IFI.
- ◆ Produção de mapas de vulnerabilidade e análise de risco.
- ◆ Mapeamento das disponibilidades hídricas considerando as alterações climáticas.
- ◆ Proposta de recomendações de gestão e protecção dos recursos hídricos com base nos resultados obtidos no âmbito desta tarefa.

Como analisado nos primeiros relatórios do projecto existem duas zonas em estudo no Sul de Portugal: bacia hidrográfica de Melides (cf. Figura 1) e a zona central Algarve, que inclui a bacia hidrográfica do Arade e o sistema aquífero Querença-Silves (cf. Figura 2).

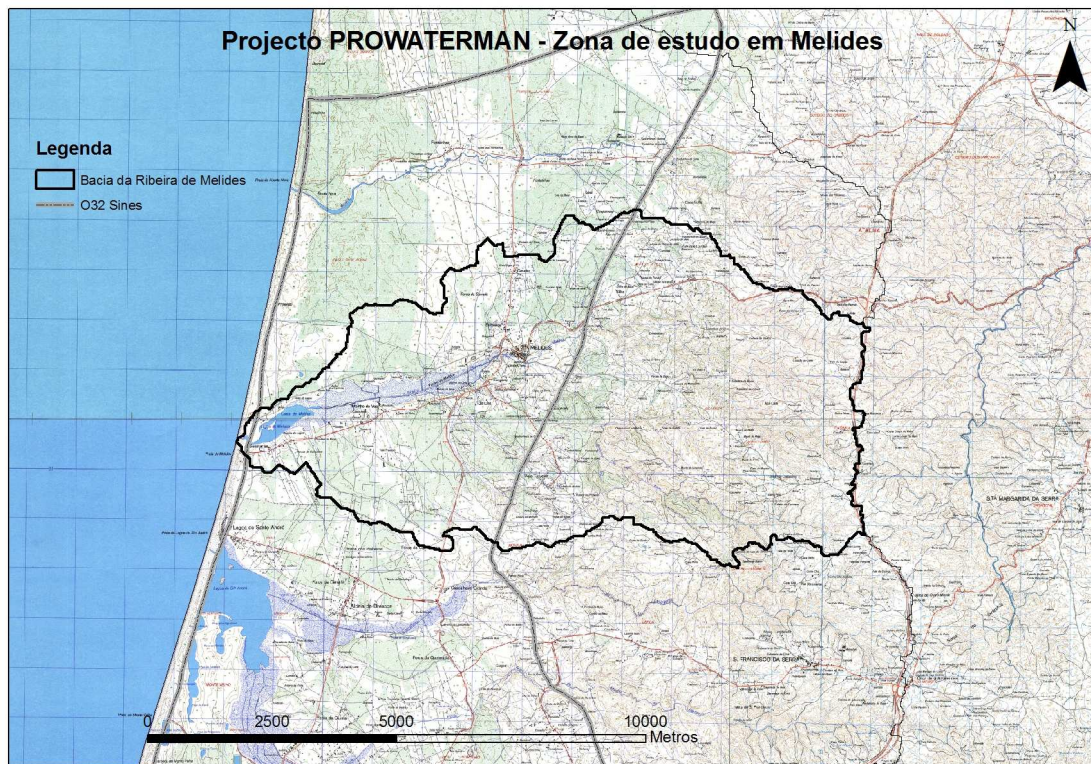


Figura 1 – Caso de estudo em Melides

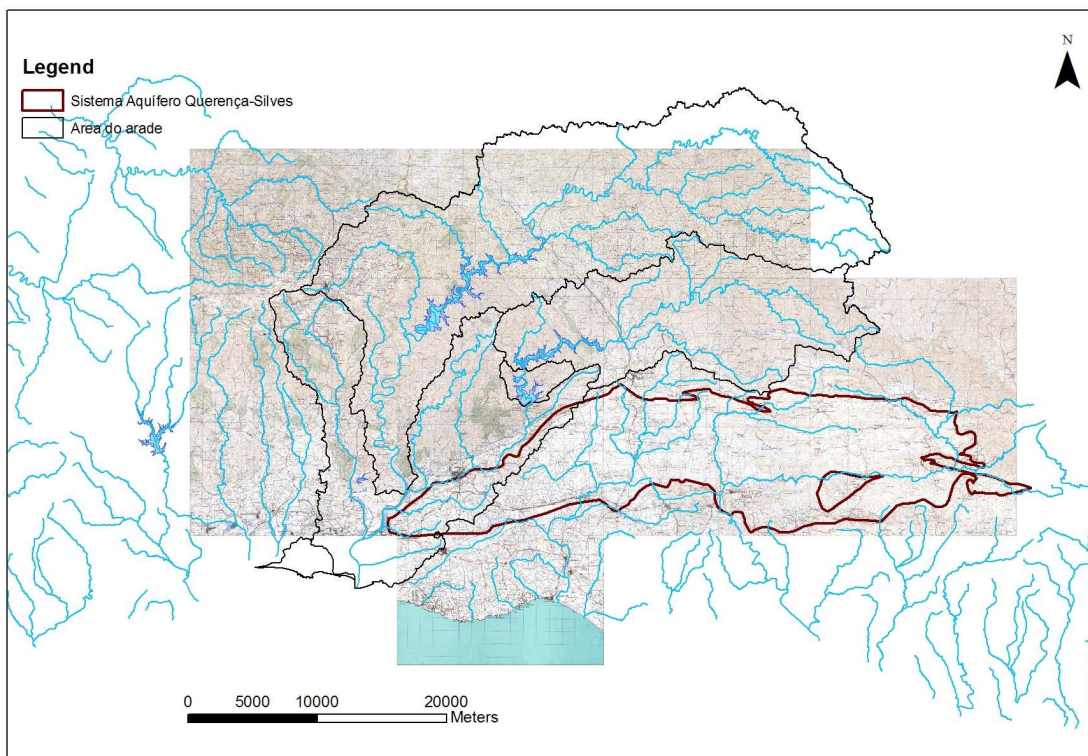


Figura 2 – Caso em estudo no Algarve.

Como identificado em Novo (2010), estas zonas em estudo apresentam características geológicas que afectam as características químicas da água e o seu balanço hídrico.

A bacia hidrográfica de Melides apresenta metade da sua área (aproximadamente) em meio arenoso e a outra metade em meio xistoso.

As bacias hidrográficas do Arade e de Odelouca são, na sua grande maioria, compostas por xistos e sienitos e uma pequena parte por outros materiais, como calcários. O sistema aquífero Querença-Silves é constituído quase na totalidade por calcários, sendo altamente carsificado.

O presente relatório relata as quatro saídas de campo realizadas no primeiro semestre de 2011, apresenta os resultados quantitativos e qualitativos obtidos nas campanhas – tal como uma análise preliminar aos valores obtidos – apresenta o balanço hídrico das duas zonas em estudo calculado através do modelo BALSEQ_MOD e integra, no último capítulo, uma análise à vulnerabilidade à poluição nas bacias hidrográficas em estudo, calculada pelo método WRASTIC.

2 Síntese das saídas de campo no primeiro semestre do ano de 2011

2.1 Introdução

O presente capítulo relata as saídas de campo realizadas pela equipa do LNEC no primeiro semestre de 2011 do projecto PROWATERMAN.

Neste ano realizaram-se quatro idas ao campo que tiveram diferentes objectivos, visando a primeira o primeiro reconhecimento efectivo do campo e as duas últimas campanhas de amostragens para uma análise qualitativa extensa.

Em termos de localização de campanhas, a primeira realizou-se nas duas zonas em estudo do projecto, a segunda e terceira campanha foi apenas na zona da bacia de Melides e a quarta campanha realizou-se apenas na zona do centro Algarvio (bacia do Arade e sistema aquífero Querença-Silves).

A primeira saída foi conjunta com todas as equipas de investigação do projecto, a segunda e última campanha apenas contaram com a presença de elementos do LNEC e a terceira campanha teve alguma interação em campo com elementos da FCUL e UAAtla.

Assim, de seguida, apresentam-se as sínteses dos relatórios de campo das saídas de a) 22 e 23 de Fevereiro de 2011, b) 7 de Abril de 2011, c) 9 a 11 de Maio de 2011 e d) 16 e 17 de Maio de 2011.

2.2 Saída de campo de 22 e 23 de Fevereiro de 2011

Os objectivos principais desta saída foram:

- a) Delimitar os casos de estudo,
- b) Identificar e caracterizar pontos e áreas de maior importância nos locais em estudo e
- c) Caracterizar as zonas que, no Algarve, seriam mais indicadas para o estudo de recarga artificial de sistemas aquíferos.

Tendo em conta os objectivos principais, verificou-se o desenvolvimento das seguintes áreas:

Na bacia da ribeira de Melides:

- Visualização e análise das principais características morfológicas da bacia;
- Análise das características geológicas da bacia;
- Análise do fluxo, quantidade e qualidade de recursos hídricos superficiais;
- Análise, através da visualização e do diálogo com habitantes locais, das principais pressões

da bacia;

- Identificação de vários pontos de água subterrânea não-inventariados e registo dos seus principais parâmetros, tais como, localização em GPS, nível piezométrico e relação com água superficial;

- Recolha de amostras de solo;

- Identificação conjunta dos melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos restantes parceiros;

No Algarve:

- Visualização, análise e entendimento das características hidrogeológicas do sistema aquífero Querença-Silves;

- Visualização e análise das principais características geomorfológicas da bacia, inclusive uma visita à barragem do Arade;

- Análise da quantidade e qualidade de recursos hídricos superficiais. Esta análise desenvolveu-se mais ao nível da zona do estuário do Arade;

- Identificação de vários pontos de água subterrânea não-inventariados e registo dos seus principais parâmetros, tais como, localização em GPS, nível piezométrico e relação com água superficial;

- Recolha de amostras de solo;

- Visualização e análise da zona – Fonte de Louseiros – onde se pretende realizar estudos de recarga artificial;

- Identificação conjunta dos melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos restantes parceiros;

Em complemento, desenvolveram-se reuniões com os parceiros do projecto (Universidade Atlântica, Universidade do Algarve e Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) durante a missão. Estas reuniões permitiram garantir a coerência das actividades dos vários parceiros do estudo e programar os próximos passos do projecto.

No Anexo I encontra-se um relato dos dois dias da saída de campo.

2.3 Saída de campo de 7 de Abril de 2011 – Melides

Os objectivos principais desta saída de campo foram a identificação de estruturas que possibilitassem amostragens futuras e o estudo hidrogeológico da área de estudo de Melides

Assim, tendo em conta os seus objectivos, procedeu-se à identificação de 13 pontos de água subterrânea (poços) onde se efectuaram as seguintes medições:

- Profundidade ao nível de água e altura da boca do poço,
- Coordenadas do ponto de água com o GPS,
- Medição de parâmetros *in-situ* para avaliação qualitativa da água nos poços,
- Recolha de duas amostras de solos.

No Anexo II encontra-se um relato da saída de campo.

2.4 Saída de campo de 09 a 11 de Maio de 2011 – Melides

Esta saída de campo teve como objectivos principais a obtenção de dados qualitativos *in-situ* e a obtenção de amostras para a análise da sua qualidade química para auxiliar a compreensão da contribuição difusa e pontual de eventuais processos de poluição em 25 pontos de água na zona de estudo de Melides.

A divisão das amostras foi feita da seguinte forma: a) 10 pontos de água superficial e b) 15 pontos de água subterrânea.

Os pontos de água superficial não tinham sido previamente identificados, tendo sido, dessa forma, necessárias algumas reuniões com os elementos da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e da Universidade Atlântica (UATla) de forma a identificar os melhores pontos para recolha de amostras e monitorização.

Alguns pontos subterrâneos já tinham sido identificados anteriormente nas saídas referidas na secção 2.2 e 2.3, no entanto, alguns pontos identificados em gabinete pertencendo à base de dados INVENTAR, e a outras bases de dados, não tinham sido ainda identificados em campo e foi necessária a sua identificação nesta saída de campo.

As amostras obtidas tinham como finalidade a análise dos seguintes parâmetros: vários parâmetros químicos, dois parâmetros microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes) e um parâmetro físico – a temperatura.

No Anexo III encontra-se uma imagem com a localização dos pontos monitorizados.

No Anexo IV relatam-se os trabalhos desenvolvidos nos três dias de campo realizado pela equipa de campo do LNEC, composta pelo Eng. Luís Oliveira e a Dra. Maria José Henriques.

2.5 Saída de campo de 16 a 17 de Maio de 2011 – Algarve

Esta saída de campo teve como objectivos principais a obtenção de amostras de água para análise qualitativa, obtenção de dados qualitativos *in-situ* e a obtenção de alguns dados quantitativos

de 25 pontos de água na zona de estudo do Algarve que envolve a bacia hidrográfica do Arade (sub-bacia de Odelouca) e o sistema aquífero Querença-Silves.

A divisão das amostras foi feita da seguinte forma: a) 10 pontos de água superficial e b) 15 pontos de água subterrânea.

Ao contrário da saída de campo para a amostragem da zona de Melides, a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) já tinha identificado, previamente, vários pontos de monitorização de água superficial. Em concordância com a Dra. Ana Pires da FCUL procedeu-se à escolha de 10 pontos superficiais.

Também em oposição à saída para Melides os pontos de amostragem da água subterrânea ainda não tinham sido identificados e foi necessária alguma escolha em campo, assim como a realização de reuniões com investigadores mais conhecedores da região, nomeadamente a Dra. Edite Reis da ARH do Algarve.

As amostras obtidas tinham como finalidade a análise de vários parâmetros químicos, dois parâmetros microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes) e um parâmetro físico – temperatura.

No Anexo V encontra-se uma imagem com a localização dos pontos amostrados na zona em estudo.

No Anexo VI relatam-se os trabalhos desenvolvidos nos dois dias de campo pela equipa de campo do LNEC, composta pelo Doutor Eng. Civil J.P. Cárcamo Lobo Ferreira Lobo Ferreira – Investigador-Coordenador e Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas, Dra. Teresa Leitão – Investigadora Principal do Núcleo de Águas Subterrâneas e o Eng. Luís Oliveira.

3 Resultados obtidos nas campanhas do primeiro semestre do ano de 2011

3.1 Introdução

Este capítulo pretende apresentar, de forma factual, os resultados quantitativos e qualitativos obtidos no âmbito da tarefa 3 do projecto PROWATERMAN nas quatro saídas de campo realizadas no primeiro semestre do ano de 2011.

3.2 Resultados quantitativos e outros dados

Os Quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6 resumem os resultados quantitativos obtidos nas diferentes campanhas do projecto PROWATERMAN. Também nestes quadros apresentam-se algumas características dos pontos de amostragem como a localização GPS, o tipo de ponto amostrado (no caso da água subterrânea) e algumas observações.

Quadro 1 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 22 de Fevereiro de 2011

Poço	X (GPS)	Y (GPS)	Boca (m)	Prof. nível (m)
A	520989	422 1045	Não registado	Não registado
B (1)/ GPS 11	521091	422 1063	1,00	2,29
C/GPS 12	521105	422 1049	0,50	1,57
PX	Não registado		0,73	2,48

Quadro 2 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 7 de Abril de 2011

Ponto	X (GPS)	Y (GPS)	Hora	Boca (m)	Prof. nível (m)	Prof. poço (m)
P19	529606	4221305	12:16	0,52	1,33	Não registado
P17	524788	4223552	13:35	0,82	2,67	7,80
P17A	524911	4223930	13:53	0,81	1,31	5,20
P16	524924	4224790	14:05	0,70	2,26	Não registado
P15	523855	4223781	15:15	0,77	1,60	3,80
P13	522562	4222607	16:24	0,55	9,19	11,25
P14	523956	4222535	17:30	0,90	SECO	7,80
P9	523476	4221413	17:45	0,67	2,98	5,50
P10	522858	4221757	18:05	0,72	4,37	9,80
P5	522224	4221536	18:28	1,20	1,22	4,55
P4	521027	4221286	18:50	0,90	Não registado	~7 m
P21	519632	4220746	19:15	0,90	2,23	2,80

Quadro 3 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados em Melides

Designação LNEC	ID	Tipo	Observações de campo	Data	Hora	Prof. nível (m)	Profundidade poço (m)
PX	111100171	Poço	Poço numa zona baixa em terreno baldio, nas encostas existem pinheiros e carvalhos; Água turva com sedimentos, presença de folhas decompostas e de abundantes algas verdes e rãs	09-05-11	13:30	2,62	7,59
P17	111100172	Poço	Poço num pinhal cujo terreno foi lavrado recentemente; Água turva com sedimentos e presença de rãs	09-05-11	13:56	3,10	7,8
Fonte de Olhos	111100173	Nascente	Fonte localizada em zona urbanizada; Água com aspecto limpo	09-05-11	15:45	-	-
P17A	111100174	Poço	Poço junto a um pinheiro e várias laranjeiras; Água turva com sedimentos, folhas de árvores e folhas decompostas	09-05-11	16:10	1,41	5,20
P15	111100175	Poço	Poço num laranjal; Água turva com sedimentos, presença de folhas decompostas, abundantes algas e rãs	09-05-11	17:20	1,50	3,80
P22	111100176	Poço	Poço junto aos campos de arrozais; Água esverdeada com sedimentos, presença de folhas de árvores decompostas e de abundantes algas e rãs	09-05-11	19:20	1,10	2,78
P13	111100177	Poço	Poço junto a uns cactos, numa zona florestada, coberta de silvas; Água esverdeada com sedimentos e folhas de árvores decompostas	09-05-11	20:15	9,25	10,00
P9	111100182	Poço	Água turva com cheiro a estagnada, presença de algas verdes, folhas decompostas, rãs e sedimento arenoso	10-05-11	11:00	2,78	5,50
P18	111100185	Poço	Poço num terreno baldio, junto a uma ribeira; Água esverdeada com abundantes algas e rãs e folhas decompostas, presença de sedimento arenoso	10-05-11	12:30	2,00	6,00
P10	111100186	Poço	Água lig/ turva com sedimento arenoso	10-05-11	14:40	4,52	9,80
P5	111100187	Poço	Poço num terreno baldio, com vegetação; Água turva com abundantes algas, rãs, presença de sedimento arenoso	10-05-11	15:15	1,25	4,55
P4	111100188	Poço	Poço no quintal de duas famílias para rega da horta, jardins e uma vinha contígua ao terreno; Água com aspecto limpo	10-05-11	16:00	-	~7
P21	111100189	Poço	Poço junto a um laranjal; água turva com sedimentos, algas e rãs e folhas decompostas	10-05-11	17:05	2,73	3,80
P3	111100191	Furo	Furo junto a 3 casas, para rega de hortas e vinhas; Água lig/ turva com sedimento arenoso	10-05-11	19:02	-	55,00
P23	111100192	Poço	Poço junto a um laranjal; Água turva esverdeada com abundantes algas, rãs, sedimento arenoso e folhas decompostas	10-05-11	19:35	0,64	3,90

Quadro 4 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados em Melides

Designação LNEC	ID	Observações de campo	Data	Hora	Local de amostragem
SUP1	111100178	Colheita da amostra onde existe uma pequena cascata, no Monte da Várzea; água com aspecto limpo, linha de água coberta por silvas e vegetação herbácea; nas encostas existem eucaliptos, pinheiros, e carvalhos	10-05-11	9:20	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente e a meio da coluna de água
SUP2	111100179	Água com aspecto limpo, linha de água com fundo de pedras cobertas por algas, presença de rãs e girinos; margens com silvas, fetos e vegetação; nas encostas existem pinheiros, carvalhos e azinheiras	10-05-11	10:00	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente, um pouco a montante da confluência de duas ribeiras
SUP3	111100180	Água com aspecto limpo, linha de água com fundo de pedras cobertas por algas, presença de rãs e girinos; margens com silvas, fetos e vegetação; nas encostas existem pinheiros, carvalhos e azinheiras	10-05-11	10:00	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente, um pouco a montante da confluência de duas ribeiras
SUP4	111100181	Água com aspecto limpo, linha de água com fundo de pedras cobertas por algas, presença de rãs e girinos; margens com silvas, fetos e vegetação; nas encostas existem pinheiros, carvalhos e azinheiras	10-05-11	10:00	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente, num ponto a jusante da confluência das duas ribeiras onde se recolheram as Sup2 e Sup3
SUP5	111100183	Água com aspecto limpo; Colheita da amostra no meio da linha de água numa zona com corrente e fundo de pedras	10-05-11	11:30	A meio do leito da ribeira onde existe corrente
SUP6	111100184	Água com aspecto limpo com sedimentos; Fundo com pedras cobertas com algas verdes, presença de rãs e girinos, margens da linha de água cobertas por silvas, fetos e vegetação	10-05-11		A meio do leito da linha de água, numa zona onde existe corrente
SUP7	111100190	Água turva amarelada com sedimento arenoso; Colheita da amostra a jusante da lagoa de Melides, no meio da coluna de água, numa zona com corrente	10-05-11	10:00	A meio da coluna de água numa zona com corrente
SUP8	111100193	Água lig/ turva com sedimentos; Linha de água com folhas de árvores e vegetação e fundo com pedras cobertas por algas, margens com canaviais, silvas e vegetação	10-05-11	20:00	A meio do leito da linha de água, numa zona com corrente
SUP9	111100194	Água turva, cheiro a esgoto e amónia, presença de detergentes (escorrega ao tacto); Colheita da amostra a jusante da ETAR no meio da linha de água numa zona com corrente; Linha de água com folhas de árvores e vegetação e fundo com pedras e sedimentos cobertos com algas	10-05-11	20:30	A meio do leito da linha de água, numa zona com corrente
SUP10	111100195	Água turva com sedimentos; Colheita da amostra junto aos arrozais, numa zona com corrente; Linha de água com folhas de árvores margens cobertas por canaviais	11-05-11	9:30	A meio do leito da linha de água, numa zona com corrente

Quadro 5 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados no Algarve

Designação LNEC	ID	Tipo	Observações de campo	Data	Hora	Prof. nível (m)	Profundidade poço/furo (m)
Alg1	111100197	Nascente	Os habitantes locais utilizam aquela água para consumo	16-05-2011	12:55	--	--
Alg2	111100198	Poço	--	16-05-2011	13:00	--	--
Alg3	111100202	Poço	Poço abandonado com uma figueira no interior	16-05-2011	15:22	3,24	6,08
Alg4	111100208	Poço	Água com algas à superfície e alguns batráquios	16-05-2011	18:55	3,00	6,78
Alg5	111100210	Furo	--	17-05-2011	12:17	--	--
Alg6	111100211	Furo	--	17-05-2011	12:25	--	--
Alg8	111100212	Poço	Nora abandonada; Presença de sólidos suspensos.	17-05-2011	13:05	31,50	--
Alg7	111100213	Furo	--	17-05-2011	13:22	--	~80
Alg9	111100214	Nascente	Nascentes de Estômbar	17-05-2011	15:42	--	--
Alg10	111100215	Furo	Furo no meio do laranjal	17-05-2011	16:36	--	~110
Alg11	111100216	Furo	--	17-05-2011	17:00	--	~80
Alg12	111100217	Furo	--	17-05-2011	17:20	--	~80
Alg13	111100218	Furo	--	17-05-2011	17:35	--	~100
Alg14	111100219	Furo	--	17-05-2011	18:00	--	~80
Alg15	111100220	Furo	--	17-05-2011	18:30	80,00	~140

Quadro 6 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados no Algarve

Designação LNEC	ID	Observações de campo	Data	Hora
Ode01	111100196	Zona com cultura arvense; Presença de algas no fundo do rio e muitas rãs	16-05-11	12:48
Ode04	111100199	Início da ribeira de Odelouca; Presença de algumas algas no fundo	16-05-11	13:25
Ode06	111100200	--	16-05-11	14:03
Ode13	111100201	Zona envolvente com vegetação rasteira; Presença de algas no fundo	16-05-11	15:21
Ode15	111100203	--	16-05-11	16:29
Ode9	111100204	Fundo da ribeira com presença de material argiloso	16-05-11	17:20
Ode12	111100205	--	16-05-11	17:32
Ode10	111100206	Água turva	16-05-11	18:00
Ode16	111100207	--	16-05-11	18:35
Ode17	111100209	Água com um ligeiro cheiro a esgoto	16-05-11	19:14

3.3 Resultados qualitativos

3.3.1 Resultados de parâmetros analisados *in-situ*

Os seguintes quadros resumem os resultados qualitativos obtidos *in-situ* nas diferentes campanhas do projecto PROWATERMAN.

Quadro 7 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 22 de Fevereiro de 2011

Poço	Condutividade eléctrica (C.E.) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
B (1)/ GPS 11	514	13,8
C/GPS 12	274	13,7

Quadro 8 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo no dia 7 de Abril de 2011

Ponto	Eh (mV)	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
P19	195	401,3	7,02	17,1
P17	181,6	Não registado	5,63	17,3
P17A	188,9	183,2	6,56	21,1
P16	189,9	116,1	6,53	20,1
P15	165,8	Não registado	6,37	18,7
P13	174,2	208,4	7,02	16,4
P14	Não registado	Não registado	Não registado	Não registado

Ponto	Eh (mV)	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
P9	189,1	272,3	5,93	16,4
P10	191,2	180,2	6,96	17,0
P5	206,6	328,7	6,46	16,8
P4	203,1	280,7	6,47	17,6
P21	197,2	434,7	6,53	16,0

Quadro 9 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água subterrânea)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Oxigênio dissolvido (% saturação)
PX	395,0	7,50	21,1	41
P17	122,9	5,78	21,2	40
Fonte de Olhos	412,0	7,54	21,2	57
P17A	187,6	6,26	20,2	48
P15	167,2	4,40	22,0	28
P22	173,8	7,05	21,0	82
P13	230,3	7,04	17,1	37
P9	309,0	6,27	19,2	62
P18	229,6	7,39	22,2	70
P10	175,3	7,19	19,50	73
P5	175,1	6,32	18,7	51
P4	299,0	6,27	18,1	68
P21	355,0	6,70	18,7	29
P3	327,6	5,22	19,0	68
P23	121,0	6,33	18,1	68

Quadro 10 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água superficial)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Oxigênio dissolvido (% saturação)
SUP1	298,0	7,52	15,8	62
SUP2	465,1	7,84	16,2	74
SUP3	348,7	7,87	16,6	76
SUP4	386,0	7,80	17,0	75
SUP5	314,1	7,41	17,5	80
SUP6	399,8	7,97	20,2	86
SUP7	9632,0	8,54	26,8	85
SUP8	414,0	7,60	19,1	71
SUP9	511,0	7,57	19,5	62

Quadro 11 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água subterrânea)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Alg1	187,7	17,9	6,26	5,70
Alg2	183,9	17,2	6,09	5,43
Alg3	411,7	17,2	6,50	2,17
Alg4	257,0	17,7	7,00	5,90
Alg5	725,0	20,2	7,18	8,30
Alg6	724,0	20,1	7,24	7,30
Alg8	765,0	18,5	7,24	6,30
Alg7	692,0	19,7	7,10	8,60
Alg9	3880,0	20,0	7,60	6,00
Alg10	775,0	20,4	7,39	7,24
Alg11	802,0	20,3	7,17	7,35
Alg12	825,0	20,9	7,15	7,02
Alg13	1122,0	20,1	6,93	6,02
Alg14	798,0	19,0	7,50	6,22
Alg15	642,0	20,20	7,07	7,06

Quadro 12 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água superficial)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Ode01	198,1	21,2	7,95	6,73
Ode04	239,2	21,8	7,60	6,94
Ode06	221,9	22,3	7,64	7,30
Ode13	424,7	22,3	7,45	6,58
Ode15	556,0	23,1	7,56	5,12
Ode9	329,0	23,6	7,74	6,82
Ode12	160,7	19,8	7,49	7,13
Ode10	190,0	21,0	7,50	5,08
Ode16	245,0	22,7	8,57	8,00
Ode17	217,9	23,4	7,69	7,10

3.3.2 Resultados de parâmetros analisados em laboratório

Os quadros em anexo – do Anexo VII ao Anexo XII – apresentam os resultados qualitativos analisados em laboratório nas duas campanhas de amostragem que se realizaram em Maio de 2011. No Anexo VII estão os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água superficial em

Melides e os Anexos VIII e IX apresentam os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água subterrânea. No Anexo X estão os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água superficial no caso em estudo no Algarve e os Anexos XI e XII apresentam os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água subterrânea.

As figuras seguintes apresentam, em forma de mapa, os resultados da concentração de alguns dos parâmetros analisados no caso de estudo no Algarve.

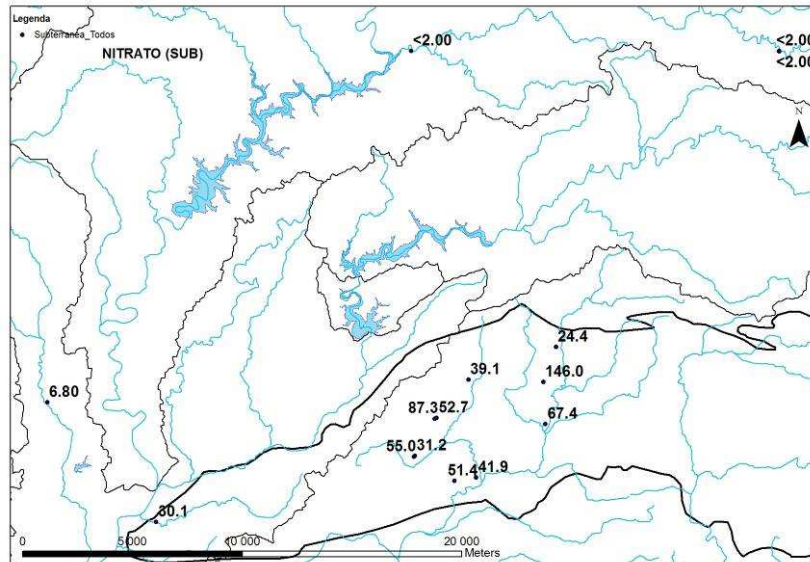


Figura 3 – Mapa da concentração em nitratos nas amostras de água subterrânea no Algarve

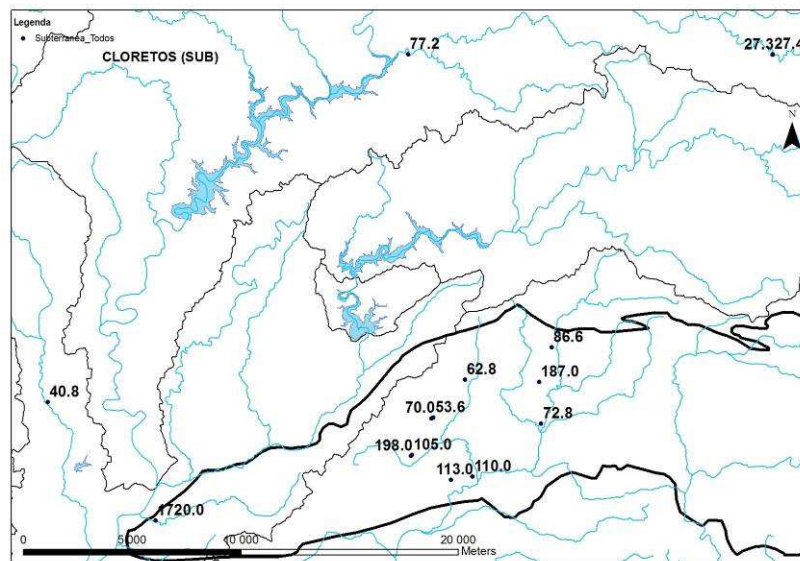


Figura 4 – Mapa da concentração em cloretos nas amostras de água subterrânea no Algarve

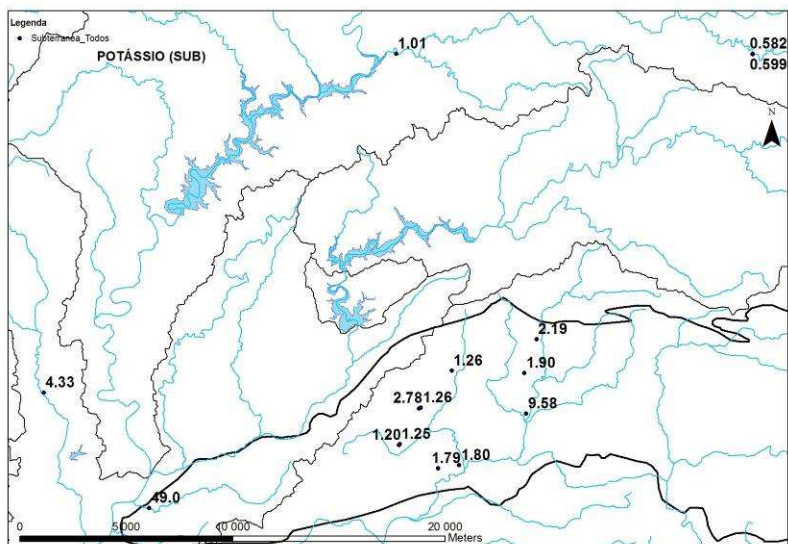


Figura 5 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água subterrânea no Algarve

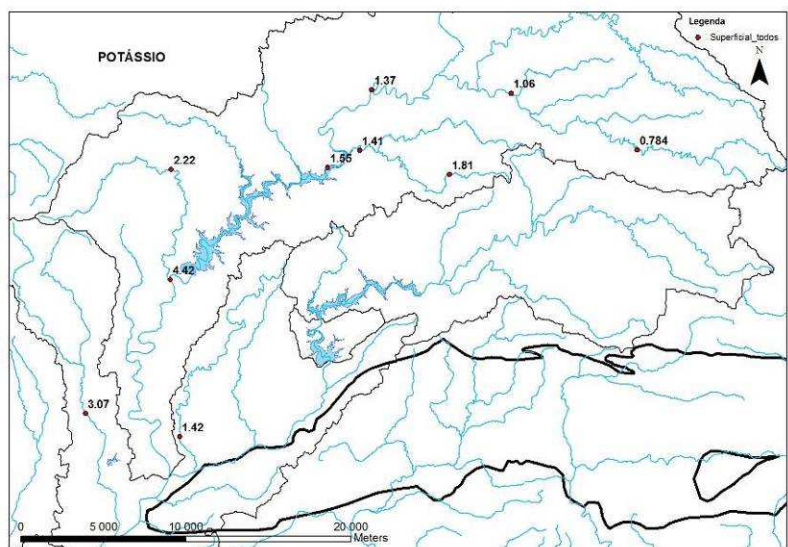


Figura 6 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água superficial no Algarve

3.3.3 Síntese dos resultados da campanha de Melides para as águas subterrâneas

Como referido anteriormente, a campanha de recolha de amostras de águas subterrâneas e superficiais efectuada pelo LNEC, nos dias 9 a 11 de Maio de 2011 (Figura 7, figura maior em anexo), teve por objectivo a análise da sua qualidade química para auxiliar a compreensão da contribuição difusa e pontual de eventuais processos de poluição. Esta análise físico-química será complementada com a análise biológica (análise de macroinvertebrados) e as pressões responsáveis pelo estado serão confirmadas pelo levantamento socioeconómico. Os resultados obtidos permitiram detectar a presença de diversos nutrientes e metais pesados, e distinguir águas com diferente fácies hidroquímica (Figura 10), contribuindo para evidenciar algumas das potenciais contribuições da bacia hidrográfica para a lagoa.



Figura 7 – Pontos de recolha de amostras de águas na bacia de Melides, campanha de 9 a 11 de Maio de 2011

Em termos de fácies hidroquímica verificou-se que as águas de Fonte de Olhos e do poço nos xistos (PX) apresentam fácies bicarbonatada sódica e cálcica, sendo ambas provenientes de formações geológicas distintas: calcários e xistos, respectivamente. Fácies idêntica apresenta, também, a água do ponto P13 (o único furo amostrado mais profundo, eventualmente a captar no aquífero calcário) e a do ponto P10, esta última provavelmente com interferências da água de superfície. Os restantes pontos apresentam fácies cloretada a sulfatada sódica e cálcica, pertencendo todos à mesma formação geológica.

A influência das actividades potencialmente poluentes na bacia é sumariamente representada na Figura 8, de acordo com o levantamento efectuado em CCDR Alentejo (2006). Este levantamento será detalhado pela UAIta para alguns aspectos directamente relacionados com o estado.

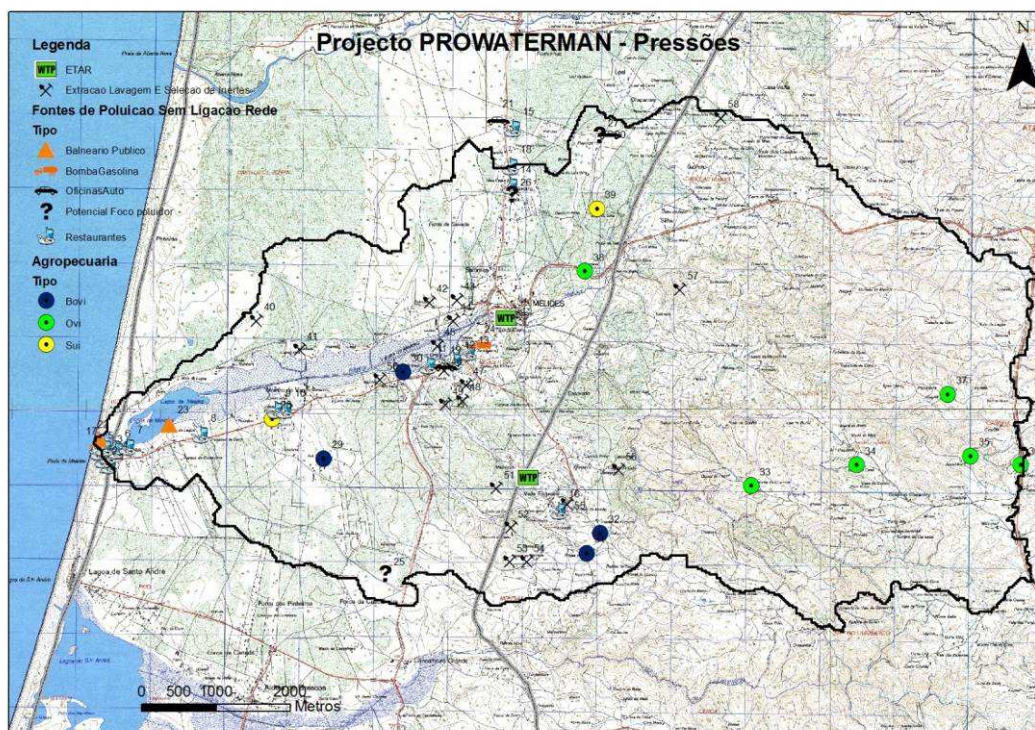


Figura 8 – Principais pressões existentes na bacia de Melides (adaptado de CCDR Alentejo, 2006)

Relativamente à influência das actividades potencialmente poluentes na bacia (Figura 8) e atendendo ao sentido de escoamento global nas formações hidrogeológicas amostradas (cf. Figura 9), os resultados permitem concluir o seguinte:

- A contribuição negativa das actividades da bacia hidrográfica para a qualidade das águas da lagoa de Melides é mais significativa na margem esquerda.
- A concentração em nutrientes (sob a forma de nitratos, nitritos e potássio) potencialmente oriundos da actividade agrícola é mais elevada nos pontos P9, P10, P5, P4 e P21 (Figura 11, Figura 12 e Figura 13) e deverá resultar da ocupação agrícola do solo existente a montante.
- A presença de boro, potencialmente proveniente de fossas sépticas ou do espalhamento de estrumes no solo, é evidenciada nos pontos P18, P10, P5, P4 e P21 (Figura 11 e Figura 14).
- Os pontos P3 e P9 apresentam forte concentração em nutrientes azotados (Figura 11), estando a ser analisada (levantamento a efectuar pela UAtla) em maior pormenor as características de quantidade e de qualidade de descargas associadas, bem como datas de início e formas de rejeição.

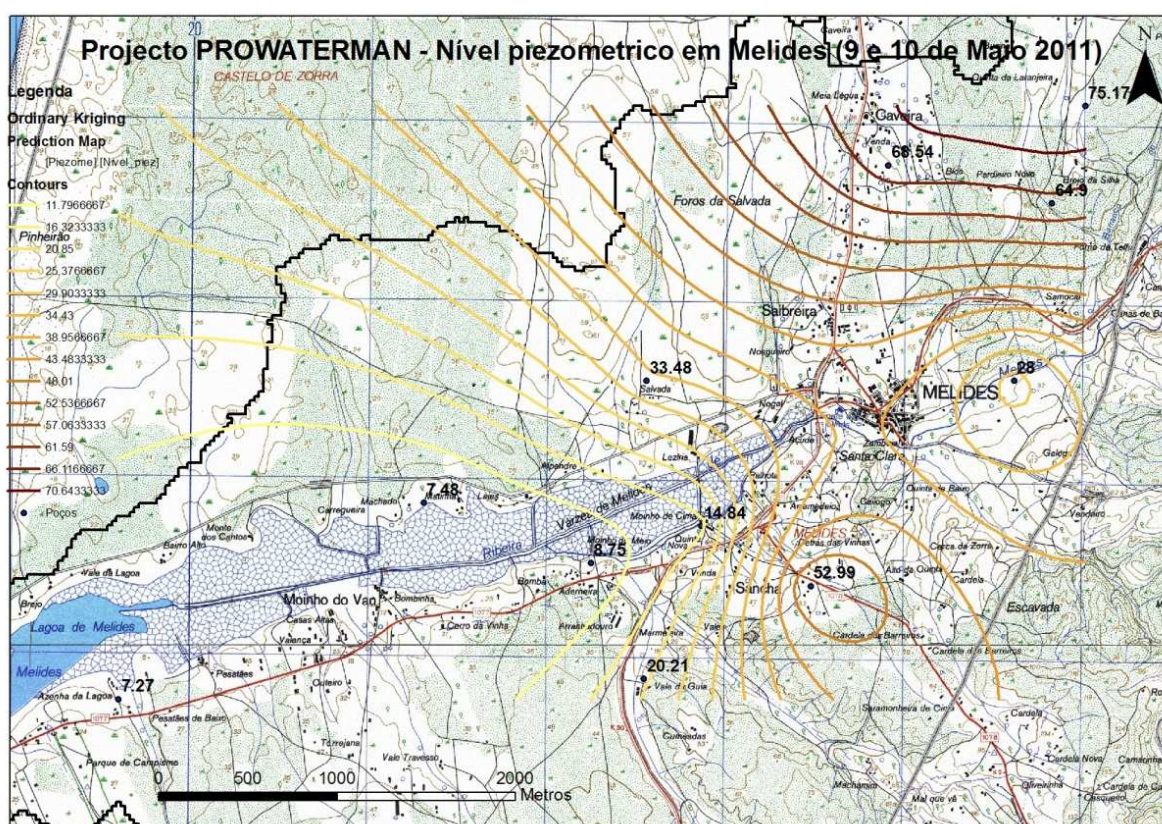


Figura 9 – Isopiezias na área de Melides

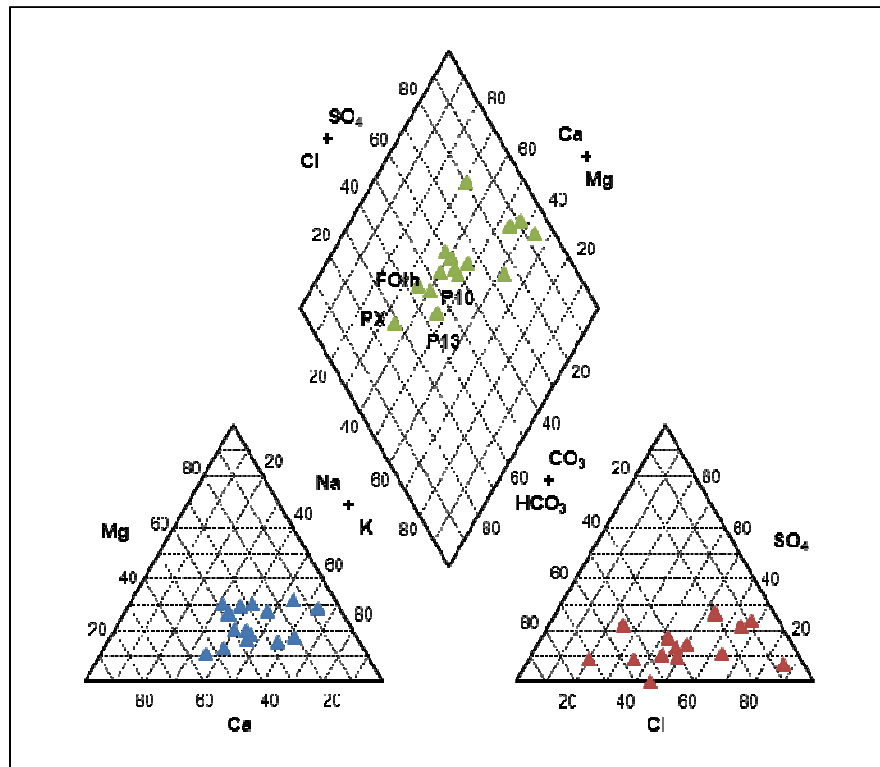


Figura 10 – Diagrama de Piper com a fácies hidroquímica das águas subterrâneas analisadas

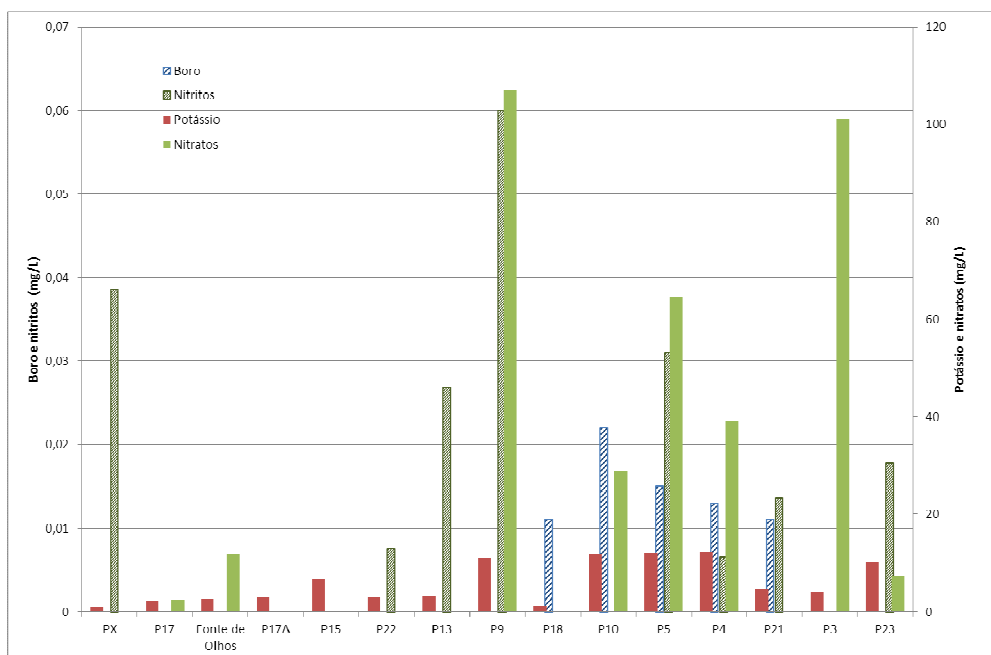


Figura 11 – Resultados da concentração em nutrientes e boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides

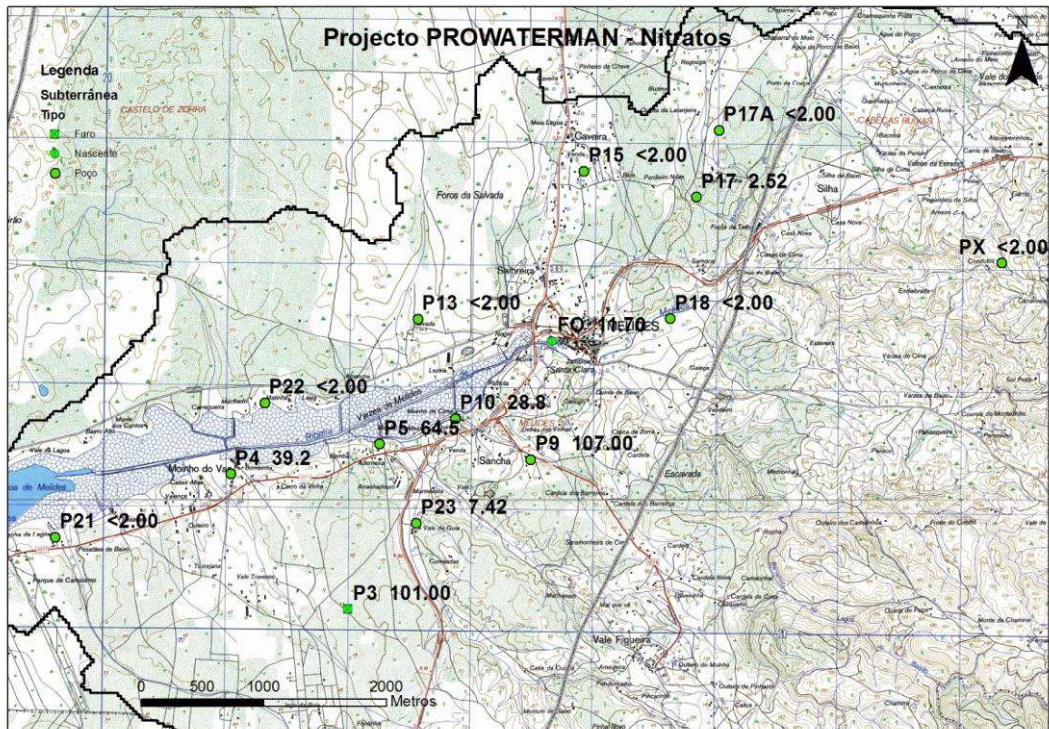


Figura 12 – Mapa da concentração em nitratos nas águas subterrâneas analisadas em Melides

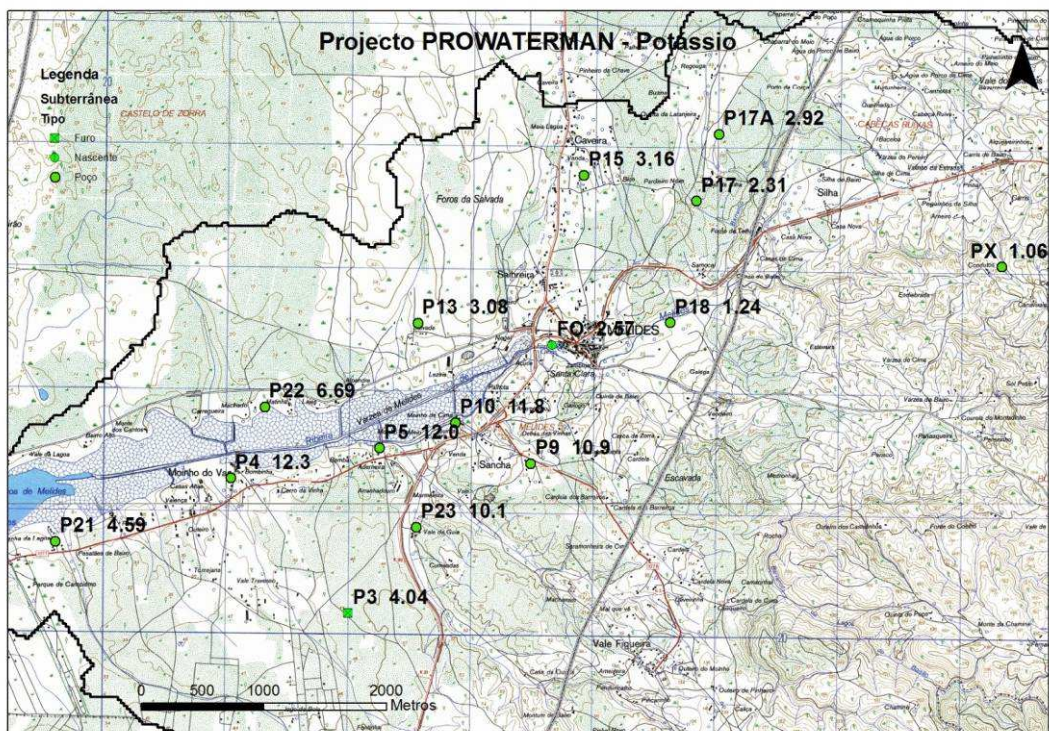


Figura 13 – Mapa da concentração em potássio nas águas subterrâneas analisadas em Melides

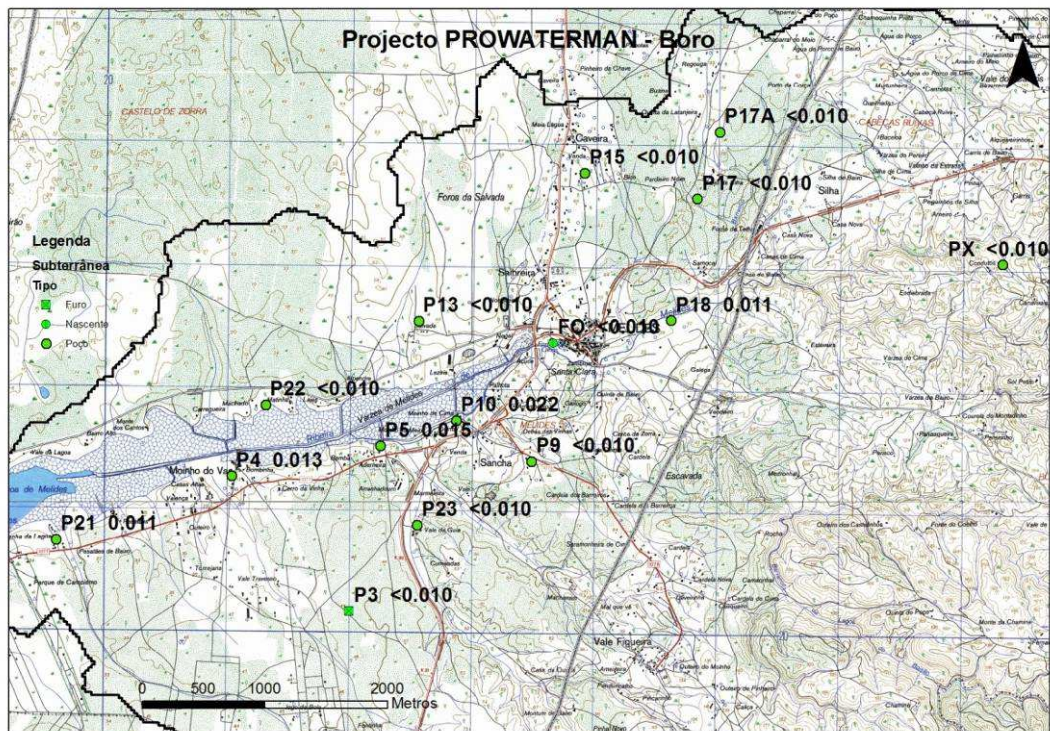


Figura 14 – Mapa da concentração em boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides

- Os pontos P15 e P17A apresentam efeitos de contaminação por metais pesados, nomeadamente As, Co, Ca, Mb e Vn (Figura 15). Uma origem possível para estes metais no ponto P17A é uma sucata e oficina de automóvel localizada a montante. Quer estas, quer as actividades a montante do ponto P15 serão levantadas e confirmadas pela UATla em maior pormenor (características de quantidade e de qualidade de descargas associadas, bem como datas de início e formas de rejeição). O ponto P15 apresenta um pH ácido, 4,4, o que favorece a solubilização dos metais presentes em detrimento da sua precipitação.

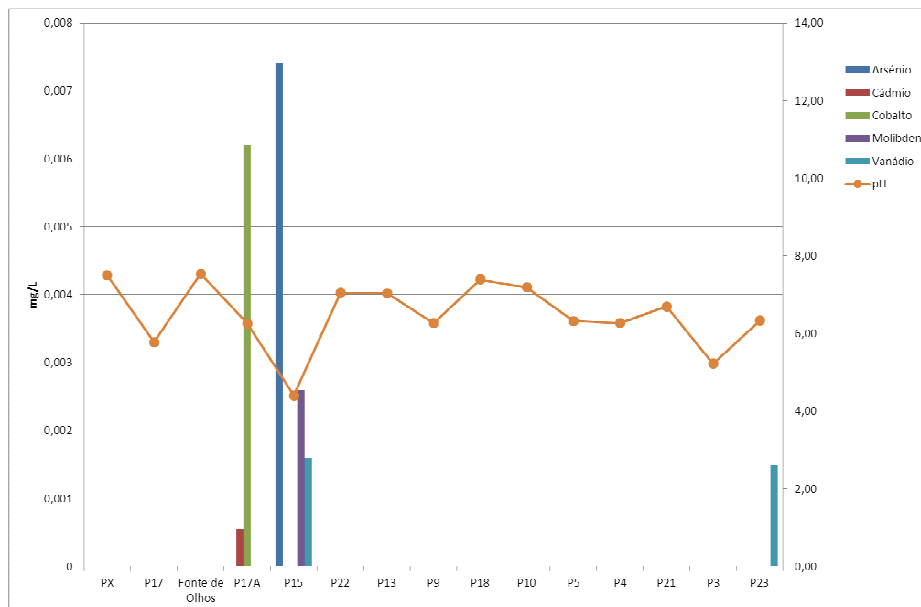


Figura 15 – Resultados da concentração em metais pesados nas águas subterrâneas analisadas em Melides

- As águas subterrâneas descarregam para a lagoa, pelo menos no período das análises. Disso é prova os valores razoavelmente constantes em cloretos e em sódio, embora crescentes em direcção à lagoa (P10, P5, P4 e P21), para atingir o valor mais elevado no ponto P21, mais próximo da lagoa, mas mesmo assim com valores baixos de Cl e CE (Figura 16 e Figura 17).

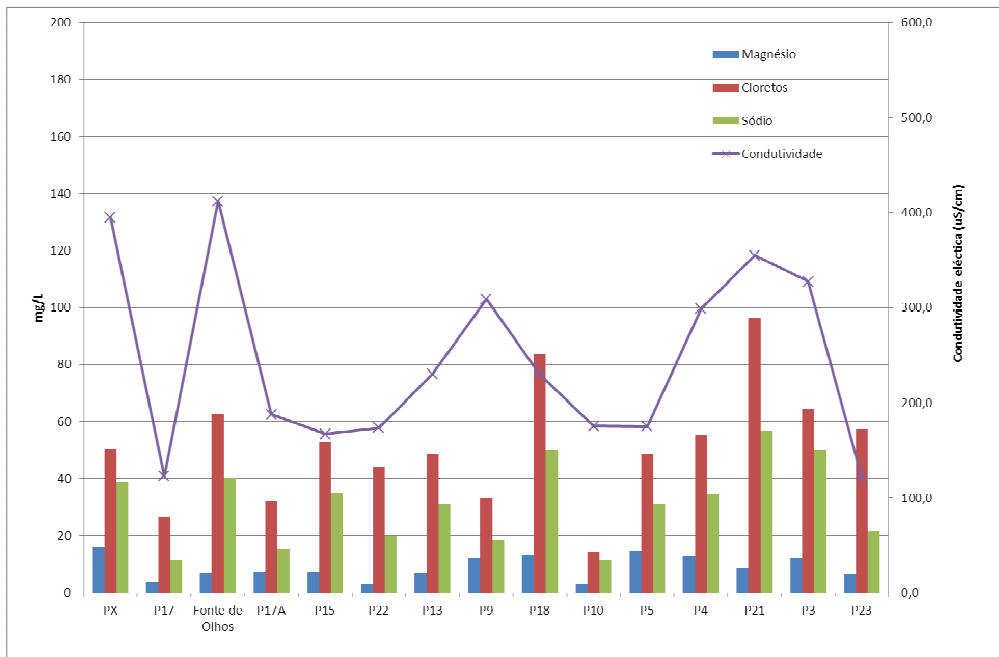


Figura 16 – Resultados da concentração em cloreto, sódio e magnésio e valores de condutividade eléctrica nas águas subterrâneas analisadas em Melides

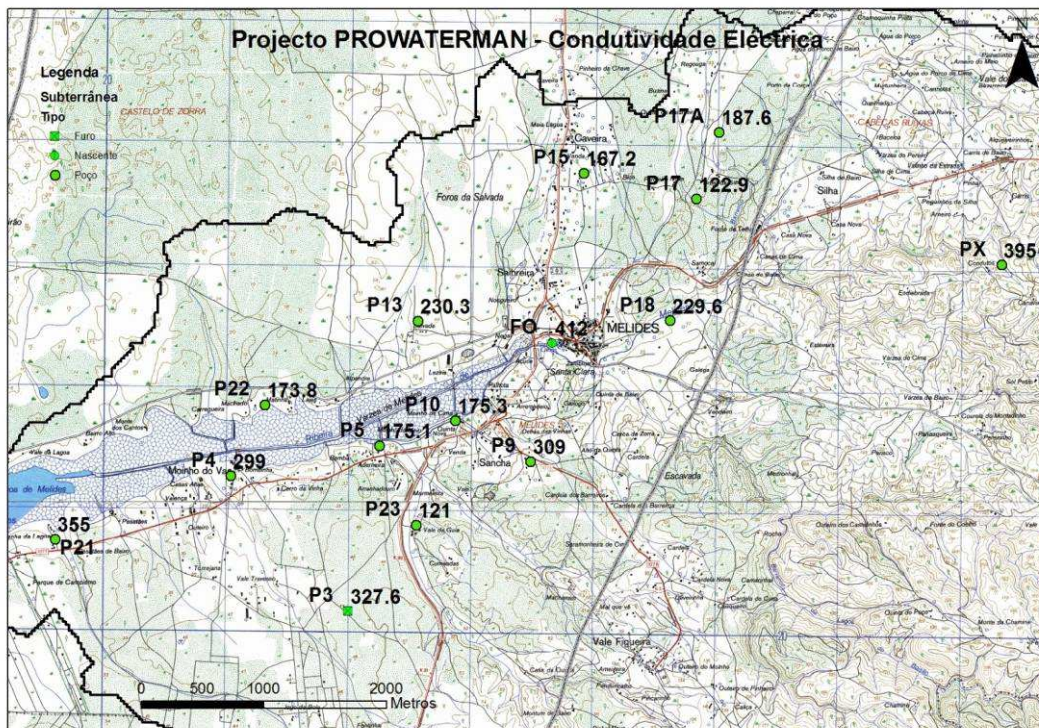


Figura 17 – Mapa da condutividade eléctrica das águas subterrâneas analisadas em Melides

3.3.4 Síntese dos resultados da campanha de Melides para as águas superficiais

Os resultados das análises físico-químicas das águas superficiais amostradas (Figura 7) permitem verificar que a maioria das águas apresenta características semelhantes, com excepção da água do ponto Sup7, com características salobras devido à proximidade com o estuário (Figura 18).

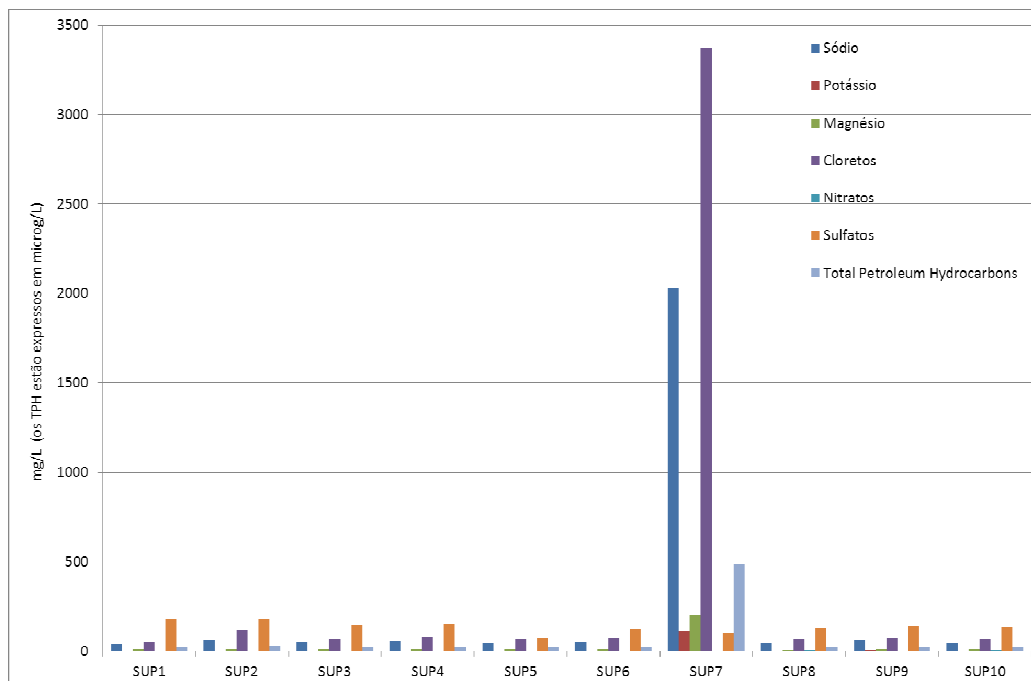


Figura 18 – Resultados da concentração em íons maiores e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides

Relativamente à influência das actividades potencialmente poluentes na qualidade das águas de superfície, os resultados permitem as seguintes reflexões:

- Denota-se a presença de concentrações em hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) em todos os pontos, em especial no ponto Sup7, já na lagoa (Figura 18). As suas causas nos pontos mais interiores da bacia podem ter origem na maquinaria utilizada nos arrozais. Esta análise deve ser avaliada e eventualmente confirmada pela UAtla.
- Verifica-se que os dois únicos pontos onde surgem concentrações em nitratos acima do limite de detecção são o Sup8 e Sup10 (Figura 19). Os fosfatos, embora presentes nos pontos Sup8, 9 e 10, apresentam valores mais elevados nos pontos Sup 8 e 10. Este facto e a ausência de nitratos no ponto a jusante da ETAR (Sup9) levam a crer que estes elementos têm a sua principal origem na actividade agro-pecuária, surgindo nas águas de superfície a partir das águas subterrâneas (Figura 12).
- Para interpretar o incremento em potássio (Figura 19) e outros elementos menores (Figura 20) no ponto Sup9, nomeadamente em alumínio e manganês, deverão ser confirmados pela UAtla os volumes e as concentrações da rejeição da ETAR de Melides, de forma a despistar a sua eventual influência na qualidade da água.

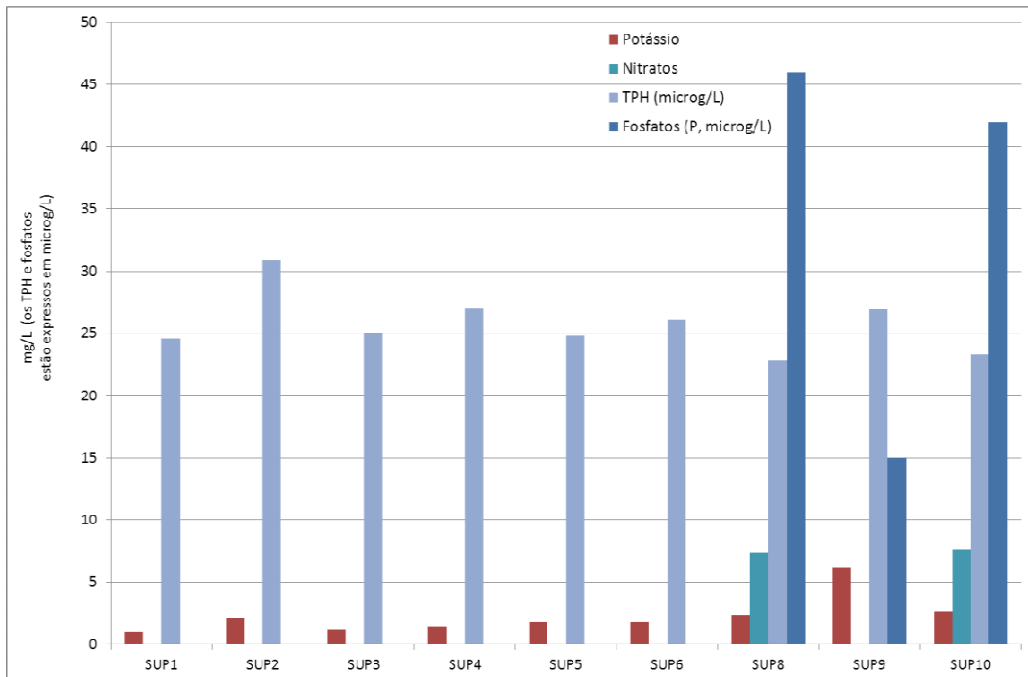


Figura 19 – Resultados da concentração em potássio, nitratos, fosfatos e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides

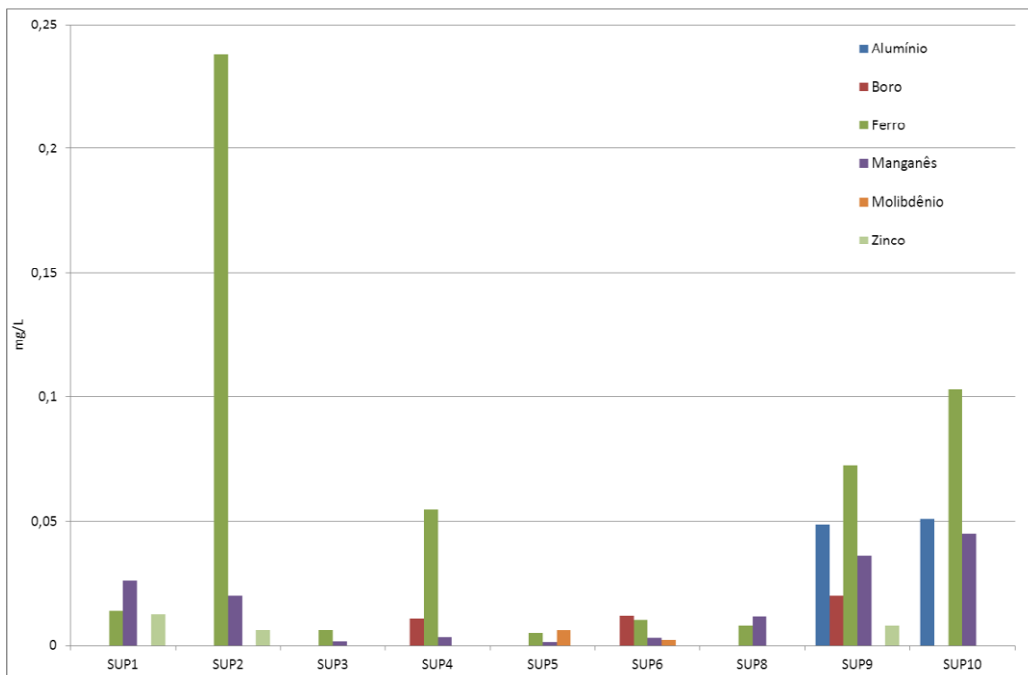


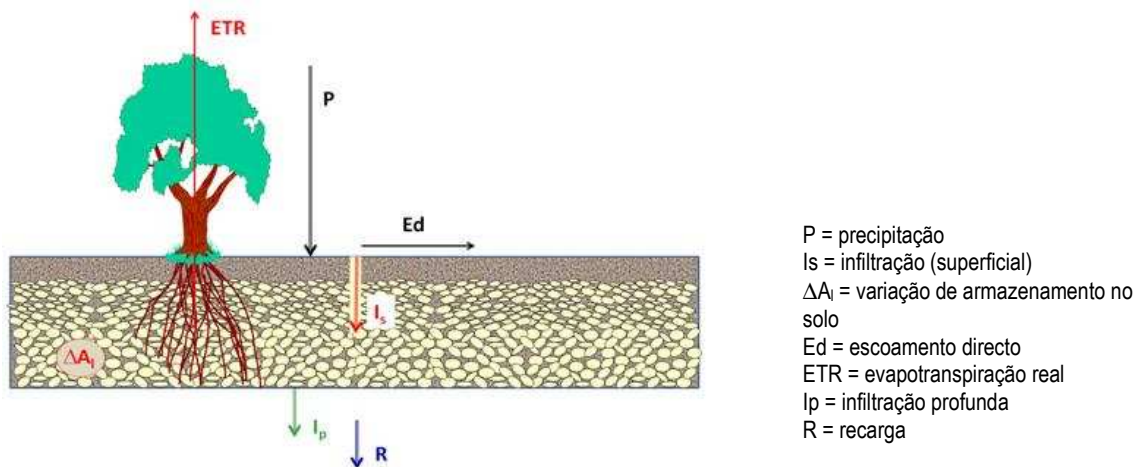
Figura 20 – Resultados da concentração em metais nas águas superficiais analisadas em Melides

4 Balanço hídrico dos casos em estudo

4.1 Metodologia

4.1.1 Introdução

A recarga de águas subterrâneas foi calculada utilizando procedimentos que modelam de uma forma sequencial diária (Figura 21) a precipitação, a infiltração no solo, o aumento do armazenamento no solo devido a essa infiltração, o escoamento directo que se produz por a capacidade de infiltração do solo ser inferior à precipitação, a evapotranspiração da água do solo e a água que se infiltra abaixo da base do solo (infiltração profunda) quando o teor de humidade do solo é superior ao valor da sua capacidade de campo e a água drena por acção da gravidade. A água de infiltração profunda é utilizada como um estimador da recarga da zona saturada mais próxima da superfície.



(Fonte: Oliveira, 2011)

Figura 21 – Conceptualização do processo de recarga no modelo de balanço hídrico sequencial diário

Estes procedimentos foram implementados, no LNEC, em modelos de balanço hídrico sequencial diário. Dois destes modelos são o BALSEQ, desenvolvido por Lobo Ferreira (1981, 1982), e uma actualização deste modelo, o BALSEQ_MOD, desenvolvido por Oliveira (2004, 2006).

Para a determinação da recarga da área em estudo utilizou-se o modelo numérico BALSEQ_MOD (BALanço SEQUencial – MODElos).

Considerando um volume de controlo vertical cujo limite horizontal superior e inferior é o da área em estudo e a espessura é a espessura do solo sujeita a evapotranspiração, o modelo BALSEQ_MOD assume as seguintes características:

- A única entrada de água no volume de controlo é a água de precipitação;
- O nível freático está sempre abaixo do solo pelo que não há descarga de águas subterrâneas para o meio superficial nem há evapotranspiração a partir da zona saturada;
- O escoamento no solo é vertical, pelo que não há saída lateral do volume de controlo por este meio;
- Não há formas de armazenamento de água superficial pelo que também não há evaporação de água superficial ou ambas são desprezáveis;
- Não há extracções de água superficial.

Nas circunstâncias apontadas a infiltração profunda, I_p , que se considera equivalente à recarga de águas subterrâneas, vem dada pela equação:

$$I_p = P - E_{ps} - ETR - \Delta A_1 \quad (1)$$

Sendo P a precipitação, Eps o escoamento directo, ETR a evapotranspiração real e ΔAI a variação de água armazenada no solo.

O modelo BALSEQ_MOD é constituído por um conjunto de submodelos, relativos, cada submodelo, à quantificação de cada processo considerado na Equação (1). Nalgumas opções pode existir mais do que um submodelo para a quantificação de um mesmo processo (ou seja diferentes opções de cálculo). Nas secções seguintes apresentam-se os métodos utilizados para o cálculo de cada um dos processos referidos na aplicação que foi feita à área em estudo das bacias hidrográficas das zonas em estudo do projecto PROWATERMAN.

4.1.2 Modelação da infiltração superficial

O procedimento que se apresenta foi desenvolvido e apresentado em Oliveira (2004, 2006), a partir dos resultados da aplicação do modelo de Philip, de infiltração superficial, a um conjunto de situações que se pretendeu abrangente (nomeadamente a textura do solo, precipitação diária e sua distribuição e teor de humidade inicial do solo). A infiltração superficial (Is) calcula-se por:

$$I_s = \begin{cases} P & \text{se } P \leq P_{lim} \\ a.P + b & \text{se } P > P_{lim} \end{cases} \quad (2)$$

Onde P é a precipitação e Plim é calculado pela intersecção das rectas Is = P e Is = a.P+ b, ou seja Plim = b / (1-a).

Os valores de Plim, a e b são apresentados no Quadro 13, em função da classe textural do solo presente (ver Figura 22 para a definição da classe textural) e do teor de humidade inicial (θi). Se o teor de humidade inicial (θi) não for um dos apresentados nesse Quadro, os parâmetros da equação de regressão linear são estimados pela equação:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = a_1 + \frac{(a_2 - a_1)}{(\theta_2 - \theta_1)} \cdot (\theta_i - \theta_1) \\ b = b_1 + \frac{(b_2 - b_1)}{(\theta_2 - \theta_1)} \cdot (\theta_i - \theta_1) \end{array} \right. \quad (3)$$

Onde θ2 é o teor de humidade inicial da equação representada no Quadro 13 com teor de humidade imediatamente superior, a2 e b2 são os respectivos parâmetros, θ1 é o teor de humidade inicial da equação representada no Quadro 13 com teor de humidade imediatamente inferior, e a1 e b1 são os respectivos parâmetros.

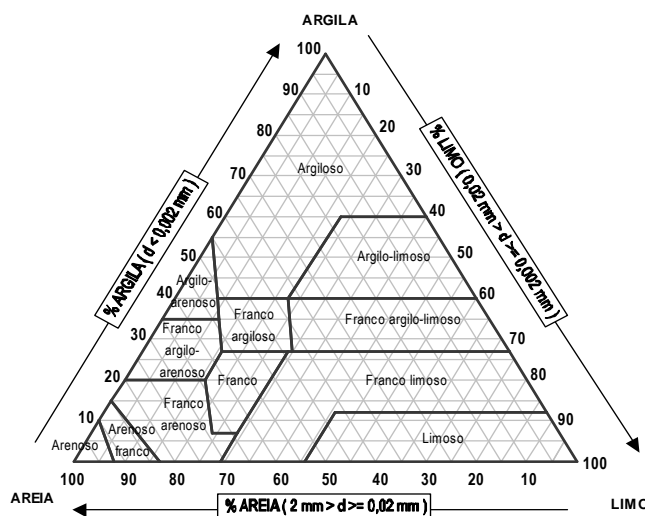


Figura 22 – Diagrama triangular para a classificação da textura do solo utilizando os limites da classificação portuguesa (adaptado de SROA, 1970, in Oliveira, 2004, 2006)

Com o valor de infiltração superficial calculado pela metodologia apresentada, o escoamento directo será dado pela diferença entre a precipitação e a infiltração superficial:

$$E_{ps} = P - I_s \quad (4)$$

Quadro 13 – Relação entre I_s e P para os casos em que $P > P_{lim}$, em função da textura do solo e do teor de humidade inicial.

Textura	P_{lim} (cm/d) [$=b/(1-a)$]	b em $I_s = aP+b$	a em $I_s = aP+b$	θ	P_{lim} (cm/d) [$=b/(1-a)$]	b em $I_s = aP + I_s = aP + b$	Textura
Arenoso franco $wp = 5.5\%$ $cc = 12.5\%$ $n = 43.7\%$	5,72	0,924	0,838	$\theta = wp$	1,54	1,000	Franco argilo-arenoso $wp = 14.8\%$ $cc = 25.5\%$ $n = 39.8\%$
	5,64	0,967	0,828	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,46	0,977	
	5,55	1,005	0,819	$\theta = cc$	1,36	0,938	
	4,75	0,918	0,807	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,17	0,835	
	4,40	0,987	0,776	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	1,00	0,734	
	4,03	0,999	0,752	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,85	0,630	
	3,34	1,064	0,682	$\theta = n$	0,50	0,376	0,250
Argilo-arenoso $wp = 23.9\%$ $cc = 33.9\%$ $n = 43.0\%$	1,08	0,803	0,255	$\theta = wp$	2,17	1,460	Franco argilo-limoso $wp = 20.8\%$ $cc = 36.6\%$ $n = 47.1\%$
	1,01	0,770	0,235	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,59	1,018	
	0,92	0,729	0,208	$\theta = cc$	1,37	0,942	
	0,81	0,677	0,169	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,12	0,809	
	0,74	0,637	0,139	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	0,94	0,713	
	0,67	0,598	0,109	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,78	0,629	
	0,52	0,489	0,059	$\theta = n$	0,54	0,491	0,093
Argilo-limoso $wp = 25.0\%$ $cc = 38.7\%$ $n = 47.9\%$	1,64	1,028	0,375	$\theta = wp$	1,63	1,022	Franco argiloso $wp = 19.7\%$ $cc = 31.8\%$ $n = 46.4\%$
	1,50	0,995	0,336	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,54	1,004	
	1,28	0,907	0,292	$\theta = cc$	1,41	0,959	
	1,09	0,832	0,236	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,16	0,835	
	0,95	0,775	0,182	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	0,96	0,706	
	0,81	0,708	0,126	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,74	0,556	
	0,47	0,459	0,029	$\theta = n$	0,44	0,357	0,191
Argiloso $wp = 27.2\%$ $cc = 39.6\%$ $n = 47.5\%$	1,44	0,973	0,323	$\theta = wp$	3,85	1,007	Franco limoso $wp = 13.3\%$ $cc = 33.0\%$ $n = 50.1\%$
	1,31	0,928	0,289	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	3,67	1,191	
	1,15	0,883	0,231	$\theta = cc$	2,90	0,998	
	1,00	0,834	0,166	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	2,67	1,254	
	0,87	0,772	0,115	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	2,45	1,377	
	0,73	0,682	0,070	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	1,73	0,985	
	0,38	0,373	0,007	$\theta = n$	1,24	0,867	0,301
Franco $wp = 11.7\%$ $cc = 27.0\%$ $n = 46.3\%$	2,65	1,362	0,487	$\theta = wp$	2,17	1,461	Limoso $wp = 7.2\%$ $cc = 29.7\%$ $n = 44.3\%$
	2,54	1,420	0,442	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,59	1,017	
	2,40	1,465	0,390	$\theta = cc$	1,36	0,939	
	1,67	1,010	0,394	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,11	0,810	
	1,48	0,978	0,340	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	0,94	0,721	
	1,27	0,894	0,298	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,79	0,644	
	0,76	0,568	0,255	$\theta = n$	0,53	0,491	0,081
Franco Arenoso $wp = 9.5\%$ $cc = 20.7\%$ $n = 45.3\%$	3,79	0,999	0,737	$\theta = wp$	para o solo arenoso $I_s = P$ (pelo que $a = 1, b = 0$)		Arenoso $wp = 3.3\%$ $cc = 9.1\%$ $N = 43.7\%$
	3,72	1,077	0,710	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$			
	3,63	1,158	0,681	$\theta = cc$			
	3,32	1,312	0,604	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$			
	2,67	1,068	0,600	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$			
	2,49	1,155	0,537	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$			
	2,14	1,268	0,407	$\theta = n$			

cc = retenção específica; n = porosidade; wp = ponto de emurchecimento permanente. (adaptado de Oliveira, 2004, 2006)

4.1.3 Modelação da evapotranspiração

A evapotranspiração real é estimada com base na formulação apresentada em Allen *et al.* (1998):

$$ETR = (K_a \cdot K_{cb} + K_e) \cdot ET_o \quad (5)$$

Onde ET_o é a evapotranspiração de referência de uma cultura hipotética sob determinadas condições climáticas, K_{cb} é o coeficiente cultural basal, K_e é o coeficiente de evaporação de água do solo e K_a é o coeficiente de stress hídrico.

Os termos K_{cb} e K_e integram as diferenças físicas e fisiológicas entre a cultura em questão e a cultura de referência, pelo que os seus valores variam ao longo do tempo (dependendo do estado vegetativo). A utilização de dois coeficientes diferentes, K_{cb} e K_e , constitui a aproximação do coeficiente cultural dual.

O termo K_a depende da água disponível no solo coberto. O termo K_e depende da água disponível no solo descoberto.

O coeficiente K_a é determinado em função da quantidade máxima de água utilizável para evapotranspiração, dada por $rp(\text{dia}) \cdot (cc - wp)$, representando $rp(\text{dia})$ a profundidade das raízes das plantas no dia do balanço, do limite de depleção da água do solo a 100 % (p) e da quantidade de água no solo [$AI_{ETR}(\text{dia})$]:

$$K_a = 1 \text{ se } AI_{ETR}(\text{dia}) \geq rp(\text{dia}) \cdot [(1 - p) \cdot (cc - wp)]$$

$$K_a = AI_{ETR}(\text{dia}) \cdot [rp(\text{dia}) \cdot (1 - p) \cdot (cc - wp)]^{-1} \text{ caso contrário} \quad (6)$$

Ou seja, K_a é constante para quantidades de água no solo entre o teor de humidade correspondente à retenção específica (cc) e o teor de humidade dado por $\{cc - p \cdot (cc - wp)\}$; e K_a decresce linearmente entre um e zero para teores de humidade entre $\{cc - p \cdot (cc - wp)\}$ e (wp).

A determinação do coeficiente K_e depende, para além da quantidade de água no solo, do poder evaporante da atmosfera, e dos coeficientes culturais basais podendo para a sua determinação serem consultadas as referências bibliográficas referidas anteriormente.

Os procedimentos para caracterizar os parâmetros da equação (5) são apresentados originalmente em Allen *et al.* (1998), e podem também ser consultados em Oliveira (2004, 2006).

O modelo numérico BALSEQ_MOD é aplicado a uma área de estudo (por exemplo um sistema aquífero) dividindo a sua área de afloramento num conjunto de subáreas que se caracterizam por ter propriedades de solos, ocupação do solo, precipitação e evapotranspiração de referência semelhantes. O modelo é corrido separadamente para cada uma dessas subáreas pelo que os valores obtidos para uma sub-área são independentes dos valores obtidos para outra subárea. Dentro de cada subárea a metodologia implementada no modelo numérico BALSEQ_MOD contempla a possibilidade de existência de até dois cobertos vegetais e de uma superfície descoberta. Dentro de cada subárea, a fracção do espaço ocupada por cada coberto vegetal ou terreno descoberto pode variar no tempo, ao longo de um ano hidrológico, em função do período de desenvolvimento vegetativo. Isto faz com que cada subárea possa ser dividida horizontalmente em até três partes. Para cada porção é realizado um balanço hídrico sequencial diário, em que o balanço hídrico numa parte depende do balanço hídrico das outras duas partes. Por esse motivo, o balanço hídrico sequencial tem que ser feito simultaneamente. Com a co-existência de dois cobertos vegetais e do terreno descoberto, a equação (5) toma a forma:

$$ETR = (K_{a1} \cdot K_{cb1} + K_{a2} \cdot K_{cb2} + K_e) \cdot ET_o \quad (7)$$

onde os índices 1 e 2 se referem a cada um dos cobertos vegetais.

Para calcular a quantidade de água disponível no solo, da qual dependem os coeficientes K_a e K_e , o modelo BALSEQ_MOD realiza o balanço hídrico sequencial diário. A quantidade de água disponível no solo (AI) que pode ser mobilizada quer por acção da gravidade quer por acção das plantas para evapotranspiração refere-se à quantidade de água no solo acima da quantidade de água armazenada no solo quando o seu teor de humidade corresponde ao ponto de emurchecimento permanente (wp).

No balanço hídrico sequencial diário a quantidade de água que existe no solo disponível para evapotranspiração [$A_{I\ ETR}(\text{dia}, \text{coberto } i)$], expressa em altura de água na área ocupada pelo coberto i (que representa o coberto vegetal 1 ou 2 ou o terreno descoberto), é dada por:

$$A_{I\ ETR}(\text{dia}, \text{coberto } i) = A_{I\ \text{início}}(\text{dia}, \text{coberto } i) + I_s(\text{dia}, \text{coberto } i) + A_{I\ \text{ganho}}(\text{dia}, \text{coberto } i) \quad (8)$$

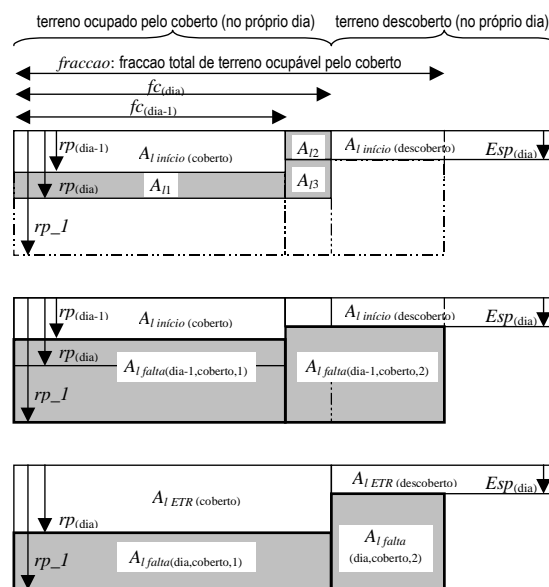
Sendo $A_{I\ \text{início}}$ a quantidade de água que existe no solo no final do dia anterior, I_s a infiltração superficial calculada para o próprio dia [equação (2)], representando $A_{I\ \text{ganho}}$, no caso do coberto vegetal, o aumento de um dia para o outro da quantidade de água devido ao aumento da área coberta pelas plantas ou ao aumento da profundidade das raízes das plantas.

Para o caso do terreno descoberto o termo $A_{I\ \text{ganho}}$ é nulo, excepto para o dia em que um coberto vegetal passa a estar inactivo. Nesse dia, a quantidade de água do terreno descoberto é incrementada da quantidade de água que existia na zona do coberto, vindo $A_{I\ \text{ganho}}$ do terreno descoberto dado por:

$$A_{I\ \text{ganho}}(\text{dia}, \text{terreno descob.}) = [A_{I\ \text{início}}(\text{dia}, \text{coberto}) / rp_1(\text{coberto}) \cdot Esp(\text{dia})] \cdot fc(\text{dia-1}, \text{coberto}) / fc(\text{dia}, \text{terreno descob.}) \quad (9)$$

Onde Esp representa a espessura do terreno descoberto sujeita a evaporação, rp_1 representa a profundidade das raízes das plantas do coberto no dia anterior (equivalente à profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas do coberto), fc a fracção de área ocupada, dia o próprio dia, e dia-1 o dia anterior.

Para cada coberto vegetal, são os seguintes os termos relativos ao aumento da quantidade de água no solo, expressos em altura de água na zona ocupada pelo coberto vegetal (Figura 23):



in Oliveira (2004, 2006)

Figura 23 – Situações consideradas durante o balanço hídrico para o caso do aumento da fracção ocupada por um determinado coberto vegetal ou da espessura do solo sujeita a evapotranspiração.

a) termo relativo ao aumento da espessura do solo (A_{I1}), considerando o teor de humidade que existe no solo na zona do crescimento das raízes das plantas:

$$A_{I1} = [rp(\text{dia}, \text{coberto}) - rp(\text{dia-1})] * (cc - wp - \theta_{falta1}) * fc(\text{dia-1}, \text{coberto}) / fc(\text{dia}, \text{coberto}) \quad (10)$$

Onde θ_{falta1} é dado por:

$$\theta_{falta1} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 1)} / [rp_1(coberto) - rp(dia-1, coberto)] \quad (11)$$

$A_{I\ falta(dia-1, coberto, 1)}$ representa a quantidade de água do *solo* em falta para que, na área do *solo* entre a profundidade das raízes das plantas no dia anterior [$rp(dia-1)$] e a profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas (rp_1), o teor de humidade do *solo* atinja a retenção específica (cc).

Devido ao aumento da profundidade das raízes das plantas, o termo $A_{I\ falta(dia, coberto, 1a)}$ é actualizado para a nova profundidade que ainda falta preencher pelas raízes das plantas [entre rp_1 e $rp(dia)$]:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1a)} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 1)} / [rp_1(coberto) - rp(dia-1, coberto)] \cdot [rp_1(coberto) - rp(dia, coberto)] \cdot fc(dia-1, coberto) / fc(dia, coberto) \quad (12)$$

b) termo relativo ao aumento de área na zona de terreno descoberto (A_{I2}), considerando o teor de humidade existente nesta zona:

$$A_{I2} = [fc(dia, coberto) - fc(dia-1, coberto)] * A_{I\ inicio(dia, terreno descoberto)} / fc(dia, coberto) \quad (13)$$

c) termo relativo ao aumento de área abaixo da profundidade sujeita a evaporação no terreno descoberto (A_{I3} , aplicável se $rp(dia) >$ espessura da zona evaporante [$Esp(dia)$]), considerando o teor de humidade que existe no *solo* na zona do aumento da profundidade das raízes das plantas:

$$A_{I3} = [rp(dia, coberto) - Esp(dia)] \cdot (cc - wp - \theta_{falta2}) \cdot [fc(dia, coberto) - fc(dia-1, coberto)] / fc(dia, coberto) \quad (14)$$

Onde θ_{falta2} é dado por:

$$\theta_{falta2} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 2)} / [rp_1(coberto) - Esp(dia-1)] \quad (15)$$

$A_{I\ falta}$ representa a quantidade de água do *solo* em falta para que, na área do *solo* entre a espessura do terreno descoberto no dia anterior [$Esp(dia-1)$] e a profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas (rp_1), o teor de humidade do *solo* atinja a retenção específica.

É necessário ter em atenção que na área que anteriormente se encontrava por baixo do terreno descoberto e que agora passou a estar também ocupada pelo coberto vegetal, há uma variação da quantidade de água em falta. Uma vez que esta área passou a fazer parte da fracção ocupada pelo coberto vegetal, tem-se que:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1b)} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 2)} / [rp_1(coberto) - Esp(dia-1)] \cdot [rp_1(coberto) - rp(dia, coberto)] \cdot [fc(dia, coberto) - fc(dia-1, coberto)] / fc(dia, coberto) \quad (16)$$

O ganho de água resultante do aumento da espessura e da área do coberto vegetal, expresso em altura de água na zona ocupada pelo coberto vegetal, é de:

$$A_{I\ ganho(dia, coberto)} = A_{I1} + A_{I2} + A_{I3} \quad (17)$$

e a quantidade de água em falta para que o teor de humidade entre a profundidade das raízes das plantas e a sua profundidade máxima preencha a retenção específica é dada por:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1)} = A_{I\ falta(dia, coberto, 1a)} + A_{I\ falta(dia, coberto, 1b)} \quad (18)$$

No caso do coberto vegetal considerado deixar de existir ou entrar num período de dormência, a quantidade de água no *solo* relativa a esse coberto considera-se nula:

$$A_{I\ ETR(dia, coberto)} = 0 \quad (19)$$

e os termos relativos a $A_{I\ falta}$ passam a:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1)} = 0 \quad (20)$$

porque deixa de haver coberto, e por isso, não se define quantidade de água em falta abaixo do coberto. Na área abaixo do terreno que agora ficou descoberto, e que será ocupável pelas raízes das plantas no ciclo vegetativo seguinte, ficará:

$$A_{I\ falta}(dia, coberto, 2) = [rp_1(coberto) - Esp(dia-1)] * [cc - (wp + A_{I\ inicio}(dia, coberto) / rp(dia-1, coberto))] \quad (21)$$

ou seja, falta a quantidade de água necessária para que o teor de humidade corresponda à retenção específica do solo no último dia em que a cultura existiu nesse ciclo vegetativo ($A_{I\ inicio}$ corresponde à quantidade de água no solo no final do dia anterior).

4.1.4 Modelação da variação do armazenamento de água no solo e da infiltração profunda

A variação do armazenamento de água no solo (ΔA_I) e a infiltração profunda (Ip) são também determinadas pelo balanço hídrico sequencial:

$$\Delta A_I(dia, coberto i) + Ip(dia, coberto i) = Is(dia, coberto i) + A_{I\ ganho}(dia, coberto i) - ETR(dia, coberto i) \quad (22)$$

Sendo que $\Delta A_I(dia, coberto i) = A_{I\ fim}(dia, coberto i) - A_{I\ inicio}(dia, coberto i)$ e que no balanço hídrico sequencial já se conhecem $A_{I\ inicio}(dia, coberto i)$, $Is(dia, coberto i)$, $A_{I\ ganho}(dia, coberto i)$ e $ETR(dia, coberto i)$ é necessário calcular e decompor $A_{I\ fim}(dia, coberto i) + Ip(dia, coberto i)$ da equação seguinte:

$$A_{I\ fim}(dia, coberto i) + Ip(dia, coberto i) = A_{I\ inicio}(dia, coberto i) + Is(dia, coberto i) + A_{I\ ganho}(dia, coberto i) - ETR(dia, coberto i) \quad (23)$$

Para a aplicação à área de estudo utilizou-se o procedimento referido em Samper *et al.* (1999), onde a infiltração profunda é dada pelo excesso de água que existe no solo em relação a $AG_{cc}(dia, coberto i) = rp(dia, coberto i).cc$ e é limitada superiormente pela quantidade máxima de água que o solo pode transmitir no intervalo de tempo considerado ($K_s \cdot \Delta t$), sendo K_s a condutividade hidráulica saturada:

$$Ip(dia, coberto i) = \min\{\max[A_{I\ inicio}(dia, coberto i) + Is(dia, coberto i) + A_{I\ ganho}(dia, coberto i) - ETR(dia, coberto i) - AG_{cc}(dia, coberto i); 0]; (K_s \cdot \Delta t)\} \quad (24)$$

Substituindo $Ip(dia, coberto i)$ na equação (23) obtém-se $A_{I\ fim}(dia, coberto i)$. Mas pela aplicação desta equação pode acontecer que a quantidade de água no solo exceda a quantidade máxima de água que o solo pode conter ($AG_I(dia, coberto i) = rp(dia, coberto i) \cdot n$ sendo n a porosidade). Nesse caso assume-se que se $A_{I\ fim}(dia, coberto i)$ dado pela aplicação da equação (23) excede $AG_I(dia, coberto i)$, a diferença será acrescentada ao escoamento directo ou ao armazenamento superficial (que no BALSEQ_MOD se considera nulo: $\Delta A_p = 0$), ou seja:

$$E_{ps}(dia, coberto i) = E_{ps\ equação\ (4)}(dia, coberto i) + (A_{I\ fim}(dia, coberto i) - AG_I(dia, coberto i)) \quad (25)$$

A quantidade de água armazenada no solo passa a ser:

$$A_{I\ fim}(dia, coberto i) = AG_I(dia, coberto i) \quad (26)$$

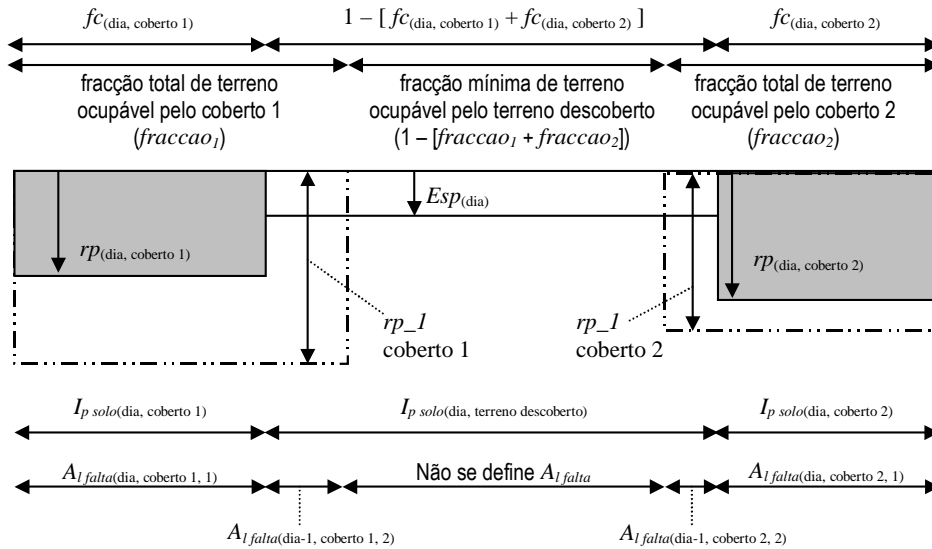
A infiltração profunda calculada pela metodologia apresentada não traduz, ainda, a infiltração profunda de um determinado dia. Porque, enquanto as raízes das plantas se estão a desenvolver em profundidade, o volume que existe entre a profundidade das raízes das plantas num determinado dia [$rp(dia)$] e a profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas (rp_1) pode apresentar um teor de humidade abaixo da retenção específica.

A quantidade de água de infiltração profunda calculada pela equação (24), que se designa agora por Ip_{solo} , não drena livremente em profundidade, indo antes colmatar a quantidade de água em falta para se atingir o teor de humidade correspondente à retenção específica nessa área.

Considerem-se as três zonas representadas na Figura 24:

1 – abaixo da fracção de terreno ocupada pelo coberto 1 [$fc(dia, 1)$];

- 2 – abaixo da fracção de terreno ocupada pelo coberto 2 [$fc_{(dia, 2)}$] – no caso deste existir;
- 3 – abaixo do terreno descoberto, que também se pode decompor em três sub-zonas:
 - 3.1 – aquela que durante o desenvolvimento do coberto vegetal 1 acabará por ficar ocupada por este, ou seja a área por baixo de [$fraccao_1 - fc_{(dia, coberto 1)}$];
 - 3.2 – aquela que durante o desenvolvimento do coberto vegetal 2 (no caso deste existir) acabará por ficar ocupada por este, ou seja a área por baixo de [$fraccao_2 - fc_{(dia, coberto 2)}$];
 - 3.3 – abaixo do terreno descoberto que nunca será ocupado por coberto vegetal (1 – [$fraccao_1 + fraccao_2$]).



in Oliveira (2004, 2006)

Figura 24 – Termos representados no cálculo da infiltração profunda quando se utiliza o coeficiente cultural dual para o cálculo da evapotranspiração

No caso das duas primeiras zonas, a quantidade de água em falta abaixo da fracção de terreno ocupada pelo coberto vegetal [$fc_{(dia, coberto 1)}$ e $fc_{(dia, coberto 2)}$; Figura 24] é representada por $A_{I\ falta}(dia, coberto 1, 1)$ e $A_{I\ falta}(dia, coberto 2, 1)$ como calculados na equação (18). Ip_{solo} é o calculado para os cobertos vegetais [$Ip_{solo}[dia, coberto 1]$ e $Ip_{solo}[dia, coberto 2]$]. A infiltração profunda e os novos valores da quantidade de água em falta, são calculados da seguinte forma:

$$Ip_{[dia, coberto i]} = \max(Ip_{solo}[dia, coberto i] - A_{I\ falta\ equação\ (18)}(dia, coberto i, 1); 0) \quad (27)$$

$$A_{I\ falta}(dia, coberto i, 1) = \max(A_{I\ falta\ equação\ (18)}(dia, coberto i, 1) - Ip_{solo}[dia, coberto i]; 0) \quad (28)$$

Onde i assume os valores 1 ou 2. No caso do coberto 2 não existir, i só assume o valor 1.

No caso da terceira zona, para se determinar a infiltração profunda é necessário fazer os cálculos para as três sub-zonas.

No caso das sub-zonas 3.1 e 3.2, a quantidade de água em falta é dada por $A_{I\ falta}(dia-1, coberto 1, 2)$ e $A_{I\ falta}(dia-1, coberto 2, 2)$. Os termos $A_{I\ falta}$ referem-se aos calculados no dia anterior uma vez que ainda não foram actualizados para o dia corrente do balanço. Ip e $A_{I\ falta}$ vêm dados por:

$$Ip_{3, i}(dia) = \max(Ip_{solo}[dia, terreno\ descoberto] - A_{I\ falta}(dia-1, coberto i, 2); 0) \quad (29)$$

$$A_{I\ falta}(dia, coberto i, 2) = \max(A_{I\ falta}(dia-1, coberto i, 2) - Ip_{solo}[dia, terreno\ descoberto]; 0) \quad (30)$$

Onde i assume os valores 1 ou 2 (se existir).

No caso da subzona 3.3 não ocorrem teores de humidade abaixo da retenção específica pelo que aí não se define $A_{I\ falta}$ e a infiltração profunda é dada directamente por $Ip_{solo}[dia, terreno\ descoberto]$:

$$lp_{3.3}(\text{dia}) = lp_{\text{solo}}[\text{dia}, \text{terreno descoberto}] \quad (31)$$

Assim, para a totalidade da área abaixo do terreno descoberto, lp vem dado por:

$$lp_{[\text{dia}, \text{terreno descoberto}]} = \{lp_{3.1}(\text{dia}) * [\text{fraccao}_1 - fc_{(\text{dia}, \text{coberto } 1)}] + lp_{3.2}(\text{dia}) * [\text{fraccao}_2 - fc_{(\text{dia}, \text{coberto } 2)}] + lp_{3.3}(\text{dia}) * (1 - [\text{fraccao}_1 + \text{fraccao}_2])\} / \{1 - [fc_{(\text{dia}, \text{coberto } 1)} + fc_{(\text{dia}, \text{coberto } 2)}]\} \quad (32)$$

4.1.5 Análise dos dados hidrológicos e da informação sobre os solos e a ocupação do solo para o modelo matemático

Para a corrida do modelo foi necessário seleccionar as séries de precipitação e de evapotranspiração a utilizar, tratar as séries e preencher eventuais lacunas, interpretar a informação sobre os solos e a ocupação do solo, preparar os ficheiros de entrada do programa, fazer as corridas do programa, analisar e sintetizar os resultados. Este processo foi repetido para cada área em estudo, ou seja, bacia hidrográfica de Melides, bacia hidrográfica do Arade e sistema aquífero Querença-Silves.

Para a informação de solo utilizou-se os mapas de solo produzido pelo IHERA à escala 1 : 25 000 em todos os casos em estudo.

Para cada ocupação do solo foi necessário dar, para cada coberto considerado, indicação se ele é permeável ou não e, se o for, caracterizar os períodos de desenvolvimento dos tipos culturais se eles existirem, a data de início do período de desenvolvimento, as profundidades atingidas pelas raízes das plantas durante os períodos de desenvolvimento e as fracções de terreno abrangidas, os seus coeficientes culturais e o limite de depleção de água do solo a 100%. No caso do coberto conferir impermeabilidade ao meio é necessário definir a fracção de área impermeável.

Os parâmetros dependentes da ocupação do solo, no que diz respeito aos cobertos vegetais, podem ser extraídos do conhecimento existente localmente ou, na ausência deste, de publicações como a de Allen *et al.* (1998) que refere as propriedades de muitos tipos de cobertos vegetais. A caracterização espacial da ocupação do solo utilizada neste estudo foi a do CORINE Land Cover 2006 à escala 1:100 000, desenvolvida pelo Instituto Geográfico Português (Lourenço, 2010).

O modelo de balanço hídrico sequencial diário pode ser aplicado a todos os tipos litológicos desde que se conheçam os parâmetros característicos do meio, utilizando especificidades na interpretação dos seus resultados (Oliveira, 2011):

No meios de porosidade intergranular com a presença de um solo, independentemente de o terreno ser coberto ou descoberto, o método aplica-se directamente.

No caso de afloramentos rochosos o método também se aplica directamente assumindo que os parâmetros correspondentes ao solo têm as propriedades da rocha e que, no caso de haver fracturação que permita a entrada de água na rocha, uma percentagem do escoamento directo que é calculado pela corrida do modelo também se infiltra, constituindo recarga, ficando o escoamento directo diminuído deste volume.

O caso da ocorrência de formações carsificadas aflorantes encerra outra particularidade. No caso de constituírem afloramentos rochosos (rocha nua) e de não haver formas de retenção de água à superfície que armazene a água e depois permita a sua evaporação, pode-se considerar que toda a precipitação se infiltra.

No caso de ocorrência de sistemas cársicos aflorantes, onde exista um solo onde se pode ou não desenvolver um coberto vegetal, o modelo de balanço hídrico sequencial diário também pode ser utilizado, existindo a evapotranspiração resultante da presença desse solo (que terá as propriedades de um solo proveniente de calcários, muitas vezes um solo argiloso – terra rossa). O escoamento directo que é gerado, tratando-se de formações carsificadas, após um percurso à superfície acaba por se infiltrar, constituindo também recarga do aquífero. Nestas situações deixa de haver escoamento directo. No caso da ocupação do solo existente dar origem a áreas impermeabilizadas, por exemplo áreas urbanas, pode-se considerar que o escoamento directo é colectado e desviado para fora do sistema aquífero, não constituindo neste caso recarga do aquífero.

Na aplicação realizada às massas de águas subterrâneas cársicas, nas zonas onde este curso aflora, considerou-se que toda a água de escoamento directo se infiltrava constituindo também recarga excepto nas zonas com coberto impermeável, onde se manteve como escoamento directo.

4.2 Caso de estudo em Melides

4.2.1 Dados de entrada

Na determinação da recarga e escoamento directo o modelo BALSEQ_MOD foi corrido desde Outubro de 1979 a Setembro de 2009.

Tendo em conta a precipitação diária verificou-se um ligeiro problema na escolha da estação meteorológica. As estações mais próximas da zona em estudo são Grândola (24F/01C) e Comporta (23E/01C) do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e a estação de Sines do Instituto de Meteorologia português. No entanto, quer a estação de Comporta, quer a estação de Sines apresentam várias lacunas de dados e a estação de Grândola (muito mais completa) está localizada numa zona a Este da Serra de Grândola. Assim decidiu-se utilizar um ponto fictício no centro da bacia hidrográfica, que passou a ser denominado de Melides, utilizando estas três estações para o interpolar. O método utilizado para obter os dados do novo ponto foi o método do Inverso do Quadrado das Distâncias.

No Quadro 14 e Figura 25 encontram-se uns resumos dos dados de precipitação utilizados para a modelação BALSEQ_MOD.

Quadro 14 – Dados estatísticos da precipitação diária utilizada como entrada no modelo BALSEQ_MOD para caso de estudo em Melides

MÊS	Precipitação (mm)				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Out.	85,22	82,24	57,36	196,97	0,79
Nov.	95,02	70,35	85,19	323,42	0,29
Dez.	94,75	56,42	85,36	294,97	3,33
Jan.	78,58	59,88	77,63	379,42	1,09
Fev.	60,63	49,81	47,95	162,73	2,43
Mar.	45,69	33,72	36,00	153,11	0,00
Abr.	57,08	55,15	35,74	152,72	4,83
Mai.	40,93	33,55	31,84	101,77	0,00
Jun.	10,09	4,02	12,90	53,33	0,00
Jul.	2,43	1,04	7,09	39,51	0,00
Ago.	3,80	1,03	5,73	24,07	0,00
Set.	30,84	22,05	26,40	99,84	0,46
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Anual	605,05	562,14	212,22	1199,50	236,30

Os dados da evapotranspiração de referência, velocidade do vento e humidade relativa foram retirados da estação meteorológica de Alcácer do Sal que apresenta estes valores para o período de 1959 até 1988. De forma a extrapolar para 2009 utilizaram-se os valores médios obtidos no período acima referido.

Como referido na secção 4.1.5, os dados de solo utilizados foram os existentes nos mapas de solo produzido pelo IHERA e os dados para ocupação de solo foram os pertencentes aos mapas CORINE Land Cover 2006 à escala 1:100 000, desenvolvida pelo Instituto Geográfico Português (cf. Lourenço *et al.*, 2010).

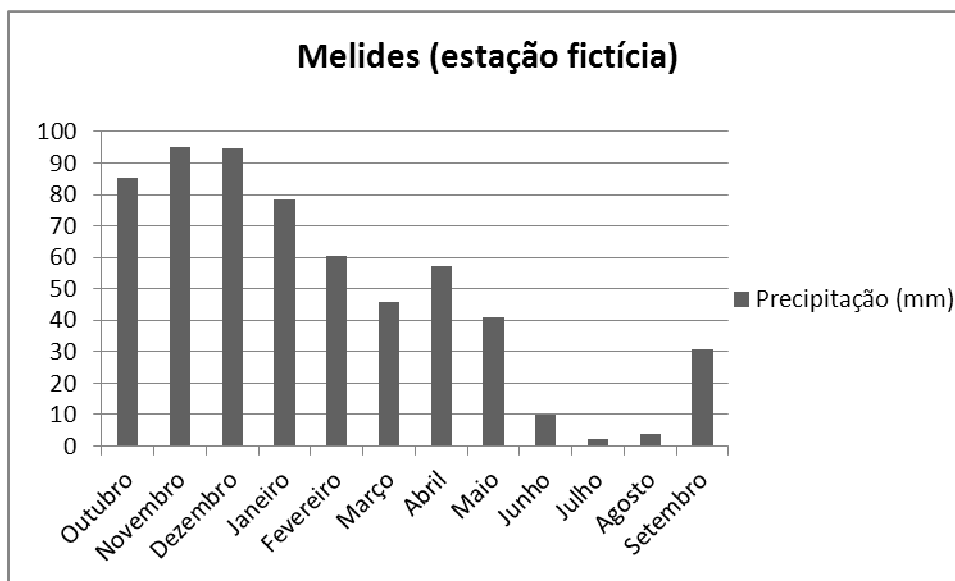


Figura 25 – Precipitação média mensal de 1979 a 2009

4.2.2 Resultados

De seguida apresentam-se figuras com os resultados obtidos para a recarga média anual e escoamento directo médio anual, em mm/ano, para o caso de estudo.

Nestas figuras é possível verificar, claramente, duas zonas completamente distintas na bacia hidrográfica de Melides: a) a zona inserida no sistema aquífero de Sines, que apresenta elevados valores de recarga anual média e conseqüentemente valores baixos de escoamento directo e b) a zona do Maciço Antigo, que, por ser uma zona xistosa, apresenta comportamento exactamente oposto à outra zona.

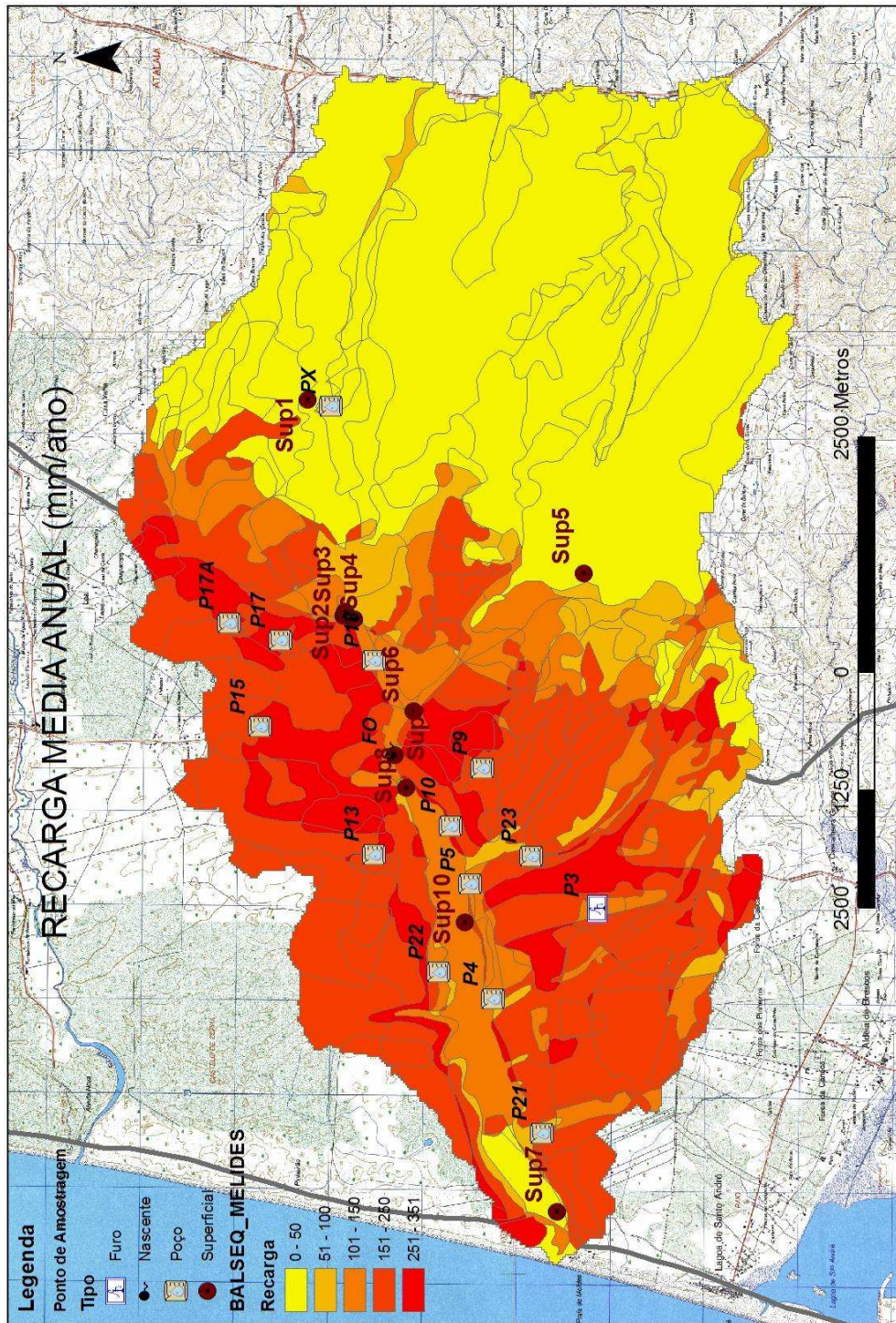


Figura 26 – Recarga média anual na bacia hidrográfica de Melides

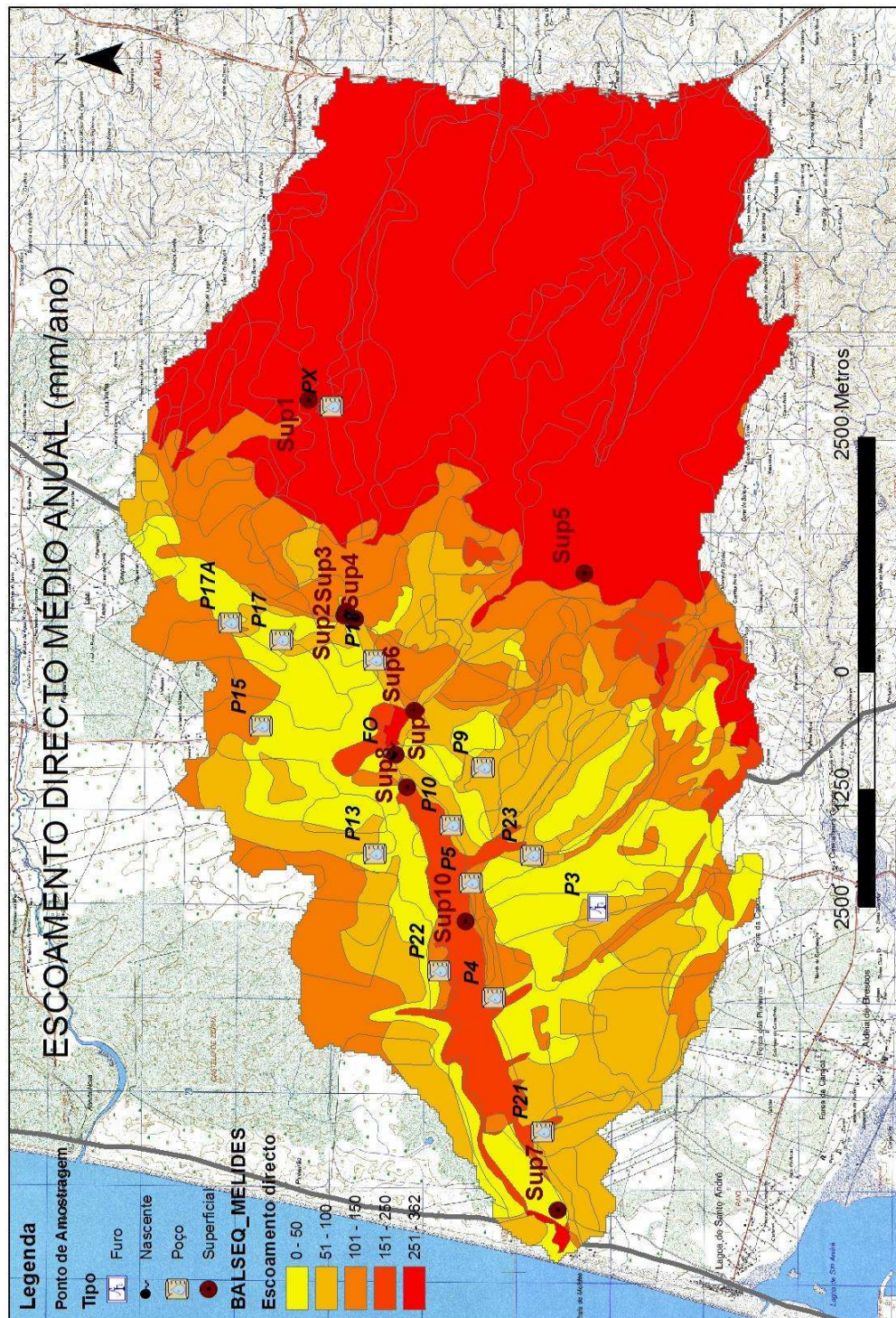


Figura 27 – escoamento directo médio anual na bacia hidrográfica de Melides

O Quadro 15 apresenta os dados estatísticos (média, mediana, desvio padrão, máximo absoluto e mínimo absoluto) para cada mês da recarga e escoamento directo obtidos.

Verifica-se neste quadro que a recarga média anual para a bacia hidrográfica de Melides é de 118,97 mm/ano e o escoamento directo médio anual é de 199,10 mm/ano. Verifica-se que os meses secos (Junho, Julho e Agosto) apresentam valores médios muito baixos – próximos do zero – de recarga e escoamento directo.

Quadro 15 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para a bacia hidrográfica de Melides.

MÊS	Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Mín Abs
Out.	9,55	6,76	10,06	35,90	0,00	28,47	26,22	21,02	72,39	0,00
Nov.	20,47	10,06	26,30	101,77	0,00	33,54	22,38	33,32	125,76	0,00
Dez.	27,78	12,63	33,68	123,70	0,00	33,00	17,85	33,60	113,27	0,42
Jan.	25,45	13,33	36,44	181,08	0,00	26,78	18,31	30,74	148,75	0,00
Fev.	17,30	9,13	19,00	63,73	0,00	19,96	15,04	18,15	58,75	0,15
Mar.	7,75	3,15	11,06	51,49	0,00	14,39	9,90	13,11	56,40	0,00
Abr.	6,13	4,64	5,97	18,98	0,00	17,52	14,61	12,46	48,13	0,13
Mai.	2,98	1,16	4,04	14,68	0,00	12,13	9,02	10,67	34,82	0,00
Jun.	0,18	0,00	0,37	1,46	0,00	2,61	0,66	3,88	14,43	0,00
Jul.	0,08	0,00	0,43	2,36	0,00	0,50	0,00	2,51	13,79	0,00
Ago.	0,01	0,00	0,06	0,34	0,00	0,74	0,00	1,58	7,45	0,00
Set.	1,29	0,47	2,00	8,22	0,00	9,46	6,42	9,21	34,43	0,00
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máximo	Mínimo	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máximo	Mínimo
Anual	118,97	101,03	83,03	382,29	8,73	199,10	185,86	83,62	441,40	56,09

4.2.3 Estudo por sub-bacias

Para um melhor entendimento da área em estudo decidiu-se separar as áreas em pequenas sub-bacias. Esta separação foi feita tendo em conta os pontos de amostragem de água superficial. Assim, considerou-se ser uma sub-bacia a área da bacia a montante dos pontos de amostragem de águas superficiais.

No caso de Melides identificaram-se sete sub-bacias de acordo com os 10 pontos de amostragem (cf. Figura 28).

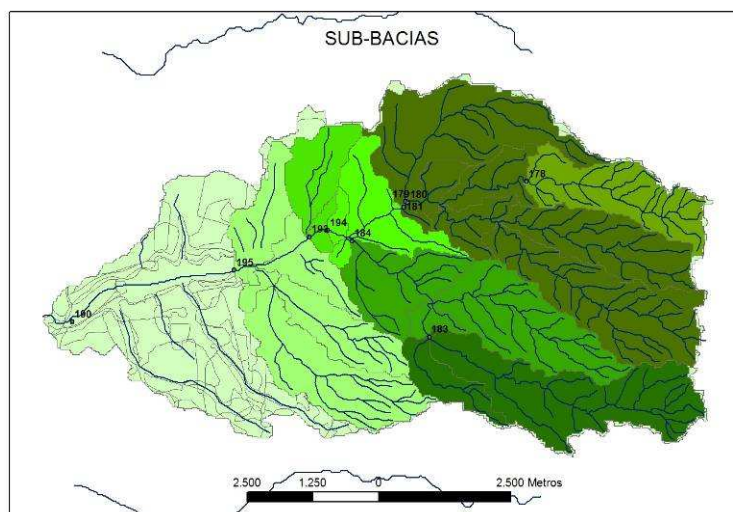


Figura 28 – Divisão da área de estudo de Melides em sete sub-bacias

As seguintes duas figuras representam a recarga média anual e o escoamento directo médio anual nas sub-bacias identificadas em Melides.

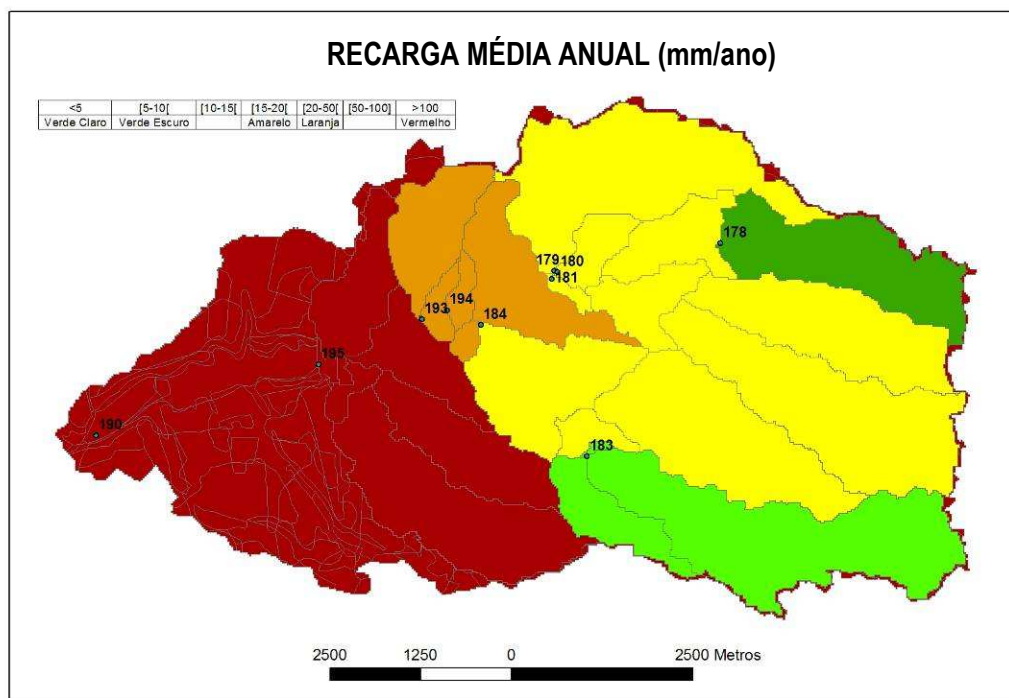


Figura 29 – Recarga média anual por sub-bacias

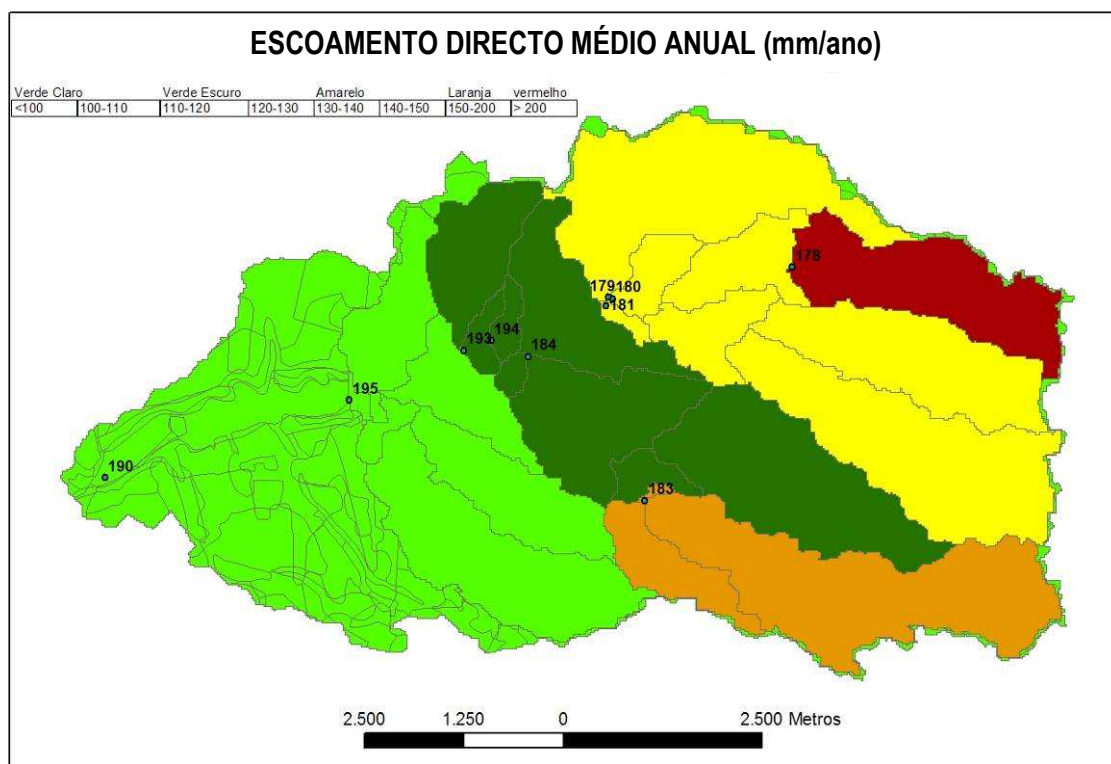


Figura 30 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias

O seguinte Quadro apresenta o estudo estatístico para cada uma das sete sub-bacias nos vários meses do ano e em termos anuais. Apresentam-se os valores médios, mediana, desvio padrão, máximo absoluto e mínimo absoluto da recarga e do escoamento directo obtido.

Quadro 16 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para as sub-bacias da bacia hidrográfica de Melides

Sub-Bacia		Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
178	Anual	6,34	4,87	5,13	24,56	0,08	553,67	514,08	197,70	1109,63	210,78
	Jan.	1,50	0,83	2,48	13,23	0,00	72,16	54,83	72,33	353,24	0,91
	Fev.	1,02	0,60	1,12	4,30	0,00	55,48	44,76	44,45	150,13	2,07
	Mar.	0,51	0,27	0,71	3,37	0,00	41,64	30,55	33,24	141,64	0,00
	Abr.	0,49	0,35	0,44	1,42	0,00	51,90	49,58	32,85	139,19	4,05
	Mai.	0,25	0,12	0,34	1,20	0,00	37,11	30,05	29,15	93,04	0,00
	Jun.	0,01	0,00	0,02	0,09	0,00	9,05	3,47	11,69	47,98	0,00
	Jul.	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	2,15	0,87	6,52	36,31	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,35	0,86	5,15	21,90	0,00
	Set.	0,01	0,00	0,04	0,19	0,00	28,03	19,95	24,26	91,33	0,38
	Out.	0,37	0,11	0,52	1,78	0,00	78,08	75,05	53,03	182,15	0,66
	Nov.	0,91	0,38	1,16	4,53	0,00	87,55	64,01	79,31	300,96	0,24
Dez.	1,28	0,67	1,58	6,84	0,00	87,19	50,88	79,52	274,13	2,86	
180	Anual	15,26	12,82	11,83	57,43	0,93	528,04	490,11	188,49	1058,09	201,24
	Jan.	3,52	1,70	5,87	31,11	0,00	68,80	52,30	68,97	336,91	0,87
	Fev.	2,32	1,24	2,51	8,83	0,00	52,91	42,69	42,39	143,20	1,98
	Mar.	1,08	0,41	1,55	7,10	0,00	39,72	29,17	31,69	135,08	0,00
	Abr.	0,85	0,70	0,80	2,65	0,00	49,50	47,29	31,32	132,76	3,89
	Mai.	0,42	0,15	0,55	1,80	0,00	35,39	28,65	27,80	88,77	0,00
	Jun.	0,02	0,00	0,05	0,20	0,00	8,64	3,32	11,15	45,77	0,00
	Jul.	0,01	0,00	0,06	0,31	0,00	2,05	0,84	6,22	34,62	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	3,20	0,82	4,91	20,89	0,00
	Set.	0,14	0,04	0,23	0,96	0,00	26,74	19,03	23,14	87,15	0,37
	Out.	1,13	0,77	1,21	4,10	0,00	74,46	71,52	50,55	173,71	0,64
	Nov.	2,45	1,27	3,07	11,83	0,00	83,48	61,02	75,61	286,94	0,23
Dez.	3,32	1,51	4,10	16,07	0,00	83,14	48,53	75,81	261,40	2,74	
183	Anual	1,97	1,45	1,73	8,56	0,05	584,17	542,66	206,30	1162,85	225,89
	Jan.	0,49	0,26	0,88	4,74	0,00	75,98	57,83	75,46	368,71	1,01
	Fev.	0,32	0,19	0,33	1,35	0,00	58,53	47,76	46,51	157,55	2,28
	Mar.	0,16	0,07	0,24	1,16	0,00	44,04	32,42	34,87	148,46	0,00
	Abr.	0,11	0,07	0,11	0,36	0,00	54,97	52,90	34,56	147,22	4,49
	Mai.	0,05	0,01	0,07	0,25	0,00	39,37	32,15	30,75	98,21	0,00
	Jun.	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	9,67	3,80	12,41	51,16	0,00
	Jul.	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	2,31	0,97	6,86	38,22	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,62	0,95	5,49	23,19	0,00
	Set.	0,01	0,00	0,02	0,07	0,00	29,70	21,21	25,53	96,37	0,42
	Out.	0,12	0,06	0,16	0,55	0,00	82,32	79,34	55,59	190,89	0,74
	Nov.	0,28	0,10	0,36	1,38	0,00	91,98	67,78	82,78	314,22	0,27
Dez.	0,42	0,20	0,52	2,18	0,00	91,68	54,17	82,97	286,48	3,15	
184	Anual	16,92	14,35	12,92	61,81	1,18	528,93	491,05	188,31	1058,16	202,19
	Jan.	3,84	1,96	6,23	32,50	0,00	68,88	52,40	68,91	336,59	0,88
	Fev.	2,48	1,37	2,66	9,71	0,00	53,00	42,85	42,39	143,28	2,01
	Mar.	1,18	0,50	1,69	7,82	0,00	39,80	29,26	31,70	135,12	0,00
	Abr.	0,93	0,67	0,89	2,93	0,00	49,62	47,47	31,36	133,05	3,93
	Mai.	0,47	0,18	0,62	2,09	0,00	35,49	28,78	27,84	88,95	0,00
	Jun.	0,02	0,00	0,06	0,24	0,00	8,68	3,35	11,19	45,97	0,00
Jul.	0,01	0,00	0,07	0,36	0,00	2,07	0,85	6,23	34,69	0,00	

Sub-Bacia		Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
	Ago.	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	3,22	0,83	4,93	20,94	0,00
	Set.	0,16	0,02	0,30	1,22	0,00	26,82	19,10	23,18	87,32	0,37
	Out.	1,38	1,04	1,43	4,75	0,00	74,59	71,69	50,57	173,75	0,64
	Nov.	2,71	1,51	3,33	12,80	0,00	83,55	61,16	75,56	286,75	0,23
	Dez.	3,74	1,71	4,61	17,86	0,00	83,21	48,70	75,74	261,24	2,78
193	Anual	20,61	17,41	15,47	74,01	1,48	517,35	480,18	184,54	1036,23	197,33
	Jan.	4,65	2,33	7,44	38,82	0,00	67,39	51,24	67,54	329,88	0,86
	Fev.	3,05	1,62	3,29	11,70	0,00	51,84	41,83	41,52	140,31	1,95
	Mar.	1,43	0,55	2,04	9,41	0,00	38,92	28,61	31,04	132,31	0,00
	Abr.	1,11	0,90	1,05	3,41	0,00	48,50	46,34	30,69	130,09	3,83
	Mai.	0,56	0,22	0,72	2,35	0,00	34,68	28,08	27,23	87,00	0,00
	Jun.	0,03	0,00	0,07	0,30	0,00	8,47	3,26	10,93	44,88	0,00
	Jul.	0,02	0,00	0,08	0,45	0,00	2,02	0,82	6,09	33,93	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	3,14	0,81	4,81	20,47	0,00
	Set.	0,21	0,05	0,35	1,44	0,00	26,21	18,66	22,68	85,43	0,36
	Out.	1,63	1,16	1,70	5,80	0,00	72,96	70,07	49,52	170,18	0,63
	Nov.	3,35	1,77	4,18	16,06	0,00	81,79	59,78	74,04	281,01	0,23
Dez.	4,58	2,03	5,64	21,73	0,00	81,44	47,56	74,23	255,96	2,69	
194	Anual	18,89	16,03	14,48	69,61	1,30	519,51	482,19	185,35	1040,67	198,09
	Jan.	4,31	2,14	7,06	37,08	0,00	67,68	51,45	67,83	331,31	0,86
	Fev.	2,81	1,51	3,04	10,91	0,00	52,05	42,00	41,70	140,89	1,96
	Mar.	1,32	0,53	1,90	8,78	0,00	39,08	28,72	31,17	132,87	0,00
	Abr.	1,03	0,81	0,97	3,21	0,00	48,71	46,54	30,82	130,62	3,84
	Mai.	0,52	0,20	0,67	2,24	0,00	34,82	28,20	27,34	87,36	0,00
	Jun.	0,03	0,00	0,06	0,28	0,00	8,50	3,27	10,97	45,06	0,00
	Jul.	0,01	0,00	0,07	0,41	0,00	2,02	0,83	6,12	34,07	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	3,15	0,81	4,83	20,56	0,00
	Set.	0,18	0,03	0,31	1,29	0,00	26,32	18,73	22,77	85,78	0,36
	Out.	1,48	1,06	1,55	5,19	0,00	73,26	70,36	49,73	170,88	0,63
	Nov.	3,03	1,63	3,77	14,49	0,00	82,13	60,03	74,36	282,20	0,23
Dez.	4,16	1,83	5,14	20,01	0,00	81,78	47,75	74,55	257,07	2,70	
195	Anual	168,18	155,23	64,55	310,45	40,59	353,07	342,36	96,61	588,40	123,02
	Jan.	26,01	20,19	25,21	85,32	0,00	30,70	28,02	22,02	71,22	0,66
	Fev.	23,28	15,93	24,62	87,70	0,17	31,14	21,57	26,17	98,56	1,10
	Mar.	17,36	9,61	22,22	84,32	0,00	33,65	25,93	27,47	86,08	0,00
	Abr.	18,72	10,45	21,19	68,29	0,00	42,31	41,85	24,05	92,15	0,12
	Mai.	6,91	2,00	9,75	38,23	0,00	31,01	25,32	24,38	78,97	0,00
	Jun.	1,02	0,00	2,38	8,00	0,00	22,40	18,02	24,82	94,93	0,00
	Jul.	0,03	0,00	0,17	0,91	0,00	7,76	0,95	9,56	30,84	0,00
	Ago.	0,14	0,00	0,73	4,00	0,00	14,29	0,81	24,18	82,19	0,00
	Set.	3,22	0,43	7,17	28,13	0,00	30,86	30,41	22,03	77,60	0,32
	Out.	22,11	20,49	24,29	89,94	0,00	39,27	29,23	32,01	99,68	0,56
	Nov.	24,28	19,02	26,02	95,13	0,00	35,14	24,59	30,29	99,95	0,20
Dez.	25,10	24,26	20,69	79,35	0,00	34,53	32,17	24,28	96,52	3,57	

4.3 Caso de estudo no Algarve

4.3.1 Dados de entrada

Neste caso, existem três massas modeladas com dados de entrada diferentes. Considerou-se a bacia hidrográfica a montante da barragem do Arade, toda a restante bacia hidrográfica do Arade (que inclui a bacia de Odelouca) e o sistema aquífero de Querença-Silves.

Na determinação da recarga e escoamento directo o modelo BALSEQ_MOD foi corrido desde Outubro de 1979 a Setembro de 2009 para a bacia do Arade. Para o sistema aquífero de Querença-Silves modelou-se para o período de Outubro de 1941 a Setembro de 1991 e para o período de Outubro de 1979 a Setembro de 2009.

Em relação aos dados de entrada do sistema aquífero de Querença-Silves os autores referenciam o trabalho Oliveira (2007) e Oliveira *et al.* (2008).

Em relação à informação de solos e ocupação de solo utilizou-se o mesmo tipo de informação que para o caso de estudo em Melides.

Os dados da evapotranspiração de referência, velocidade do vento e humidade relativa para ambos os casos foram retirados da estação meteorológica de Praia da Rocha que apresenta estes valores para o período de 1958 até 1988. De forma a extrapolar para 2009 utilizaram-se os valores médios obtidos no período acima referido.

Em relação aos dados de precipitação diária utilizou-se para a bacia hidrográfica da barragem do Arade a estação de Vale Barriga (30H/02U), sendo as suas lacunas completadas com as estações de Barragem do Arade (30G/03C), São Bartolomeu de Messines (30H/03UG) e São Marcos da Serra (29G/02G), utilizando o método do Inverso do Quadrado das Distâncias.

Para o resto da bacia hidrográfica do Arade foi necessário encontrar uma estação que fosse um “meio-termo” para toda a bacia, devido à sua grande área. Assim, decidiu-se utilizar a estação Alferce (30G/01UG), completando as suas lacunas com as estações de Vale Barriga (30H/02U), Barragem do Arade (30G/03C) e São Marcos da Serra (29G/02G), utilizando o mesmo método acima referido. Todas estas estações pertencem ao SNIRH.

A Figura 31 representa um gráfico da precipitação média mensal para estação de Vale Barriga, corrigida pelas outras estações e a Figura 32 representa um gráfico da precipitação média mensal para estação de Alferce, corrigida pelas outras estações. O Quadro 17 apresenta uma síntese de uma análise estatística mensal para a precipitação na estação de Alferce, corrigida pelas outras estações.

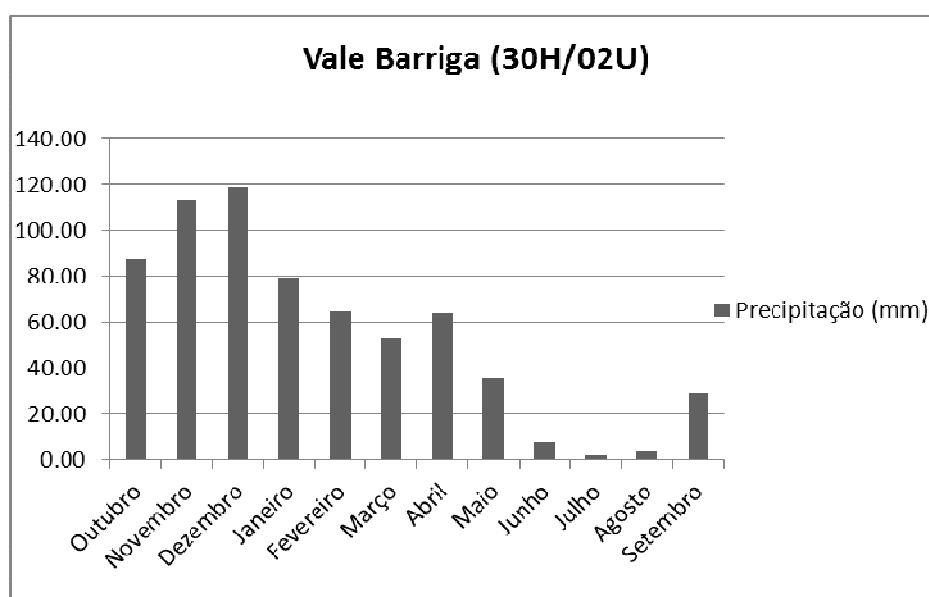


Figura 31 – Precipitação média mensal para estação de Vale Barriga (corrigida)

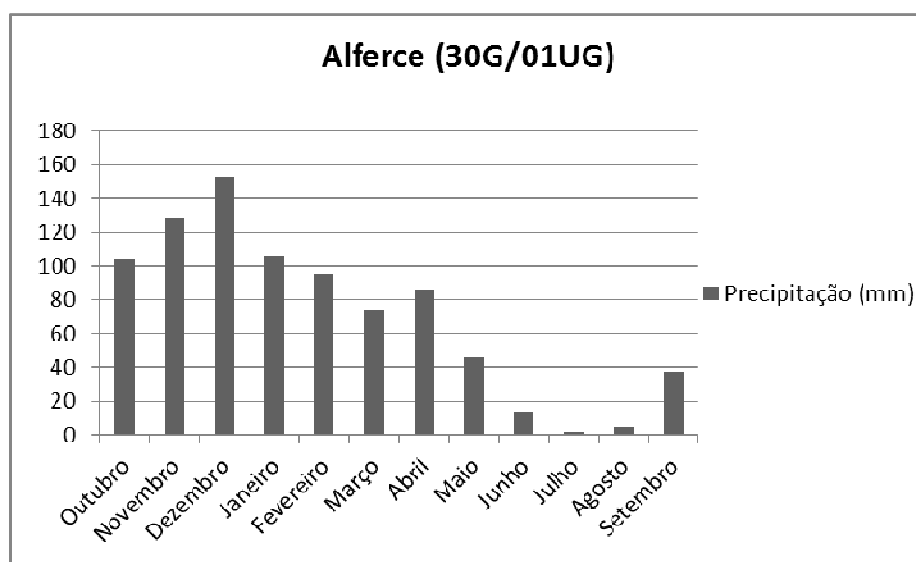


Figura 32 – Precipitação média mensal para estação de Alferce (corrigida)

Quadro 17 – Análise estatística mensal para a precipitação na estação de Alferce (corrigida) e Vale Barriga (corrigida)

Período	Precipitação (mm) - Alferce					Precipitação (mm) - Vale Barriga				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Out.	104,06	68,35	94,96	357,70	0,00	87,77	60,17	71,74	262,48	0,83
Nov.	128,89	90,60	124,78	480,00	0,00	113,35	89,28	99,58	362,00	1,46
Dez.	152,54	96,10	163,52	721,10	0,00	118,58	86,74	115,11	466,18	2,01
Jan.	106,31	77,00	106,68	422,60	0,00	79,17	69,75	67,36	312,20	0,25
Fev.	94,67	89,45	75,72	278,90	0,00	64,70	68,67	43,87	160,87	0,00
Mar.	73,41	46,55	61,53	219,90	0,00	53,12	39,19	46,59	187,80	0,00
Abr.	86,64	76,35	64,29	329,20	1,00	64,05	63,60	41,55	204,23	3,80
Mai.	45,76	33,15	37,01	125,00	0,00	35,69	24,36	30,76	100,60	0,09
Jun.	13,10	5,15	22,45	101,90	0,00	7,74	1,49	15,42	65,17	0,00
Jul.	1,74	0,05	4,27	21,60	0,00	1,79	0,11	3,64	15,50	0,00
Ago.	4,73	0,50	11,86	56,50	0,00	4,20	0,15	9,63	38,79	0,00
Set.	37,47	24,75	39,55	154,30	0,00	28,77	17,69	29,16	97,70	0,19
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Anual	849,33	827,05	351,62	1595,80	301,30	658,91	650,51	253,52	1300,50	261,16

4.3.2 Resultados

A Figura 33 e a Figura 34 apresentam os resultados da corrida do modelo BALSEQ_MOD obtidos para a zona de estudo no Algarve. Apresenta-se, respectivamente, a recarga média anual e o escoamento directo médio anual.

Como seria de esperar, a zona pertencente ao Maciço Antigo apresenta elevados valores de escoamento directo e baixos valores de recarga. O sistema aquífero de Querença-Silves apresenta elevados valores de recarga devido à sua carsificação.

Verifica-se, nas duas figuras, que a bacia a montante da barragem do Arade tem valores médios anuais ligeiramente inferiores ao resto da bacia do Arade. Este facto deve-se à utilização de séries de precipitação diária diferentes.

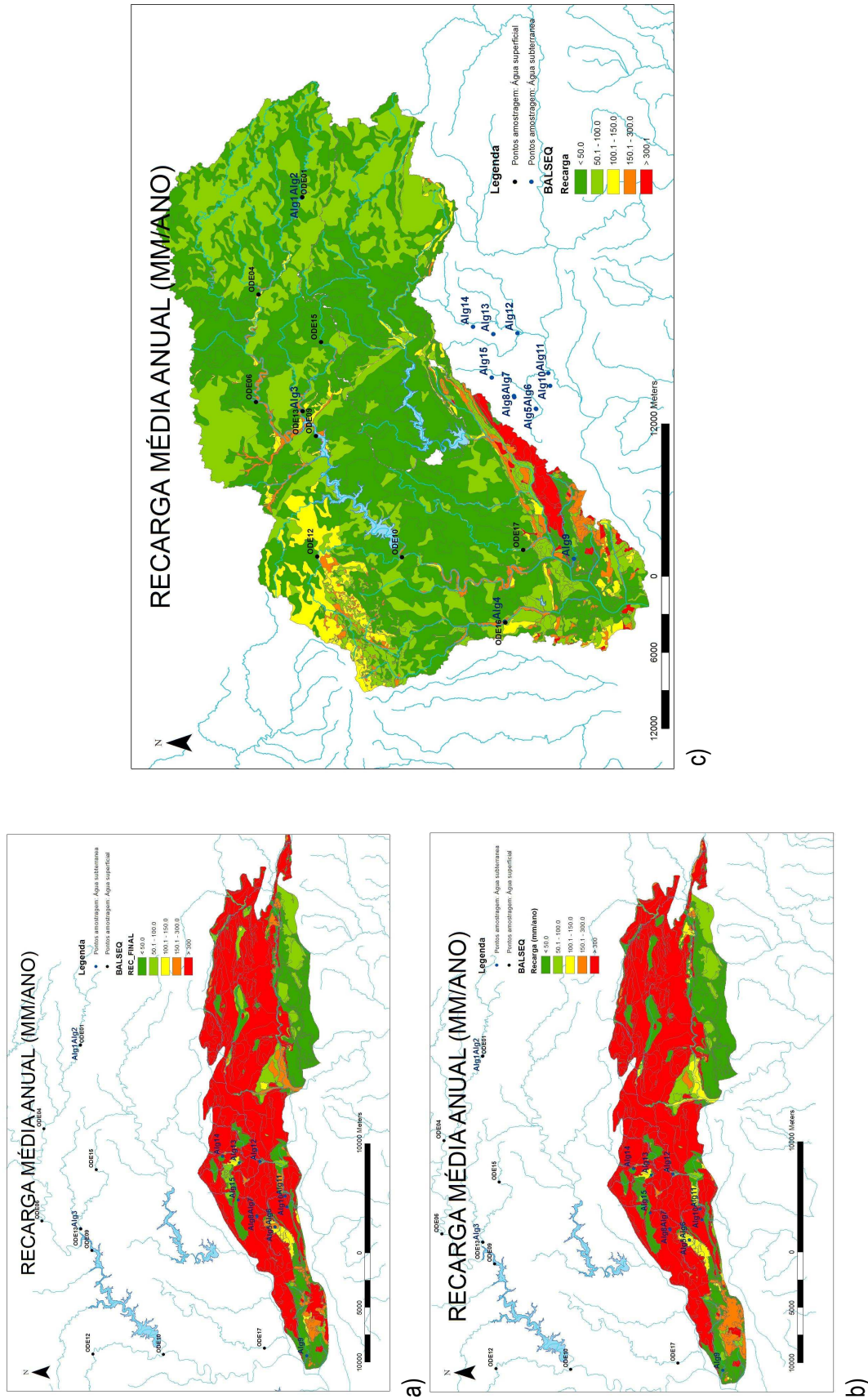


Figura 33 – Recarga média anual na zona de estudo no Algarve. a) Recarga média anual no sistema aquífero Querença-Silves para o período de 1941 até 1991 (Oliveira, 2007 e Oliveira *et al.*, 2008); b) Recarga média anual no sistema aquífero Querença-Silves para o período de 1979 até 2009; c) Recarga média anual para a bacia hidrográfica do Arade, período de 1979 a 2009

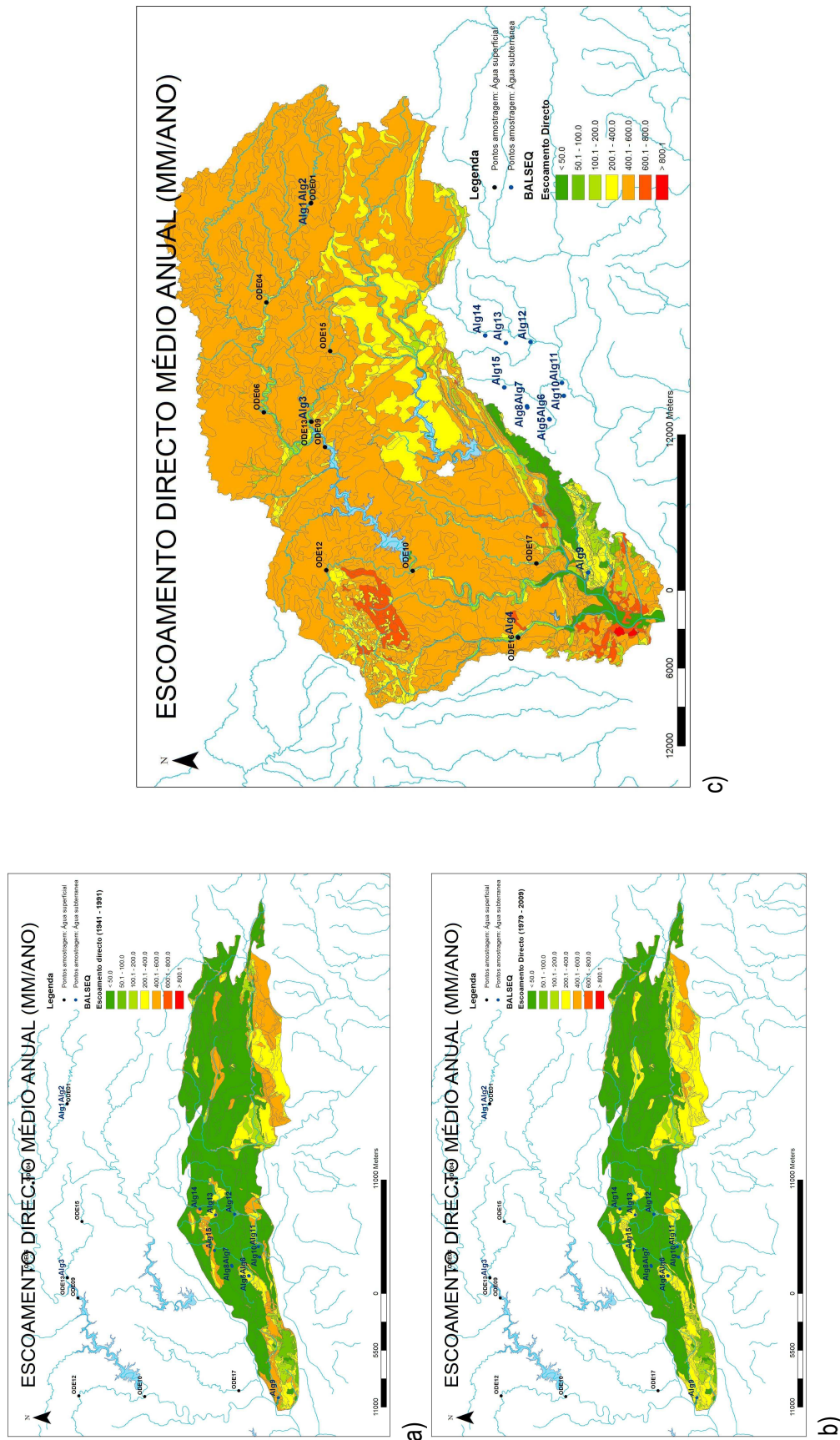


Figura 34 – Escocamento directo médio anual na zona de estudo no Algarve a) Escocamento directo médio anual no sistema aquífero Querença-Silves para o período de 1941 até 1991 (Oliveira, 2007 e Oliveira *et al.*, 2008); b) Escocamento directo médio anual no sistema aquífero Querença-Silves para o período de 1979 até 2009; c) Escocamento directo médio anual para a bacia hidrográfica do Arade, período de 1979 a 2009

O Quadro 18 apresenta uma síntese estatística (média, mediana, desvio padrão, máximo absoluto e mínimo absoluto) para cada mês da recarga e escoamento directo obtidos para bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade).

Verifica-se neste quadro que a recarga média anual para a bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade) é de 73,60 mm/ano e o escoamento directo médio anual é de 494,48 mm/ano. Verifica-se que os meses de Primavera e Verão (Maio a Setembro) apresentam valores médios muito baixos – muito próximos do zero - de recarga.

Quadro 18 – Análise estatística do balanço hídrico obtido para a bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade)

Mês	Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
Out.	5,92	2,82	7,39	30,80	0,00	60,02	38,12	57,77	214,47	0,71
Nov.	11,38	5,93	14,83	64,88	0,00	77,59	52,32	79,48	305,53	0,00
Dez.	17,53	8,74	25,99	128,49	0,10	93,12	54,14	106,79	476,00	1,21
Jan.	13,63	7,98	18,28	74,89	0,00	63,20	42,88	68,79	273,85	0,00
Fev.	10,88	8,86	11,69	47,96	0,00	55,63	50,80	47,58	174,03	0,00
Mar.	5,94	2,63	7,61	28,67	0,00	42,23	26,07	38,43	139,26	0,00
Abr.	5,33	4,60	5,40	26,93	0,01	49,02	42,69	39,80	198,60	0,02
Mai.	1,79	1,03	2,37	10,19	0,00	23,77	16,10	21,20	74,22	0,00
Jun.	0,27	0,00	0,78	3,12	0,00	6,53	0,98	12,89	57,79	0,00
Jul.	0,02	0,00	0,06	0,23	0,00	0,72	0,00	2,25	11,75	0,00
Ago.	0,05	0,00	0,12	0,51	0,00	2,23	0,01	6,49	30,58	0,00
Set.	0,88	0,18	1,58	6,88	0,00	20,42	14,25	22,94	87,18	0,00
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
Anual	73,60	63,73	50,05	201,03	12,28	494,48	480,96	228,35	1003,16	150,67

O valor médio anual de recarga obtido para a bacia hidrográfica da barragem do Arade foi de 38,47 mm/ano e o valor médio de escoamento directo obtido foi de 384,83 mm/ano.

A recarga anual média do sistema aquífero Querença-Silves para o período de 1941 até 1991 foi estimada em 323 mm/ano, ou seja, 102,82 hm³/ano (Oliveira *et al.*, 2008). Para o período de 1979 até 2009 foi estimado um valor de recarga média anual de 294,21 mm/ano, valor ligeiramente inferior ao estimado por Oliveira *et al.* (2008).

Destacam-se as áreas de afloramento dos calcários do Jurássico inferior, onde a recarga calculada é muito elevada, superior a 450 mm/ano, o que se deve à natureza carsificada destas formações (Oliveira, 2007 e Oliveira *et al.*, 2008).

4.3.3 Estudo por sub-bacias

À semelhança do referido para Melides, decidiu-se separar a zona de estudo no Algarve onde se procedeu à amostragem de pontos de água superficial. Dividiu-se em 10 sub-bacias que correspondem, exactamente, aos 10 pontos de amostragem (cf. Figura 35).

As duas figuras seguintes representam a recarga média anual e o escoamento directo médio anual nas 10 sub-bacias identificadas na bacia hidrográfica do Arade.

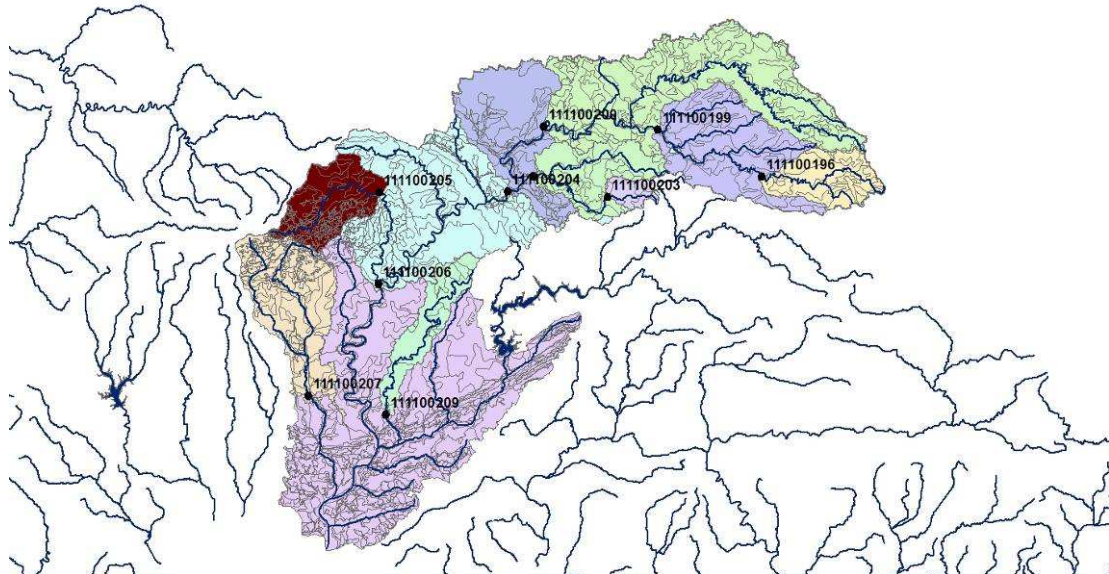


Figura 35 – Divisão em sub-bacias da bacia hidrográfica do Arade (excepto bacia hidrográfica da barragem do Arade)

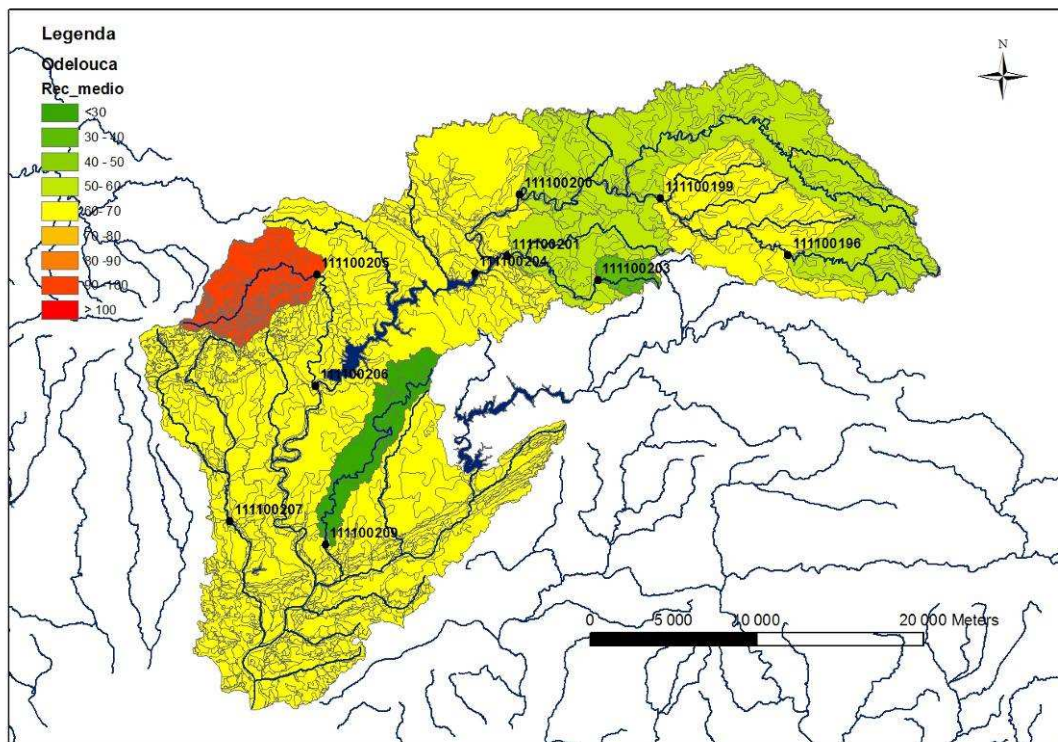


Figura 36 – Recarga média anual por sub-bacias

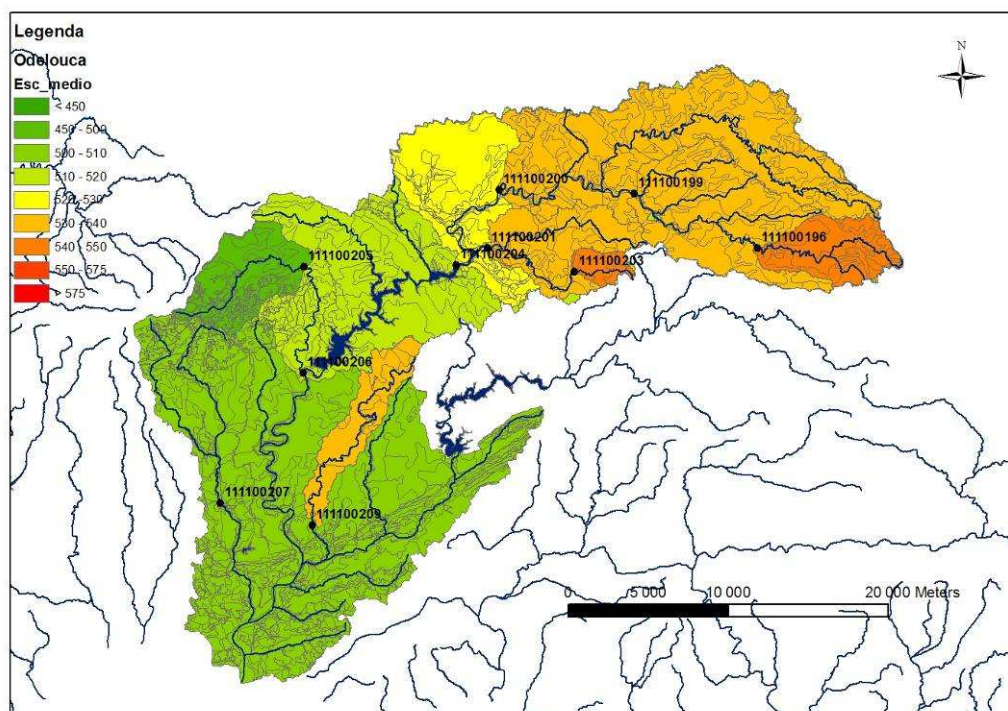


Figura 37 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias

O seguinte Quadro apresenta um estudo estatístico dos valores mensais de recarga e escoamento directo nas sub-bacias do caso em estudo do Algarve.

Quadro 19 – Análise estatística mensal para as sub-bacias identificadas na zona do Algarve onde efectuou amostragem de água superficial

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
209	Anual	533,64	--	--	--	--	36,91	--	--	--	--
	Outubro	64,36	41,12	61,86	229,91	0,00	2,41	1,00	3,26	13,42	0,00
	Novembro	82,97	56,17	85,57	330,62	0,00	5,11	2,55	8,36	40,30	0,00
	Dezembro	99,97	58,16	115,15	515,49	0,00	9,46	3,79	18,11	92,81	0,00
	Janeiro	68,43	46,70	74,66	297,35	0,00	8,29	2,97	13,62	53,93	0,00
	Fevereiro	60,42	55,40	51,81	190,11	0,00	6,01	3,48	8,24	34,39	0,00
	Março	45,97	28,36	41,78	151,99	0,00	2,85	0,89	4,67	17,42	0,00
	Abril	53,19	46,47	43,08	214,66	0,00	1,92	1,49	2,22	10,70	0,00
	Maiο	25,87	17,65	23,04	80,81	0,00	0,51	0,20	0,87	3,88	0,00
	Junho	7,13	1,08	14,00	62,69	0,00	0,08	0,00	0,28	1,39	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,47	12,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	2,43	0,00	7,07	33,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Setembro	22,13	15,56	24,78	93,96	0,00	0,26	0,00	0,69	3,04	0,00	
207	Anual	506,06	--	--	--	--	61,27	--	--	--	--
	Outubro	61,34	39,09	59,60	221,29	0,00	4,69	2,47	6,06	24,43	0,00
	Novembro	79,66	53,25	82,43	315,48	0,00	8,95	5,03	12,45	55,66	0,00
	Dezembro	95,99	55,11	110,88	494,16	0,00	14,28	7,40	22,38	112,91	0,00
	Janeiro	65,06	43,62	71,50	284,99	0,00	11,64	6,69	16,20	64,91	0,00
Fevereiro	57,13	51,84	49,31	180,49	0,00	9,43	7,86	10,47	44,61	0,00	
Março	43,11	26,56	39,55	142,92	0,00	5,25	2,40	6,76	25,80	0,00	
Abril	49,78	43,43	41,00	203,58	0,01	4,64	3,83	4,76	23,49	0,00	

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
	Maio	23,83	16,03	21,38	74,90	0,00	1,60	0,88	2,14	8,83	0,00
	Junho	6,56	0,91	13,05	58,29	0,00	0,22	0,00	0,70	2,94	0,00
	Julho	0,70	0,00	2,27	11,87	0,00	0,01	0,00	0,04	0,21	0,00
	Agosto	2,21	0,00	6,51	30,69	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00
	Setembro	20,68	14,50	23,47	88,65	0,00	0,58	0,00	1,38	5,99	0,00
206	Anual	516,18	--	--	--	--	63,71	--	--	--	--
	Outubro	62,71	40,07	60,53	223,78	0,00	5,37	2,88	6,79	27,26	0,00
	Novembro	80,81	54,82	83,19	319,01	0,00	9,65	5,78	12,33	53,10	0,00
	Dezembro	97,00	56,49	111,50	497,24	0,00	14,57	8,24	20,65	102,19	0,00
	Janeiro	65,88	44,84	71,89	286,34	0,00	11,48	7,39	14,67	58,82	0,00
	Fevereiro	58,07	52,91	49,78	182,36	0,00	9,47	8,36	9,78	40,76	0,00
	Março	44,17	27,34	40,18	145,46	0,00	5,44	2,52	6,46	23,53	0,00
	Abril	51,32	45,05	41,82	208,53	0,00	5,11	4,32	5,11	25,24	0,00
	Maio	24,93	16,98	22,25	77,55	0,00	1,72	0,98	2,30	9,25	0,00
	Junho	6,86	1,01	13,57	60,78	0,00	0,24	0,00	0,79	3,30	0,00
	Julho	0,74	0,00	2,38	12,42	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,00
	Agosto	2,32	0,00	6,79	32,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
Setembro	21,35	14,96	24,12	91,66	0,00	0,65	0,00	1,59	6,85	0,00	
205	Anual	457,33	--	--	--	--	96,19	--	--	--	--
	Outubro	55,77	35,62	54,44	200,82	0,00	9,07	5,39	10,66	40,72	0,00
	Novembro	72,43	48,12	75,13	286,26	0,00	14,79	10,02	16,81	69,39	0,00
	Dezembro	87,08	49,36	101,11	450,84	0,00	20,60	13,03	25,92	126,02	0,00
	Janeiro	58,57	39,07	64,86	259,59	0,00	15,68	11,16	18,15	73,00	0,00
	Fevereiro	51,36	46,48	44,56	163,16	0,00	13,39	12,75	12,44	51,96	0,00
	Março	38,80	23,81	35,88	129,69	0,00	8,57	4,60	8,93	33,29	0,00
	Abril	44,94	39,22	37,45	185,17	0,02	8,88	7,83	7,85	39,33	0,00
	Maio	21,33	14,15	19,31	67,41	0,00	3,44	2,01	3,95	14,29	0,00
	Junho	5,88	0,70	11,89	53,13	0,00	0,53	0,00	1,59	6,32	0,00
	Julho	0,61	0,00	2,06	10,86	0,00	0,02	0,00	0,11	0,62	0,00
	Agosto	1,95	0,00	5,83	27,46	0,00	0,01	0,00	0,05	0,25	0,00
Setembro	18,62	13,17	21,34	80,24	0,00	1,21	0,00	2,75	11,77	0,00	
204	Anual	529,50	--	--	--	--	61,29	--	--	--	--
	Outubro	64,39	41,06	61,90	228,75	0,00	5,22	2,72	6,66	26,99	0,00
	Novembro	82,80	56,33	84,87	325,43	0,00	9,37	5,55	11,81	50,23	0,00
	Dezembro	86,93	58,03	113,57	506,18	0,00	14,05	8,05	19,49	96,11	0,00
	Janeiro	58,85	46,02	73,23	291,38	0,00	10,96	7,17	13,72	55,15	0,00
	Fevereiro	56,85	54,14	50,78	186,00	0,00	9,08	8,05	9,22	38,58	0,00
	Março	37,72	28,04	41,02	148,43	0,00	5,21	2,40	6,10	21,93	0,00
	Abril	70,84	46,17	42,72	213,40	0,00	4,95	4,11	4,99	24,55	0,00
	Maio	38,89	17,59	22,86	79,53	0,00	1,61	0,93	2,20	8,79	0,00
	Junho	7,08	1,08	13,94	62,45	0,00	0,22	0,00	0,73	3,09	0,00
	Julho	0,77	0,00	2,46	12,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Agosto	2,40	0,00	6,99	32,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	21,98	15,33	24,74	94,25	0,00	0,62	0,00	1,53	6,60	0,00	
203	Anual	542,81	--	--	--	--	38,64	--	--	--	--
	Outubro	65,58	41,72	63,46	236,34	0,00	2,20	0,37	3,90	17,13	0,00
	Novembro	85,07	56,86	87,97	337,30	0,00	5,00	1,29	7,92	34,56	0,00
	Dezembro	102,53	60,12	117,74	523,55	0,00	9,77	3,65	18,64	97,94	0,00

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
	Janeiro	69,53	47,11	75,90	301,30	0,00	7,67	2,80	12,21	51,39	0,00
	Fevereiro	61,19	55,65	52,58	192,71	0,00	6,30	4,04	8,53	40,68	0,00
	Março	46,28	28,38	42,11	152,60	0,00	3,09	0,96	4,48	17,03	0,00
	Abril	53,65	46,86	43,48	217,15	0,00	3,42	2,81	3,81	17,89	0,00
	Maiο	26,18	17,90	23,26	81,05	0,00	1,02	0,44	1,57	6,47	0,00
	Junho	7,15	1,10	14,00	62,63	0,00	0,03	0,00	0,11	0,58	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,47	12,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Agosto	2,45	0,00	7,13	33,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Setembro	22,42	15,64	25,24	96,59	0,00	0,15	0,00	0,43	1,85	0,00
201	Anual	532,22	--	--	--	--	53,01	--	--	--	--
	Outubro	64,59	41,20	62,16	230,28	0,00	4,36	2,05	5,81	24,00	0,00
	Novembro	83,17	56,37	85,43	327,83	0,00	7,98	4,41	10,37	44,03	0,00
	Dezembro	99,88	58,37	114,46	510,37	0,00	12,44	6,71	18,12	90,46	0,00
	Janeiro	67,91	46,32	73,83	293,59	0,00	9,63	5,64	12,63	51,13	0,00
	Fevereiro	59,89	54,52	51,19	187,76	0,00	7,91	6,61	8,45	36,30	0,00
	Março	45,57	28,15	41,30	149,71	0,00	4,40	1,92	5,39	19,51	0,00
	Abril	52,96	46,32	42,90	214,30	0,00	4,27	3,51	4,43	21,60	0,00
	Maiο	25,86	17,68	22,97	79,91	0,00	1,35	0,79	1,90	7,73	0,00
	Junho	7,11	1,09	13,97	62,56	0,00	0,17	0,00	0,55	2,41	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,46	12,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Agosto	2,42	0,00	7,03	33,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	22,09	15,44	24,84	94,63	0,00	0,49	0,00	1,22	5,29	0,00	
200	Anual	534,84	--	--	--	--	58,64	--	--	--	--
	Outubro	65,01	41,47	62,47	230,85	0,00	5,13	2,71	6,47	25,92	0,00
	Novembro	83,58	56,91	85,65	328,63	0,00	8,96	5,54	11,05	47,23	0,00
	Dezembro	82,18	58,60	114,65	511,10	0,00	13,34	7,75	18,46	91,35	0,00
	Janeiro	55,57	46,52	73,96	294,27	0,00	10,43	6,74	13,07	52,72	0,00
	Fevereiro	56,25	54,73	51,29	187,90	0,00	8,60	7,68	8,71	36,67	0,00
	Março	34,68	28,35	41,44	149,97	0,00	4,99	2,30	5,79	20,77	0,00
	Abril	79,76	46,68	43,13	215,48	0,00	4,79	4,04	4,76	23,33	0,00
	Maiο	45,24	17,80	23,10	80,37	0,00	1,56	0,91	2,11	8,25	0,00
	Junho	7,16	1,10	14,09	63,12	0,00	0,22	0,00	0,73	3,11	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,48	12,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Agosto	2,43	0,00	7,06	33,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	22,20	15,49	24,98	95,13	0,00	0,61	0,00	1,52	6,55	0,00	
199	Anual	537,46	--	--	--	--	60,21	--	--	--	--
	Outubro	65,36	41,70	62,75	231,71	0,00	5,52	3,01	6,85	27,11	0,00
	Novembro	83,95	57,27	85,93	329,69	0,00	9,31	6,06	11,07	46,69	0,00
	Dezembro	100,61	58,85	115,01	512,76	0,00	13,45	8,25	17,84	87,26	0,00
	Janeiro	68,44	46,76	74,19	295,22	0,00	10,43	7,00	12,65	50,88	0,00
	Fevereiro	60,41	54,96	51,46	188,51	0,00	8,65	7,97	8,49	35,24	0,00
	Março	46,07	28,53	41,61	150,56	0,00	5,17	2,43	5,83	20,67	0,00
	Abril	53,62	46,97	43,37	216,73	0,00	5,09	4,39	4,95	24,32	0,00
	Maiο	26,22	17,94	23,25	80,81	0,00	1,68	0,98	2,24	8,51	0,00
	Junho	7,22	1,11	14,19	63,59	0,00	0,25	0,00	0,82	3,44	0,00
	Julho	0,79	0,00	2,50	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Agosto	2,44	0,00	7,10	33,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	22,32	15,56	25,10	95,59	0,00	0,67	0,00	1,67	7,19	0,00	

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
196	Anual	540,20	--	--	--	--	58,74	--	--	--	--
	Outubro	65,56	41,84	62,88	232,30	0,00	5,32	2,99	6,43	25,08	0,00
	Novembro	84,21	57,50	86,27	331,84	0,00	9,01	5,95	10,85	47,67	0,00
	Dezembro	101,02	59,02	115,58	515,92	0,00	13,24	7,84	18,33	90,61	0,00
	Janeiro	68,91	47,08	74,73	297,52	0,00	10,58	6,52	13,43	53,68	0,00
	Fevereiro	60,85	55,48	51,86	189,81	0,00	8,49	7,49	8,66	35,46	0,00
	Março	46,41	28,74	41,93	151,70	0,00	5,00	2,30	5,79	20,78	0,00
	Abril	53,95	47,33	43,61	217,83	0,00	4,65	4,08	4,42	21,78	0,00
	Maior	26,36	18,03	23,39	81,52	0,00	1,55	0,90	2,03	7,55	0,00
	Junho	7,26	1,12	14,28	63,99	0,00	0,25	0,00	0,81	3,41	0,00
	Julho	0,79	0,00	2,52	13,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Agosto	2,46	0,00	7,14	33,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	22,42	15,65	25,18	95,72	0,00	0,66	0,00	1,63	7,03	0,00	

5 Vulnerabilidade de bacias hidrográficas (Método WRASTIC)

5.1 Metodologia WRASTIC

De forma a se avaliar o potencial, e consequente vulnerabilidade, para a poluição numa bacia hidrográfica a “American Water Works Association – “Watershed Control Program, of the Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems Using Surface Water Sources”” desenvolveu para a agência de protecção ambiental (Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos da América (EPA-US), em 1991, uma metodologia denominada WRASTIC, sendo posteriormente adaptada pelo New Mexico Environment Department - Drinking Water Bureau (NMED/DWB), (NMED/DWB, 2000).

O método WRASTIC avalia a vulnerabilidade das águas superficiais para a contaminação através de sete parâmetros, que correspondem a cada letra do nome do método:

- W – Descarga de efluentes de águas residuais (**W**astewater discharges)
- R – Actividades recreativas (**R**ecreational activities)
- A – Actividades agrícolas (**A**gricultural activities)
- S – Área da bacia (**S**ize of the watershed)
- T – Estruturas de transportes (**T**ransportation avenues)
- I – Actividades industriais (Industrial activities)
- C – Cobertura vegetal do solo (Amount of vegetative ground **C**over)

Cada parâmetro é avaliado com valores entre 1 e 5, com excepção do parâmetro I que é avaliado entre 1 e 8. Os valores atribuídos são ponderados com pesos entre 4 (parâmetro mais importante) e 1 (parâmetro menos importante) (cf. Quadro 20).

O método WRASTIC é aplicado a uma secção da bacia obtendo-se, no final, um único valor que permite avaliar a sub-bacia em termos de vulnerabilidade à poluição.

Para o nosso caso estudo a aplicação do método WRASTIC foi feita para duas sub-bacias da bacia do rio Arade e para bacia da ribeira de Melides. As sub-bacias da bacia hidrográfica do Arade têm como estações hidrométricas a estação da Casa da Queimada e a estação de Monte de Pachecos, que correspondem à albufeira da barragem do Funcho (e consequentemente da barragem do Arade) e à albufeira da futura barragem de Odelouca, respectivamente.

Quadro 20 – Parâmetros do método WRASTIC com o respectivo valor e peso

Parâmetros WRASTIC	Classe dos parâmetros	Valor	Peso
Descarga de efluentes de águas residuais (W)	Efluentes da rede pública de esgotos introduzidos na área da bacia e presença de fossas sépticas	5	3
	Efluentes da rede pública de esgotos introduzidos na área da bacia	4	
	> 50 fossas sépticas	3	
	< 50 fossas sépticas	2	
	Ausência de descargas de águas residuais na bacia	1	
Actividades recreativas (R)	Actividades aquáticas motorizadas permitidas	5	2
	Actividades aquáticas não motorizadas permitidas	4	
	Acesso permitido a veículos	3	
	Acesso proibido a veículos	2	
	Sem actividades recreativas	1	

Parâmetros WRASTIC	Classe dos parâmetros	Valor	Peso
Actividades agrícolas (A)*	5 ou mais actividades presentes	5	2
	4 Actividades presentes	4	
	3 Actividades presentes	3	
	2 Actividades presentes	2	
	1 Actividades presentes	1	
Área da bacia (S)	> 1942,35 km ²	5	1
	388,47 – 1942,35 km ²	4	
	155,39 – 388,47 km ²	3	
	38,85 – 155,39 km ²	2	
	<38,85 km ²	1	
Estruturas de transportes (T)	Caminho-de-ferro ou auto-estrada que atravessem a área da bacia	5	1
	Auto-estradas que atravessam a área da bacia	4	
	Vias rápidas ou outras estradas pavimentadas que atravessam a área da bacia	3	
	Estradas não pavimentadas que atravessam a área da bacia	2	
	Sem estradas que atravessem a área da bacia	1	
Actividades industriais (I)	A indústria produz muitas descargas ou tem um impacto muito grande no meio envolvente	8	4
	A indústria produz descargas importantes ou tem impacto no meio envolvente	6	
	A indústria produz descargas moderadas ou tem um impacto moderado no meio envolvente	4	
	A indústria produz poucas descargas ou tem um impacto mínimo no meio envolvente	2	
	Inexistência de indústrias na bacia	1	
Cobertura vegetal do solo (C)	0 - 5 % Cobertura do solo	5	1
	6 – 19 % Cobertura do solo	4	
	20 – 34 % Cobertura do solo	3	
	35 - 49 % Cobertura do solo	2	
	> 50 % Cobertura do solo	1	

* Lista de actividades agrícolas a considerar neste parâmetro em Lobo Ferreira *et al.* (2009)

5.2 Caso de estudo em Melides

Segundo as Figura 38 e Figura 39 (retiradas de CCDR Alentejo, 2006), e analisando a informação INSAAR mais recentemente disponibilizada (2007), verifica-se que a realidade de 2006 se mantém e, desta forma, existe efluentes da rede pública de esgotos introduzidos sem tratamento na área da bacia e a presença de fossas sépticas. Assim, é necessário atribuir o valor mais alto do parâmetro W, ou seja, 5.

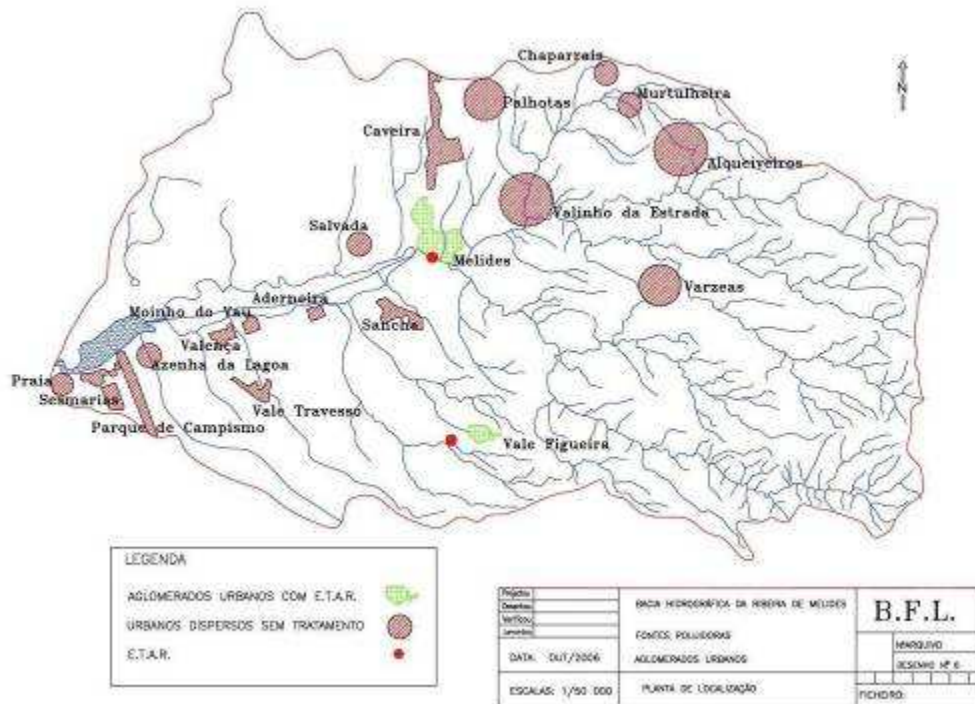


Figura 38 – Mapa de aglomerados urbanos e a presença de ETAR e fossas sépticas na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)

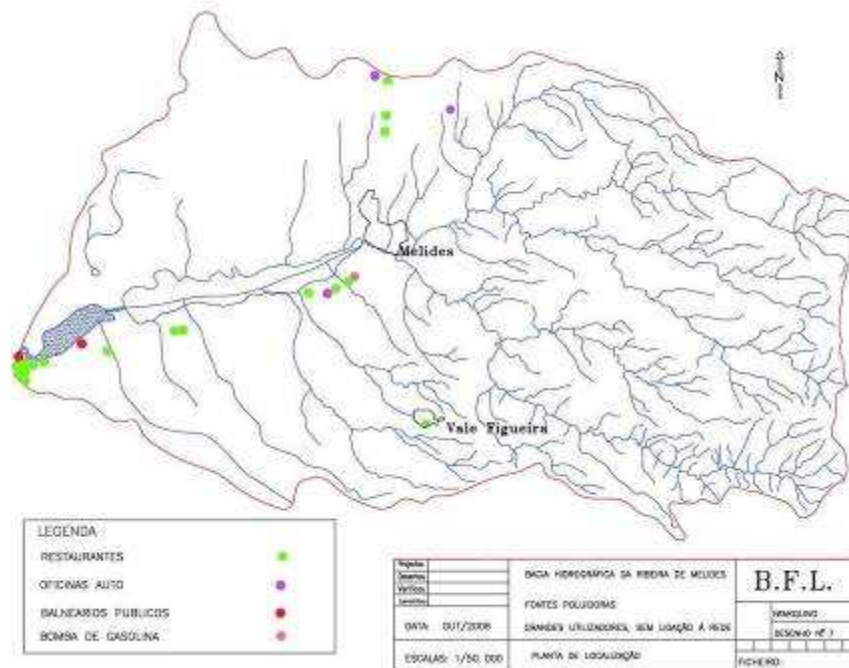


Figura 39 – Mapa de estabelecimentos comerciais sem acesso à rede de águas residuais na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)

Devido ao baixo caudal da ribeira de Melides e ao pequeno volume que esta abrange, não se verifica a capacidade de actividades aquáticas na lagoa. Visto ser uma zona muito turística existem muitas estradas e caminhos de terra batida que permitem o movimento de veículos motorizados e, desta forma, atribuiu-se o valor 3 do parâmetro R.

Em termos agrícolas verifica-se no CORINE Land Cover de 2006 (Lourenço *et al.*, 2010), que existem diferentes culturas temporárias ou permanentes, arrozais, pomares e sistemas culturais e parcelares complexos. É necessário ter em conta, igualmente, a vasta presença de agro-pecuária que pode causar elevado impacte nos recursos hídricos.

Tendo em conta o Guia Técnico nº 11 do ERSAR (Lobo Ferreira *et al.*, 2009) verifica-se que, da lista de actividades agrícolas a considerar, pode considerar-se a presença de a) culturas com aplicação de pesticida, b) pastagens intensivas, c) pastagens com fraca utilização, d) quintas (cf. Figura 40) e e) vida selvagem (principalmente junto à lagoa).

Mais de cinco actividades a decorrer numa bacia localizada numa região ainda muito dependente da agricultura. Este conjunto enorme de actividades agrícolas coloca a bacia com o valor mais alto (5) no parâmetro A do índice WRASTIC.

A bacia da ribeira de Melides apresenta uma área de 60,16 km², logo, apresenta o valor 2 (grupo entre 38,85 – 155,39 km²) no parâmetro “Área da bacia (S)”.

Em termos de “Estruturas de transportes (T)” verifica-se que esta bacia está bem localizada em termos ambientais visto que não apresenta nenhuma auto-estrada, nem caminho-de-ferro a atravessá-la. Tendo apenas algumas via-rápidas e outras estradas na bacia, a bacia é avaliada em 3 no parâmetro T do WRASTIC.

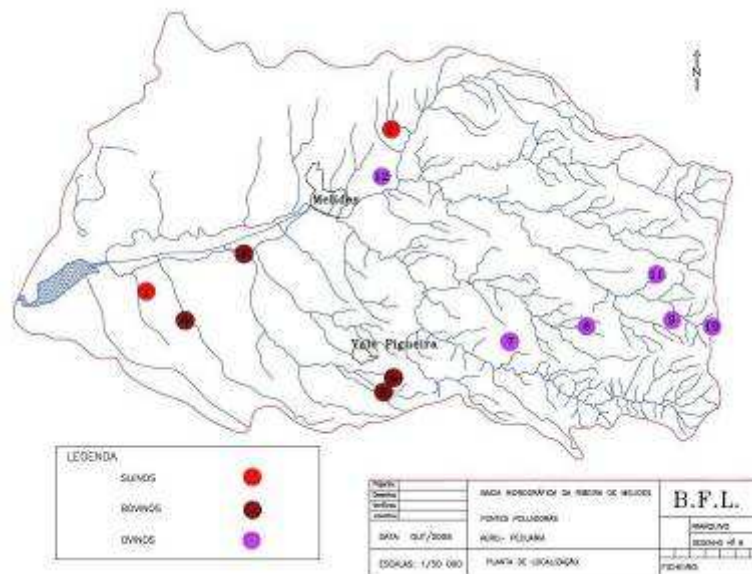


Figura 40 – Mapa de habitações com agropecuária na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)

Em relação à indústria verifica-se que apenas existem pequenas empresas ao nível familiar (eg. oficinas de automóveis). Assim, considera-se que a indústria produz descargas poluentes mínimas ou tem um impactes mínimos no meio envolvente estando, portanto, o parâmetro I avaliado em 2.

Por fim, verifica-se pela informação do CORINE LAND COVER 2006 e pela visualização da Figura 41, imagem em Google Earth da zona em estudo, que a região está densamente coberta por vegetação e não apresenta grandes zonas urbanas, a maior localidade é Melides com menos de 1800 habitantes. Assim considera-se o parâmetro C, “Cobertura vegetal do solo”, com o valor mais baixo, isto é, 1.



Figura 41 – Imagem Google Earth da zona de Melides

O resultado final obtido para a bacia da ribeira de Melides foi de 41, valor considerado como sendo de sensibilidade moderada.

É de maior importância analisar neste estudo que **a incerteza sobre a existência e o impacto das indústrias agropecuária tem grande influência na avaliação final WRASTIC.**

5.3 Caso de estudo no Algarve

O estudo da vulnerabilidade na zona de estudo no Algarve pelo método WRASTIC já tinha sido previamente apresentado em Oliveira (2007). Apresentam-se de seguida os dados de entrada e respectivos resultados obtidos.

Para a bacia referente à albufeira da barragem do Funcho (e da barragem do Arade) verificou-se a seguinte atribuição dos parâmetros WRASTIC:

- W: No INSAAR-INAG verificou-se a ausência de ETARs ou descarga de águas residuais na área mas existem certas suiniculturas de média e grande dimensão. Facto que também possível de se verificar na qualidade da água da barragem do Funcho que nos últimos anos verificou a presença de Coliformes Fecais. Valor WRASTIC - 3;

-R: Este parâmetro obteve-se pela observação do estatuto da albufeira do Funcho onde as actividades motorizadas são proibidas mas outras actividades de lazer são permitidas de uma forma restrita. Valor WRASTIC - 4;

-A: Das actividades consideradas no Guia Técnico nº11 (Lobo Ferreira *et al.*, 2009) verificou-se, pela observação de mapas de ocupação de solo disponíveis pelo CORINE Land Cover e pelo conhecimento da área, que existem pastagens (intensivas e com fraca utilização), a presença de quintas para produção de gado, a presença de vida selvagem e campos com aplicação de pesticidas. Valor WRASTIC - 5;

-S: Verificou-se que a área da bacia a montante da albufeira da barragem do Funcho (e do Arade) é aproximadamente de 224 km². Valor WRASTIC - 3;

-T: Verifica-se que a Autoestrada A2 (principal ligação Lisboa-Algarve) e a única ligação ferroviária de Lisboa ao Algarve atravessam tanto esta bacia como a bacia da albufeira de Odelouca. Valor WRASTIC - 5;

-I: Verifica-se que não existem indústrias nesta área, logo, devendo-se considerar um valor baixo. Valor WRASTIC - 1;

-C: A área está bastante (> 50%) coberta de florestas, sobreiros e outras plantas/árvores. Não apresenta grandes zonas urbanas. Valor WRASTIC- 1.

Para a bacia referente à albufeira da futura barragem de Odelouca verificou-se a seguinte atribuição dos parâmetros WRASTIC:

- W: No INSAAR-INAG verificou-se a presença de ETARs e descarga de águas residuais na área, para além da existência de suiniculturas de média e grande dimensão. Valor WRASTIC- 5;

-R: Para este parâmetro considerou-se que sendo a barragem de Odelouca para fins de reservatório para produção de água para consumo humano deverá ter o mesmo estatuto que a barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 4;

-A: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 5;

-S: Verificou-se que a área da bacia a Montante da albufeira de Odelouca é aproximadamente de 393 km². Valor WRASTIC - 4;

-T: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho: Valor WRASTIC - 5;

-I: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 1;

-C: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 1.

Os resultados finais obtidos para cada uma das bacias foram de 40 para a bacia a montante da estação hidrométrica da Casa Queimada (Arade e Funcho) e de 47 para a bacia a montante da estação hidrométrica de Monte do Pachecos (Odelouca). Ambos os valores são considerados valores de sensibilidade moderada. No entanto, retira-se conclusão semelhante à do caso de estudo de Melides, torna-se necessário prosseguir a análise devido à incerteza dos impactos das pressões nas bacias analisadas.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Julho de 2011

VISTOS

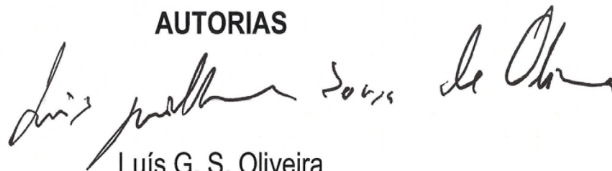


J.P. Cárcamo Lobo Ferreira
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas

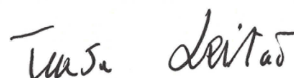


Rafaela de Saldanha Matos
Directora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente

AUTORIAS



Luís G. S. Oliveira
Mestre em Engenharia do Ambiente
Bolsheiro de Investigação
Núcleo de Águas Subterrâneas



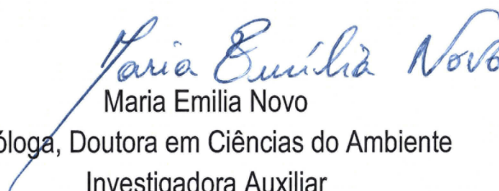
Teresa E. Leitão
Doutora em Hidrogeologia
Investigadora Principal com Habilitação
Núcleo de Águas Subterrâneas



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira
Doutor Eng. Civil
Investigador-Coordenador
Núcleo de Águas Subterrâneas



Manuel Mendes Oliveira
Doutor em Hidrogeologia
Investigador Auxiliar
Núcleo de Águas Subterrâneas



Maria Emilia Novo
Geóloga, Doutora em Ciências do Ambiente
Investigadora Auxiliar
Núcleo de Águas Subterrâneas

Bibliografia

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998) – "Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements", FAO, Irrigation and Drainage Paper, nr. 56.

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo – CCDR Alentejo (2006) – "Fontes poluidoras: Bacia Hidrográfica de Melides". Trabalho desenvolvido pela brigada de fiscalização do litoral.

Lobo Ferreira, J.P. (1981, 1982) – "Mathematical Model for the Evaluation of the Recharge of Aquifers in Semiarid Regions with Scarce (Lack) Hydrogeological Data". Proceedings of Euromech 143/2-4 Setp.1981, Rotterdam, A.A. Balkema (Ed. A. Verruijt e F.B.J. Barends). Também: Memória N° 582, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1982.

Lobo Ferreira, J. P. C.; Leitão, T. E.; Oliveira, M. M.; Rocha, J. S.; Barbosa, A. E. (2009) - "Protecção das Origens Superficiais e Subterrâneas nos Sistemas de Abastecimento de Água". Série Guias Técnicos, 11, Edição IRAR e LNEC, ISBN 978-989-95392-6-6, 198 pp.

Lourenço N.; Machado, C.; Norberto, S.; Vilhena, J.; Pires, A. (2010) – "Água, ecossistemas aquáticos e actividade humana. Uma abordagem integrada e participativa na definição de estratégias inovadoras e prospectivas de gestão integrada de recursos hídricos no sul de Portugal – Prowaterman: Relatório de actividades desenvolvidas pela equipa da Universidade Atlântica". Barcarena.

Oliveira, L. (2007) - "Soluções para uma gestão adequada de bacias hidrográficas e de sistemas aquíferos, em cenários de escassez hídrica extrema. Aplicação ao sistema aquífero Querença-Silves (Algarve) no âmbito da Acção de Coordenação ASEMWaterNet". IST, Mestrado em Engenharia do Ambiente, 102 pp.

Oliveira, M.M. (2004, 2006) – "Recarga de águas subterrâneas: Métodos de avaliação". Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp., 2004. Também: Teses e Programas de Investigação - TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.

Oliveira, M.M. (2011) – "Conceptualização do processo de recarga e do balanço hídrico de sistemas aquíferos no planeamento de recursos hídricos por sub-bacias hidrográficas". 8º Seminário APRH sobre Águas Subterrâneas, FCUL, Lisboa, 10 e 11 de Março.

Oliveira, M.M., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P. (2008) – "Estimativa da recarga natural no sistema aquífero de Querença-Silves (Algarve) pela aplicação do modelo BALSEQ_MOD". 9.º Congresso da Água. 2 a 4 de Abril de 2008, Cascais, 15 pp.

New Mexico Environment Department - Drinking Water Bureau - NMED/DWB (2000) - "Source Water Assessment and Protection Program". Santa Fe (U.S.A), New Mexico Environment Department. Disponível na WWW: (http://www.nmenv.state.nm.us/dwb/Documents/SWAPP_2000.pdf) (Consultado em 16 Jul. 2007)

Novo, E. (2010) - "Água, ecossistemas aquáticos e actividade humana. Uma abordagem integrada e participativa na definição de estratégias inovadoras e prospectivas de gestão integrada de recursos hídricos no sul de Portugal – Prowaterman: Primeiro relatório temático- Caracterização geológica e hidrogeológica das áreas de estudo do Alentejo e Algarve". Relatório 285/2010 NAS. Lisboa.

ANEXO I – Relato da saída de campo de 22 e 23 de Fevereiro

a) Apontamentos do Eng. Luís Oliveira (LNEC)

1) Primeiro dia – 22 de Fevereiro de 2011

Todos os parceiros do projecto concentraram-se às 10h30 em Melides.

Após uma pequena introdução do Eng. Lobo Ferreira junto de um mapa turístico da região chegou-se à conclusão da necessidade de focar o estudo na bacia da ribeira de Melides. Neste ponto foi apresentada uma metodologia a aplicar à região no âmbito do projecto, metodologia esta que foi considerada em unanimidade pelos parceiros e novas ideias foram surgindo.

Seguidamente a visita de campo seguiu para a ponte na estrada Nacional N261 que intersecta a ribeira de Melides, havendo tempo para uma foto em grupo (Figura 42).



Figura 42 – Equipa do PROWATERMAN em Melides

A ponte sobre a ribeira de Melides tornou-se muito importante para uma visualização global da área e do problema:

1) Observou-se a coloração da ribeira, 2) identificaram-se os melhores locais para a implementação de diferentes monitorizações, 3) observou-se a presença das culturas na zona mais baixa e plana da bacia, 4) analisou-se a zona montanhosa a montante.

Seguindo ao longo da ribeira por um caminho pedonal, e para jusante, encontrou-se uma ponte sobre a ribeira. Nesta ponte encontrou-se por volta das 11h30 o senhor Manuel Sabino, habitante de Melides com mais de 80 anos.

Várias informações foram fornecidas pelo senhor Sabino:

- A mais importante “fonte de abastecimento” de água da ribeira de Melides é a Fonte de Olhos. Esta fonte, onde “a água vem da terra”, fornece água à população de Melides e ainda flui água em excesso para a ribeira.

- No Verão, quase não existe fluxo de água das montanhas e a ribeira, na zona a montante da Fonte dos Olhos, é alimentada na maioria pela água da fonte.

- Na sua juventude ia para a lagoa de Melides apanhar peixes.

- O senhor Sabino acha que não existe mais criação de gado bovino na região mas existem, ainda, algumas criações de gado caprino e ovino, nomeadamente em Vale Figueira.

- O senhor Sabino acha que este ano a água está mais turva que o ano passado.
- Os proprietários do arrozal junto à lagoa de Melides são os moradores dos montes Nogal e Lezíria, a Norte do arrozal;

Após o diálogo com Senhor Sabino e de alguma análise visual daquela parte da ribeira seguiu-se para montante até à Fonte dos Olhos. Na ponte da estrada Nacional, virados para montante, verificou-se a existência de dois “tipos” de água que se juntavam: Uma água com aspecto mais límpido que vinha da Fonte dos Olhos e uma água mais turva que vinha da ribeira principal, de montante.

Chegando à Fonte dos Olhos verificou-se que esta apresentava um aspecto de água limpa. Questionou-se a origem desta água, se seria do aquífero superior ou do inferior (Jurássico).

Seguindo mais para sudeste encontrou-se a ETAR de Melides. Tentou-se identificar a saída da ETAR, esta tarefa não foi possível devido à vasta vegetação à beira da ribeira.

Após esta primeira identificação da área seguiu-se o almoço, tendo antes ficado acordado, por todos os elementos do projecto, que a área de estudo seria a bacia da ribeira de Melides.

Antes de chegar ao local de almoço ainda houve oportunidade para identificar e caracterizar alguns poços da região.

Após almoço, e seguindo de carro, as equipas foram visitar os montes da Lezíria e Nogal. No monte Lezíria foi possível entrar em diálogo com os seus proprietários retirando-se algumas informações importantes:

- Quando existe caudal suficiente da ribeira de Melides utiliza-se a sua água, de forma repartida, para todos os agricultores junto à ribeira.
- Em Março é a altura de plantação dos Arrozais.

Seguidamente, a visita de campo fez-se por toda a bacia de forma a proceder às seguintes actividades:

- Analisar a geologia e morfologia da região;
- Identificar os melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos vários parceiros do projecto;
- Recolher amostras de solo da bacia;

Por volta das 18h30 terminou a visita de campo à bacia da ribeira de Melides e as equipas deslocaram-se para Faro, onde deram entrada no hotel, jantaram e terminaram o dia 22.

2) Segundo dia – 23 de Fevereiro de 2011

A concentração foi no *lobby* de entrada do hotel Alnacir em Faro às 9h00. Iniciou-se uma reunião tendo a palavra o Eng. Lobo Ferreira, coordenador do projecto. Durante cerca de uma hora e meia procedeu-se a uma discussão positiva sobre a forma de abordagem ao caso em estudo no Algarve. Por fim, chegou-se à conclusão que a metodologia de estudo deveria ser semelhante à da ribeira de Melides mas considerando que, em vez da recuperação de uma lagoa (neste caso, lagoa de Melides), o objectivo seria a obtenção na bacia do Arade de água com uma qualidade aceitável para recarga artificial. Foi então decidido que a visita de campo deveria começar pela Cruz da Assumada.

Chegando ao primeiro ponto o Professor José Paulo Monteiro desenvolveu uma explicação sobre a geologia, o modo de funcionamento, as interligações subterrâneas, as relações água superficial/subterrânea e outras características do sistema aquífero Querença-Silves.

Na Cruz da Assumada foi possível ter uma visão geral da zona em estudo do Algarve.

Após a explicação sobre características morfológicas e hidrogeológicas da região seguiu-se uma viagem de carro com paragem em vários pontos, que incluiu a Fonte Benémola. As paragens tiveram como principais objectivos:

- A análise das características geológicas da região;
- A análise da relação entre a água superficial e subterrânea;
- A visualização das características explicadas na Cruz da Assumada.

A hora do almoço foi realizada nas Nascentes de Alte.

Após almoço seguiu-se para as barragens do Arade e do Funcho (Figura 43). Chegando a uma zona elevada foi possível observar a região, as zonas em estudo e a relação entre as barragens e as possíveis zonas de recarga artificial.



Figura 43 – Vista geral da barragem do Arade

Com a impossibilidade, devido a obras, de chegar exactamente às barragens procedeu-se à viagem em sentido contrário. A viagem fez-se no sentido de atingir a zona de Fonte de Louseiros e a zona onde o estuário do Arade tem notória influência da água subterrânea do sistema aquífero Querença-Silves.

Durante o percurso foi possível proceder às seguintes actividades:

- Identificar os melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos vários parceiros do projecto;
- Identificação de vários pontos de água subterrânea não-inventariados e registo dos seus principais parâmetros, tais como, localização em GPS, nível piezométrico e relação com água superficial;

Chegando à zona da ETA da Alcantarilha o Professor José Paulo Monteiro explicou a importância que os vários furos junto da ETA têm no abastecimento de água para consumo no Algarve e a grande importância que tiveram no ano de seca de 2004/2005.

Seguidamente viajou-se para a zona de Fonte de Louseiros, uma zona deprimida com muitos terrenos abandonados. Neste local pretende-se realizar estudos de recarga artificial de sistemas aquíferos.

Chegados ao local procedeu-se à análise da sua localização relativa com a barragem do Arade e à recolha de solos (Figura 44).



Figura 44 – Fonte de Louseiros

Antes da partida de regresso dos vários parceiros procedeu-se a uma pequena reunião em Fonte de Louseiros e garantiu-se coerência dos objectivos e das actividades a desenvolver entre todos os parceiros para o caso em estudo no Algarve.

Os elementos da Universidade do Algarve, da Universidade Atlântica e da Faculdade de Ciências de Lisboa terminaram a visita de campo em Fonte de Louseiros. Os elementos do Núcleo de Águas Subterrâneas, antes de seguirem para Lisboa, foram até ao estuário do Arade onde foi possível analisar a relação entre a água subterrânea e a água superficial. Nesta zona verificou-se, na mesma secção de rio, diferentes estilos de vegetações em cada lado do rio, uma vegetação mais usual em água doce e outra em água salgada.

b) Apontamentos da Dra. Emília Novo (LNEC)

1. Melides:

A. Montante de Valinho da Estrada – A zona de cabeceira da bacia hidrográfica é de xisto, havendo contacto por falha com Terciário ao início da Serra de Grândola, sendo visível na barreira da estrada que vai para Melides após a saída da auto-estrada para o Algarve.

A montante de Valinho da Estrada a ocupação do solo é de sobreiral, matos, pinhais interm misturados com matos e, imediatamente antes de Valinho, eucaliptal (ver Figura 45).

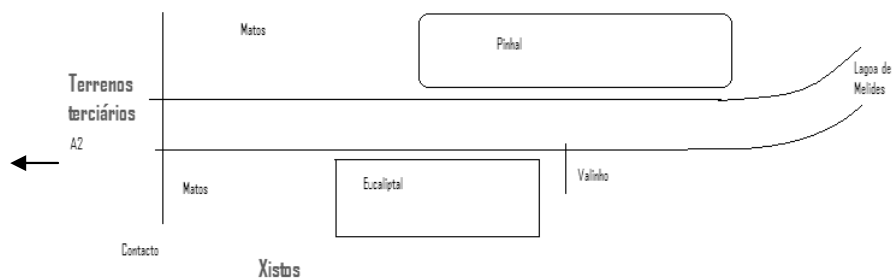


Figura 45 – Contacto entre formações terciárias e xistos e ocupação vegetal na envolvente de Valinho da Estrada (esboço não à escala)

B. Valinho da Estrada – O contacto entre o xisto e as formações de cobertura terciária do Terciário de Melides ocorre praticamente no final da povoação de Valinho sendo detectável na barreira da estrada. Nesta estrada de Valinhos o contacto faz-se directamente entre o Maciço Antigo e o Terciário, nunca aflorando Jurássico (ver Figura 46).

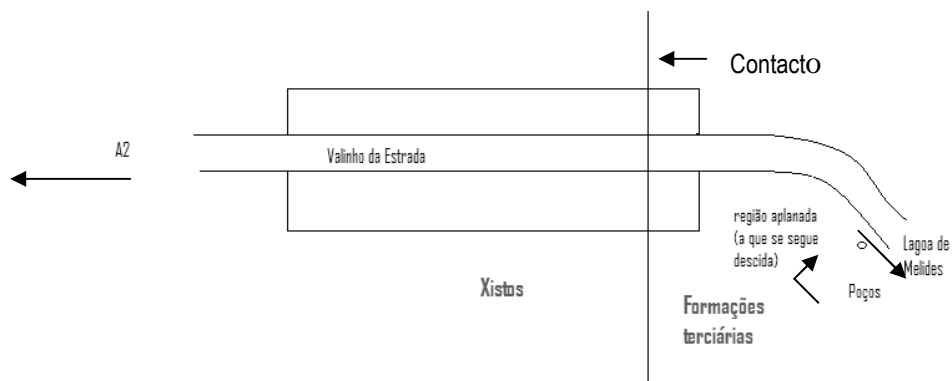


Figura 46 – Contacto entre xistos e formações terciárias na região de Valinho da Estrada

Na zona terminal de Valinho da Estrada e sector imediatamente a jusante existe uma zona aplanada, sita já em terrenos terciários, ocupada por agricultura (pastos, etc.) e por matos e floresta.

C. Melides: Fonte dos Olhos (zona da 1ª paragem) – sita a montante da zona baixa de várzea, delimitando aproximadamente o seu extremo de montante, encontra-se no vale da ribeira de Melides, a jusante imediato da povoação (ver Figura 47). A localização da Fonte dos Olhos está em continuação com a falha que se prolonga desde trás da ETAR (sita a montante desta Fonte) e define o vale da ribeira de Melides, criando um ressalto na margem direita, em que o bloco abatido contém a ribeira e o bloco elevado a povoação (ver Figura 48 e Figura 49). A geologia deste local é constituída por depósitos terciários, que são aqui representados por areias muito finas amareladas, pouco argilosas (ao esfarelamento nos dedos), muito friáveis; no bloco abatido, em frente à ETAR, parece aflorar xisto. Colocou-se a dúvida se este afloramento seria devido aos trabalhos de terraplanagem para a ETAR ou estaria já a aflorar antes dos trabalhos. Questionou-se ainda se seria material trazido de fora e que ficou muito enterrado aquando da construção. No entanto, tinha aspecto de ser *in situ*. O ponto da falha/ETAR tem as coordenadas GPS = 29S 053709; 422 2300. A Fonte dos Olhos tem um caudal bastante significativo e a água parece ter temperatura acima dos 15 °C (avaliação por mergulho da mão no caudal de saída).

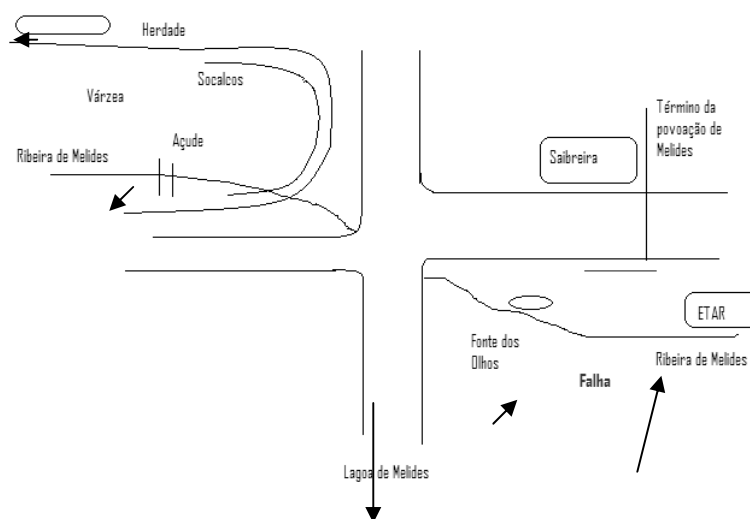


Figura 47 – Várzea a jusante da povoação de Melides e que se estende até à Lagoa de Melides

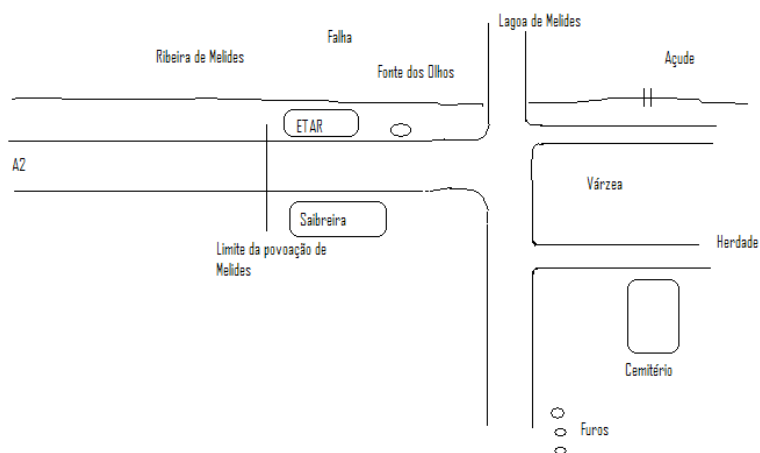


Figura 48 – Localização da nascente, ETAR, cemitério, furos e falha



Figura 49 – Aspecto da possível falha em Melides

De acordo com a informação do Sr. Manuel Sabino, a ribeira de Melides, há 45 anos, corria o ano inteiro, incluindo na zona de xisto; agora corre sempre de Melides para baixo (ou seja a jusante de Fonte dos Olhos) mas não corre no xisto nos períodos de não chuva. Este senhor refere que houve redução do caudal da ribeira ao longo dos anos, sendo que hoje o caudal é inferior ao do passado. A Fonte dos Olhos abastece 170 ha de campos agrícolas e basicamente define o caudal da ribeira a jusante. A ETAR descarrega para a ribeira. A Lagoa de Melides, no passado (há mais de 50 anos) estava sempre cheia e havia muitos pássaros e peixes e a água era limpa; depois a lagoa açoreou e a qualidade da água degradou muito, hoje em dia já não tem eiroses.

Foi referido que a herdade situada na margem direita da ribeira de Melides (ver esboços 3 e 4) tinha muitos porcos há 30 anos.

As observações de campo a 22/2/2011, menos de 1 semana após um período de chuva, mostram que as águas na ribeira são sempre algo enevoadas com uma espécie de carga em suspensão esbranquiçada, não apenas na zona de Melides mas ao longo de toda a bacia, incluindo a zona de xisto. Também, nesta data, o fluxo ocorria não apenas a jusante da Fonte dos Olhos mas em toda a zona de xisto. O Prof. José Paulo Monteiro diz que muito pouco tempo após o fim dos períodos de chuva a água deixa de correr no xisto, passando a ocorrer só nos terrenos a jusante.

D. Aldeia e laranjais a caminho da barra da Lagoa – zona de ocupação agrícola na área baixa, com sementeiras e laranjais (estes junto ao núcleo habitacional). É alcançada tomando a estrada que vira à esquerda no cruzamento assinalado na Figura 47, e que se dirige para o Parque de Campismo e Lagoa de Melides. Nesta zona há um conjunto de poços e foram medidos nestes poços níveis de água (cf. Quadro 1, data 22/2/2011; ver Figura 50):

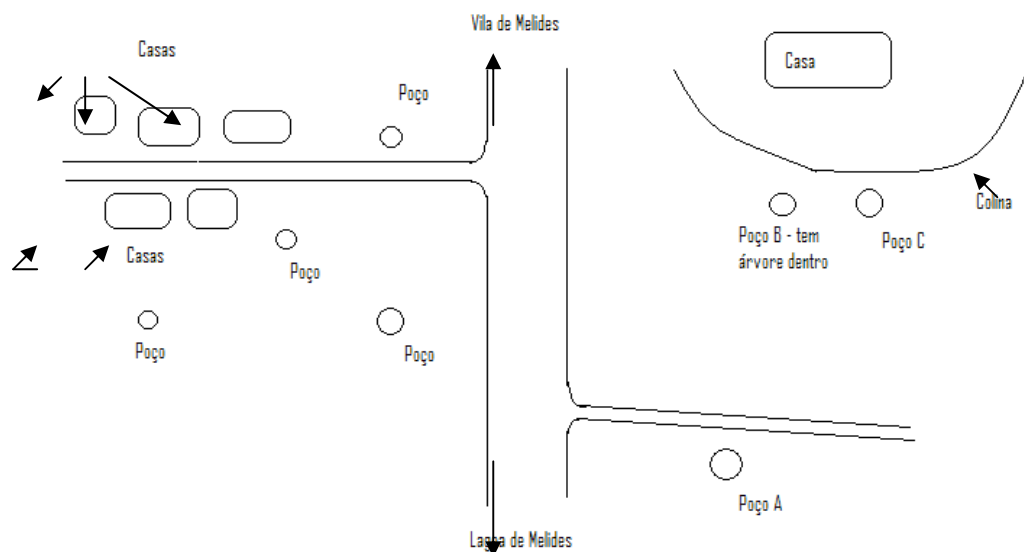


Figura 50 – Localização dos poços

E. Lagoa de Melides/Zona da Barra – A 22/2/2011 a Lagoa tinha a ligação com o mar aberta, devido a um temporal poucos dias antes (diziam as pessoas locais que eram vagas de até 10 m), o qual abriu a barra – não houve portanto intervenção humana (o abrir da barra por máquinas é chamado pelas pessoas com “a Lagoa ir ao mar”) – e a Lagoa estava com o nível de água muito rebaixado, na realidade essencialmente convertida em sapal.

F. Caveira – na estrada de caveira ocorre um conjunto de poços sitos à beira desta estrada, do lado direito na direcção de quem segue para Melides.

G. Ponto P5 – regressando de Melides, a montante, na direcção de regresso à auto-estrada A2 e já a montante de Valinho da Estrada, a poucas dezenas de metros da margem esquerda da ribeira de Melides onde esta passa um dos portões da propriedade do Monte da Várzea. Nesta zona, situada já em terreno de xisto, a montante do contacto com o terciário de Melides, há um poço com as seguintes características apresentadas no Quadro 1 (data 22/2/2011).

Para se alcançar este poço, vira-se na estrada à esquerda, ao princípio de Valinho da Estrada, e após paragem das camionetas (de quem vai na direcção de Melides), havendo uma placa a indicar, para a direita, a povoação de Queimada. Nesta região, segundo informação de habitante local, os furos de captação atingem no geral os mais ou menos 30 m de profundidade.

H. Monte da Várzea (Ponto A1) – regressando do ponto P6 em direcção à estrada de Melides-A2 passa-se a ribeira e junto ao portão da propriedade de Monte da Várzea foi colhida amostra de solo (margem direita da ribeira), designada por A1 – Monte da Várzea. O terreno é de xisto embora na zona de recolha da amostra ocorram pequenos depósitos de aluvião grosseiro (cascalheiras) intermisturado com material argilo-arenoso.

2. Querença-Silves:

A. Cruz da Assumada – O Prof. José Paulo Monteiro falou da falha de Paderne, que passa por S. Bartolomeu da Serra e divide o sistema aquífero na metade ocidental e oriental. A falha do Algibre funciona como impermeável e define o limite S do sistema aquífero. De acordo com o Professor José Paulo Monteiro, a água que se encontra nas ribeiras ao fim de 24 horas após o fim duma chuvada é de origem subterrânea pois o tempo de escoamento máximo registado nas ribeiras da região ocorre na Ribeira de Querença (esta ribeira tem 50 km de comprimento) e é de 12 horas.

B. Barragem do Funcho – barragem para abastecimento doméstico, implantada em terrenos de Xisto, e situada a montante da barragem do Arade. A ocupação vegetal da região é de matos – parecendo corresponder à vegetação típica de pós-fogo – e manchas dispersas de sobreirais e de

pinhais de pinheiro manso. A 23/2/2011 a água desta barragem está acastanhada (aparentemente por significativo acarreo de sedimentos e possivelmente nitratos).

C. Barragem do Arade – barragem para rega. As águas estão também com cor denunciativa de má qualidade, turva.

D. Fonte de Louseiros – na zona deprimida junto da estrada que vai para Silves, foi colhida amostra de solos, no ponto com as coordenadas: 29S 0557721; 4116612.

E. Quinta do Mata Mouros – junto a Silves ocorrem descargas do aquífero para o rio Arade. Na margem esquerda observam-se poços com nível similar ao do rio, com água doce quando no rio a água é salobra. A diferença é também assinalada na vegetação, que na margem esquerda é dominada por canaviais, silvados e outra vegetação ripícola e na margem direita (Silves) é dominada por áreas de sapal.

ANEXO II – Relato da saída de campo de 7 de Abril de 2011

O Eng. Luís Oliveira e a Dra. Maria José partiram para Melides às 9h30 tendo chegado à zona de estudo vindo de Norte pela Nacional 120. A chegada à zona em estudo foi feita por volta das 11h00. O primeiro ponto a ser procurado foi o ponto P19. Para se chegar a este ponto é necessário sair da N120 para uma estrada de terra batida a Oeste, junto da saída para Melides, e seguir o seguinte croqui exposto em Croqui 1.



Croqui 1 – Caminho para P19 (escala aproximada)

O ponto P19 é um poço abandonado, por baixo de uma árvore e que fica a cerca de 50 m da estrada de terra batida. A água aparentava boa qualidade e no poço apenas flutuavam algumas folhas de árvores. Todos os dados quantitativos e qualitativos de todos os pontos registados estão nas tabelas do capítulo 3. Junto a este ponto retirou-se uma amostra de solo para análise. Esta zona é maioritariamente argilosa.

De seguida seguiu-se para Melides (pelo caminho passou-se por Valinho da Estrada) virando numa estrada de terra batida, após Samoca, para os pontos P16 e P17. Entretanto também se encontrou um ponto extra que passou a ser denominado de P17A. Para se chegar a estes pontos é necessário seguir o seguinte croqui exposto em Croqui 2.



Croqui 2 – Caminho para P17, P17A e P16

O ponto P17 está a 100 m da estrada para Este numa zona de desnível da estrada – o ponto vê-se da estrada, está abandonado e é de fácil acesso (Figura 51).



Figura 51 – Zona envolvente do poço P17

A água deste poço estava turva e com alguns batráquios. A zona à volta do poço era um terreno arenoso.

Seguindo a estrada de terra batida encontram-se várias casas de ambos os lados. Junto a um laranjal a 20 metros a Este da estrada encontra-se o poço P17A (Figura 52).



Figura 52 – Zona envolvente do poço P17A

O poço P17A está dentro de uma pequena herdade coberta por arame farpado e pertence à família Pereira, constituída pela senhora Deolinda Pereira e o senhor Elias Gamito Pereira. Apesar do arame farpado o poço é de fácil acesso junto à estrada pois existem zonas mais abertas.

Dialogando com a senhora Deolinda obteve-se algumas informações:

- A família já não utiliza o poço;
- Possuem um furo na zona mais baixa da herdade;
- A herdade tem alguns animais: gado bovino, ovino e galinhas;
- Podemos aceder ao poço 17A sem problemas.
- Naquela zona existem muitos outros poços;

Após medições no ponto P17A seguiu-se estrada acima, virando à esquerda até ao ponto P16. O poço P16 encontra-se mesmo à beira da estrada num descampado (fácil acesso - Croqui 3). Pertence à senhora Dulce Batista que não se encontrava em casa pois estava no emprego (segundo a vizinha).



Croqui 3 – Acesso ao poço P16

Este é o poço mais a Norte da bacia da ribeira de Melides.

A água do ponto P16 apresentava-se ligeiramente turva, apresentava uma ligeira transparência até 1 m de profundidade, batráquios e algas junto à borda do poço.

Junto ao ponto retirou-se uma amostra de solo para análise. Esta zona é muito arenosa. Seguindo pela estrada de terra batida, para Oeste, encontrou-se um cruzamento com a Nacional 261 onde existe um restaurante e onde se almoçou.

Por volta das 15:00 seguiu-se caminho para o ponto P15, descendo a N261 em direcção a Melides, passando por Caveira.

O P15 fica em propriedade privada a Este da estrada Nacional (Croqui 4 e Croqui 5). O poço pertence à Sra. Lina Pereira que referiu que o poço quase não é utilizado e no Verão seca. Por estes motivos, os proprietários daquele terreno decidiram fazer um furo para as suas colheitas.



Croqui 4 – Acesso ao poço P15



Croqui 5 – Acesso ao poço P15

O poço apresentava a superfície coberta de algas verdes e batráquios. A água do poço P15 é meio turva numa cor acastanhada.

A zona à volta do P15 é uma zona de cultivo com muitos poços (Figura 53).



Figura 53 – Zona envolvente ao poço P15

Seguindo a mesma Nacional para Sul encontrou-se à entrada de Melides uma estrada para Oeste que indicava o cemitério. Deixando o cemitério no lado direito seguiu-se a estrada de terra batida em procura do ponto P13. Encontrando o P13, que se encontra dentro de uma propriedade privada, verificou-se que este estava totalmente vedado com arame e, em diálogo com os proprietários do poço, percebeu-se que o poço já tinha secado e tinha sido feito um furo.

Segundo os proprietários do poço (família Rocha, proprietários do mercado Rocha em Melides) a água deste estava a cerca de 1 m de profundidade há 15 anos mas com o assoreamento a Sul o nível baixou muito. Assim, foi-nos indicado novo poço numa zona mais alta e a Norte.

O novo poço encontrado passou a ser denominado de P13. Este poço está abandonado, escondido no meio de vegetação, fica a 50 m de uma casa de madeira que aparenta estar abandonado e junto a cactos (Figura 54).



Figura 54 – Vista geral do poço P13

O novo ponto P13 não é de fácil acesso para um automóvel. Apesar de se ter seguido outro percurso na saída de campo aconselha-se o croqui a seguir apresentado (Croqui 6). O novo ponto P13 apresenta um nível piezométrico muito profundo e ao se retirar água verificou-se que esta é meio turva.



Croqui 6 – Acesso ao poço P13

De seguida tentou-se encontrar o ponto P14 (perto do cemitério), no entanto, tal não foi possível. Encontrou-se, em alternativa, uma estrutura abandonada semelhante a uma fonte.

Decidiu-se analisar um outro poço que se denominou inicialmente por P14A e passará a ser designado de P14.

O poço P14 está dentro de uma propriedade e está seco.

De seguida seguiu-se para o ponto P9, passando em Melides para uma pequena pausa na Fonte dos Olhos. Para se chegar ao ponto P9 é necessário seguir pela N261 até perto de Sancha e depois virar para Sul na bomba de gasolina da AVIS (Croqui 7).



Croqui 7 – Acesso ao poço P9

O ponto encontra-se abandonado num descampado relativamente perto da estrada de alcatrão.

Verificou-se que a água no ponto P9 também estava totalmente coberta à superfície com algas verdes e diferentes animais.

Após medições do P9 voltou-se para trás para a N261 para se seguir para o ponto P10.

Para se atingir o P10 é necessário virar para NO na nacional para uma estrada de terra batida (Croqui 8). Esta estrada vai dar à zona dos arrozais.



Croqui 8 – Acesso ao poço P10

O ponto P10 encontra-se do lado esquerdo da estrada quando nos deslocamos no sentido do arrozal e fica ao lado de uma casa. O P10 está meio fechado mas há acesso à água. Possui, ainda, uma “bomba” manual da água. A água estava meia turva.

Voltando para trás à procura do P20 encontrámos alguns moradores que nos informaram que não existia nenhum poço naquela zona e por isso desistiu-se de procurar o ponto P20 e assumiu-se que este poço já não existia. Decidiu-se, portanto, pela procura do poço P5.

Para aceder ao ponto P5 é necessário seguir a N216 e virar à direita na estrada que segue para a foz da lagoa de Melides. Assim que se entrar nessa estrada há uma herdade do lado esquerda denominada “Monte da Avermeira” e do lado direito da estrada existe uma estrada de terra de batida. Entrando nessa estrada de terra batida, o P5 fica a 50 m a Oeste da estrada, no entanto, aconselha-se o estacionamento do automóvel uns 10 m antes do visionamento do poço (Croqui 9 e Croqui 10).



Croqui 9 – Acesso ao ponto P5



Croqui 10 – Acesso ao poço P5

O poço P5 também aparentava estar abandonado e estava meio fechado (Figura 55). Removendo uns tijolos é possível ter-se acesso à sua água.



Figura 55 – Zona envolvente do poço P5

Seguindo a estrada de ligação à foz da lagoa de Melides passa-se algumas localidades, nomeadamente o Cerro da Vinha. Entrou-se numa estrada de terra batida à direita (sentido Melides – Lagoa) e chegou-se a uma pequena comunidade (diferentes famílias) que partilham um poço (Croqui 11). Passou-se a designar esse poço como sendo o poço P4.



Croqui 11 – Acesso ao poço P4

O P4 encontra-se em bombagem e estava quase totalmente fechado (Figura 56). Devido a uma pequena fuga na canalização foi possível fazer-se as análises químicas *in-situ* mas não se procedeu à medição do nível visto que as senhoras donas do poço não sabiam o caudal da bomba. Mas segundo a senhora o “seu marido sabia qual a força da bomba” e achava que o poço tinha, aproximadamente, 7 m de profundidade.



Figura 56 – Imagem do poço P4

Após medições qualitativas do poço P4 seguiu-se em procura do ponto P21.

A entrada para o P21 é numa estrada de terra batida que fica à direita (junto de restaurantes) da estrada de alcatrão (sentido Melides – Lagoa) a cerca de 1 km das Sesmarias.

Na estrada de terra batida encontra-se o poço do lado direito (a 20 m) após se ter andando uns 100 m. O P21 encontra-se junto a casas abandonadas e no fim da estrada de terra batida existe uma casa em bom estado mas que parecia inabitada na altura (Croqui 12).

O poço está abandonado e de fácil acesso. A superfície da água estava cheia de batráquios e coberta de algas verdes.



Croqui 12 – Acesso ao poço P21

A medição do P21 foi feita às 19h20.

Anexo IV – Relato da saída de campo de 9 a 11 de Maio de 2011

a) Dia 09 de Maio de 2011

A partida fez-se no LNEC por volta das 11h30 e às 13h00 estava-se a chegar à zona de Melides. O primeiro ponto de paragem foi o ponto PX, um ponto subterrâneo que tinha sido identificado na saída de campo de 22 e 23 de Fevereiro.

De seguida seguiu-se para o ponto P17. Este ponto localiza-se num pequeno descampado numa zona de desnível.

Devido ao avançar da hora – eram 14h30 – o Eng. Luís Oliveira e a Dra. Maria José Henriques foram ter com a equipa de campo da FCUL e da UATLA ao centro de Melides para almoçar e reunir sobre os possíveis locais para monitorização de água superficial. Nesta primeira reunião não foram identificados os pontos, no entanto, ficou delineado o plano de trabalho para os próximos dias e ficou acordado que à noite, durante o jantar, se decidiriam os 10 pontos de água superficial.

De tarde, devido à proximidade do centro de Melides, procedeu-se à amostragem do excedente da água da Fonte dos Olhos, uma fonte que abastece a população de Melides. De seguida, seguiu-se para o ponto P17A, onde se efectuou a amostragem às 16h10.

De seguida, seguiu-se para o ponto P15, um poço que tinha sido identificado na saída de campo anterior.

Com o intuito de identificar o efeito na qualidade da água subterrânea na zona Norte dos arrozais procurou-se um poço nessa zona e foi identificado um novo poço, que passou a ser designado de P22, procedendo-se à respectiva amostragem por volta das 19h20.

O último poço amostrado foi o poço P13, que já tinha sido identificado previamente. Devido à sua localização não foi possível proceder à amostragem de mais nenhum ponto nesse dia.

A noite foi dedicada à viagem para Grândola e ao jantar no centro de Grândola juntamente com uma reunião com os elementos da FCUL e UATLA, onde ficaram identificados os 10 pontos de amostragem.

Neste dia, as amostragens realizadas visavam todos os parâmetros à excepção das amostras para análise dos parâmetros microbiológicos, dos fosfatos e dos bicarbonatos. Procedeu-se, igualmente, à verificação de parâmetros *in-situ*, neste caso, temperatura, pH, condutividade eléctrica e oxigénio dissolvido.

b) Dia 10 de Maio de 2011

O dia 10 de Maio começou muito cedo em Grândola de forma a se conseguir obter um dia mais produtivo que o anterior.

Seguindo para Melides procedeu-se à amostragem do primeiro ponto superficial, que correspondia ao primeiro ponto do dia, o ponto SUP1, localizado perto do poço PX. Esta amostragem foi feita às 9:20.

Seguindo para jusante da ribeira de Melides amostrou-se os pontos superficiais SUP2, SUP3 e SUP4, que se localizavam perto um dos outros visto que esta zona corresponde à confluência de dois rios num só, sendo o ponto SUP4 o ponto onde se amostrou a mistura dos dois rios (cf. Figura 57)

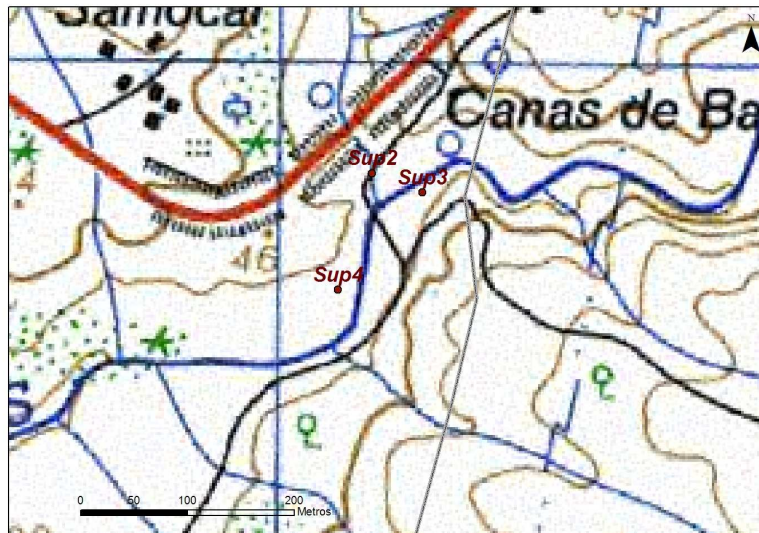


Figura 57 – Localização dos pontos SUP2, SUP3 e SUP4

Após as amostragens superficiais iniciais seguiu-se para o ponto P9, um ponto que já tinha sido identificado na saída de campo de 7 de Abril. A amostragem realizou-se às 11h00.

De seguida, procedeu-se à amostragem de mais dois pontos superficiais, o SUP5 e o SUP6, estando estes localizados a Nordeste de Vale Figueira e na zona Sul de Melides, – por baixo de uma ponte – respectivamente (cf. Figura 58).

Antes da hora de almoço procedeu-se à amostragem do ponto subterrâneo P18.

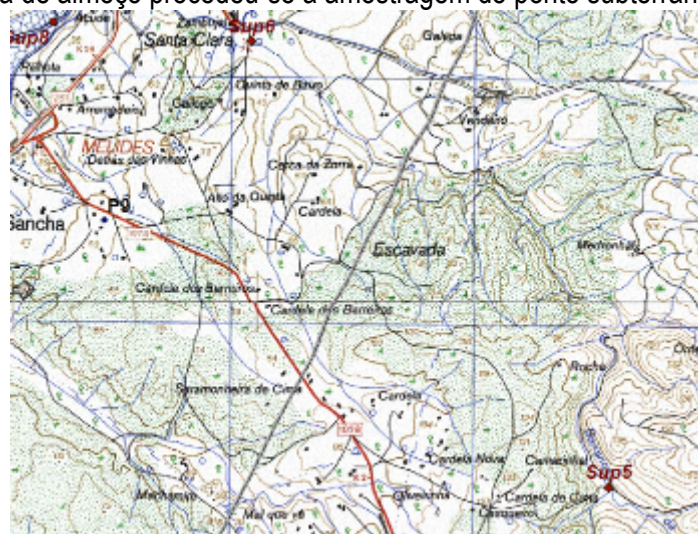


Figura 58 – Localização dos pontos SUP5 e SUP6

Após almoço, que se realizou em Melides, amostraram-se três pontos subterrâneos que já tinham sido identificados na saída de 7 de Abril. Os pontos foram o P10, P5, P4 e P21. O ponto P4 pertence a uma comunidade familiar e, como tal, este encontra-se bem resguardado e com uma bomba que permite a utilização pontual da água para limpeza do asfalto ou automóveis familiares e para a rega. O último dos quatro pontos foi amostrado às 17:05.

Visto que o ponto P21 é junto à lagoa de Melides decidiu-se amostrar a lagoa passando, dessa forma, um ponto na margem Sul da lagoa a ser designado de SUP7. Este ponto foi amostrado por volta das 18h30.

Em seguida, procedeu-se à procura de um ponto que ainda não tinha sido identificado em campo, o P3. Este ponto localiza-se na zona Sul da bacia da ribeira de Melides e dentro da área abrangida pelo sistema aquífero de Sines. Verificou-se, pelo diálogo com os habitantes locais, que todos os poços nessa zona com profundidade inferior a 50 metros encontravam-se secos. No entanto, tendo havido um estudo prévio no LNEC sobre a base do aquífero superior do sistema aquífero de

Sines, havia a noção que naquela zona a base estaria a mais de 100 m de profundidade. Assim decidiu-se utilizar um furo de um habitante local – que segundo este tinha a bomba localizada a 70 m de profundidade – e amostrou-se esse furo que se passou a designar de P3.

O último ponto subterrâneo amostrado foi o ponto P23 que se localiza junto a um laranjal e perto de uma ribeira.

Para finalizar o dia amostrou-se dois pontos superficiais na zona principal da ribeira de Melides, junto à vila. O ponto SUP8 foi amostrado junto à ponte onde decorreu o diálogo com o Sr. Albino na primeira saída de campo e o ponto SUP9 foi junto à saída de água da ETAR de Melides.

Tal como no primeiro dia também a amostragem visava todos os parâmetros à excepção das amostras para análise dos parâmetros microbiológicos, dos fosfatos e dos bicarbonatos, e procedeu-se às análises *in-situ*.

Antes da dormida que foi feita em Grândola, a Dra. Maria José Henriques conseguiu, em diálogo com os Bombeiros Voluntários de Grândola, arranjar um espaço nas suas instalações para mantermos todas as amostras frescas até à entrega ao laboratório competente.

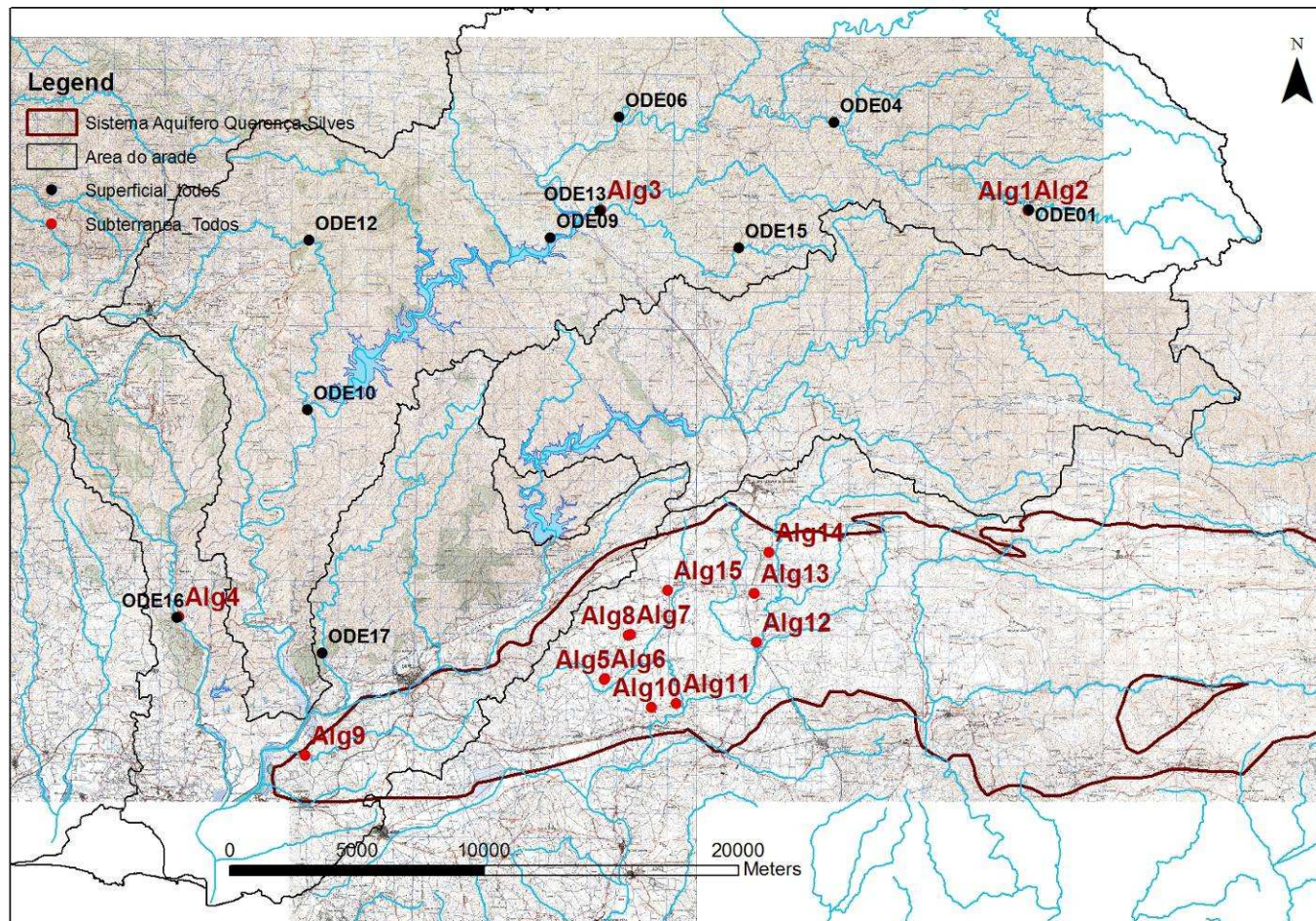
c) Dia 11 de Maio de 2011

Este dia teve de começar muito cedo pois era intenção da equipa conseguir retirar amostras dos 24 pontos visitados nos dois dias anteriores para os parâmetros ainda não amostrados (microbiológicos, fosfatos e bicarbonatos) e retirar amostras para todos os parâmetros para um ponto de água superficial (SUP10) que fica na parte principal da ribeira de Melides.

O ponto que estava em falta com todos os parâmetros (SUP10) foi amostrado às 9h30.

Por volta das 11h30 todos os pontos estavam devidamente amostrados e seguiu-se para a estação de serviço de Alcácer do Sal na A2. Chegando a essa estação de serviço, por volta das 12h15, a equipa esteve à espera do técnico do laboratório que iria tratar das análises. Após a chegada do técnico procedeu-se à troca das amostras para o veículo do laboratório e a equipa do LNEC seguiu viagem para Lisboa tendo chegado ao LNEC por volta das 17h00.

Anexo V – Localização dos pontos amostrados no Algarve



Anexo VI – Relato da saída de campo de 16 e 17 de Maio de 2011

a) Dia 16 de Maio de 2011

A concentração da equipa formada pelo Eng. Lobo Ferreira, a Doutora Teresa Leitão e o Eng. Luís Oliveira foi no LNEC. Às 9h30 a equipa estava de partida para o Algarve.

Às 12h48 estava-se a chegar ao primeiro ponto superficial, que passou a ser denominado de ODE1, localizando-se este ao pé da vila de São Barnabé. Junto a este ponto encontra-se uma nascente onde se procedeu a dois conjuntos de amostras, passando estas a ser designadas de Alg1 e Alg2.

De seguida seguiu-se para o ponto superficial ODE04, que se localiza junto a um conjunto de aldeias a Este da autoestrada A2, e procedeu-se à sua amostragem às 13h25.

Passando por debaixo da A2 chegou-se, através de estradas regionais, ao ponto superficial ODE06 que se localiza junto à estrada IC1. As amostras foram retiradas às 14h03 e de, após essa acção, seguiu-se para almoço num restaurante à beira do Itinerário Complementar 1.

Após almoço o seguinte ponto a ser amostrado foi o ponto superficial ODE13, que fica próximo de um poço de largo diâmetro. Assim amostrou-se o ODE13 e o poço, que passou a ser designado de Alg3. Estas duas amostragens foram feitas perto das 15h20.

Seguindo por estradas regionais amostrou-se os pontos superficiais ODE15, ODE9, ODE12 e ODE10, pontos estes que pertencem a bacia hidrográfica de Odelouca. O último ponto foi amostrado às 18h00.

Seguindo mais para Sul chegou-se a uma pequena ribeira da bacia hidrográfica do Arade, ribeira da Boina. Nesta ribeira e a 2 km a Sul da vila de Rasmalho procedeu-se à amostragem do ponto superficial ODE16, seguido do ponto Alg4, um poço junto à ribeira.

Para finalizar o dia amostrou-se o ponto superficial ODE17 às 19h15. Este ponto localiza-se na ribeira do Falancho a 3 km a Noroeste de Silves.

De forma a poder-se garantir uma boa qualidade das amostras era necessário que as estas ficassem num ambiente fresco e assim, com o apoio das águas do Algarve, conservou-se as amostras nos frigoríficos da ETA de Alcantarilha.

O dia terminou com a ida para Faro. Foi possível marcar uma reunião para o dia seguinte com o Professor José Paulo Monteiro e a Dra. Edite Reis da ARH do Algarve.

Devido à distância entre os pontos procedeu-se à amostragem de todos os parâmetros, que estavam previstos, em todos os pontos amostrados nesse dia.

b) Dia 17 de Maio de 2011

A manhã de dia 17 de Maio ficou marcada com uma reunião com o Professor José Paulo Monteiro e a Dra. Edite Reis da ARH do Algarve no hall principal do hotel. Nessa reunião falou-se dos objectivos propostos para o caso de estudo do PROWATERMAN no Algarve, da importância do apoio da ARH e, consecutivamente, chegaram-se a várias conclusões: a) existem locais no sistema aquífero Querença-Silves que já foram apontados como possíveis locais para recarga artificial, b) existem alguns lugares, nomeadamente ao longo da ribeira de Alcantarilha, em que a recarga artificial é muito favorável por questões geológicas, c) ao longo da história alguns habitantes procederam à recarga artificial utilizando pequenas barragens na ribeira de Alcantarilha, de forma a aumentar o tempo de permanência da água na ribeira e aumentar a taxa de recarga, d) a ligação entre a barragem de Odelouca, barragem do Funcho e a ETA de Alcantarilha é favorável aos objectivos do PROWATERMAN, e) existe uma equipa em Espanha, com boas ligações com o Professor José Paulo Monteiro, que se encontra a especializar em teste de traçadores.

Após a reunião delinear-se algumas zonas que seriam fundamentais proceder-se à amostragem de água subterrânea.

Assim, durante parte da manhã e a tarde de dia 17 procedeu-se à amostragem dos pontos de água subterrânea de designação Alg5 ao Alg15.

Os pontos analisados, na sua maioria, são furos privados onde se pediu autorização aos seus donos para se proceder à amostragem. O ponto Alg8 é uma nora abandonada e o ponto Alg9 corresponde às nascentes de Estombar.

Todos os pontos de água subterrânea amostrados neste dia, com excepção das nascentes de Estombar, localizam-se a Oeste do troço principal da ribeira de Alcantarilha e a Este da aldeia de Vale da Vila.

O primeiro ponto amostrado foi às 12h17 e o último – Alg15 – às 18h30 e, à semelhança do primeiro dia, procedeu-se à amostragem de todos os parâmetros, que estavam previstos, em todos os pontos amostrados nesse dia.

Aposto a ultima amostragem seguiu-se para a ETA de Alcantarilha de forma a recolher as amostras que lá tinham ficado guardadas e seguiu-se para Lisboa.

A chegada ao LNEC foi por volta das 21h30.

As amostras foram recebidas no dia seguinte (dia 18 de Maio) pelo laboratório responsável pela sua análise.

Anexo VII – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo em Melides – Água superficial

Parâmetro	Unidade	LQ	111100178	111100179	111100180	111100181	111100183	111100184	111100190	111100193	111100194	111100195
Anionic Surfactants as MBAS	mg/L	0,020	0,415	0,054	0,096	0,488	0,064	0,057	0,464	0,173	0,369	0,122
Alumínio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,049	0,051
Antimonio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsênio	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	mg/L	0,00050	0,0142	0,0432	0,0255	0,0322	0,0102	0,0166	0,0236	0,0287	0,0248	0,0332
Berílio	mg/L	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bório	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	0,011	<LQ	0,012	0,639	<LQ	0,020	<LQ
Cádmio	mg/L	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	mg/L	0,0050	31,0	46,9	37,5	41,7	17,4	42,5	85,4	55,6	54,4	60,7
Cromio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ferro	mg/L	0,0020	0,0139	0,238	0,0063	0,0543	0,0048	0,0104	0,0170	0,0081	0,0724	0,103
Chumbo	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0052	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0171	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	mg/L	0,0030	14,4	16,6	13,8	15,0	13,2	13,0	201	9,10	12,3	9,48
Manganês	mg/L	0,00050	0,0264	0,0201	0,00160	0,00314	0,00148	0,00292	0,00124	0,0117	0,0364	0,0454
Molibdênio	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0061	0,0023	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fósforo	mg/L	0,010	<LQ	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,017	0,040	0,479	0,044
Potássio	mg/L	0,015	1,03	2,12	1,19	1,46	1,79	1,77	115	2,34	6,13	2,64
Selênio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	mg/L	0,030	36,7	64,4	49,9	55,5	43,7	49,2	2030	46,6	61,9	46,8
Enxofre	mg/L	0,060	7,58	9,38	8,00	8,23	7,75	7,78	136	10,4	9,67	6,75
Tálio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetro	Unidade	LQ	111100178	111100179	111100180	111100181	111100183	111100184	111100190	111100193	111100194	111100195
Zinco	mg/L	0,0020	0,0124	0,0062	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0082	<LQ
Acidity pH 4.5	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidity pH 8.3	mmol/L	0,150	1,62	1,15	0,780	0,833	0,190	<LQ	0,221	0,160	0,169	<LQ
Aggressive CO2	mg/L	0	45,6	29,8	22,2	23,0	6,9	0	6,1	0,9	0	0
Alkalinity pH 4.5	mmol/L	0,150	2,48	2,91	2,55	2,66	1,42	2,74	2,08	2,80	3,10	3,04
Alkalinity pH 8.3	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ammonia and ammonium ions	mg/L	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,145	0,261	0,186	0,222
Ammonia as N	mg/L	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,113	0,203	0,144	0,173
Carbonetos	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chemical Oxygen Demand (CBO5)	mg/L	0,50	2,01	6,04	1,38	3,08	1,16	1,50	5,92	0,94	3,10	1,41
Cloretos	mg/L	1	53,4	118	66,8	83,2	69,5	71,0	3370	66,9	75,2	70,0
Free Carbon Dioxide as CO2	mg/L	0	71,2	50,7	34,4	36,7	8,3	4,3	9,7	7,1	7,4	3,8
Hydrogen carbonates	mg/L	0	152	178	156	162	86,9	167	127	170	189	185
Nitrate as N	mg/L	0,500	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,67	<LQ	1,72
Nitratos	mg/L	2,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7,39	<LQ	7,60
Nitrite as N	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0176	0,0281	0,0130	0,0345
Nitritos	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0579	0,0925	0,0426	0,113
Fosfatos	mg/L	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,141	0,047	0,130
Fosfatos (P)	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,046	0,015	0,042
Total Petroleum Hydrocarbons	µg/L	5	24,6	30,9	25,0	27,0	24,8	26,1	487	22,8	26,9	23,3
Sulfatos - SO4 2-	mg/L	0	181	179	147	154	71,0	125	101	130	144	137
Total Carbon Dioxide as CO3	mg/L	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bactérias Coliformes	NMP/100ml	2	3,5×10 ²	6,3×10 ²	3,5×10 ³	2,4×10 ³	4,9×10 ²	7,9×10 ²	4,3×10 ¹	2,4×10 ³	2,8×10 ³	7,9×10 ³
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2	2,7×10 ¹	3,5×10 ²	7,0×10 ²	6,3×10 ²	7,0×10 ¹	1,8×10 ²	4	4,9×10 ³	6,3×10 ²	3,3×10 ³

ANEXO VIII – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo em Melides – Água subterrânea

Parâmetros	Unidade	LQ	111100171	111100172	111100173	111100174	111100175	111100176	111100177	111100182	111100185
Anionic Surfactants as MBAS	mg/L	0,020			0,398			0,139		0,049	0,228
Alumínio	mg/L	0,010	<LQ	0,016	<LQ	<LQ	0,042	0,043	0,012	0,040	<LQ
Antimonio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsênio	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0074	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	mg/L	0,00050	0,0229	0,0284	0,0310	0,0348	0,0199	0,0110	0,0366	0,188	0,0314
Berílio	mg/L	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,00024	<LQ
Boro	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,011
Cádmio	mg/L	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	0,00056	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	mg/L	0,0050	37,7	2,91	55,1	13,0	26,8	8,93	21,1	26,6	43,7
Cromio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	0,0062	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/L	0,0020	0,0032	<LQ	<LQ	0,0029	0,0062	0,0039	<LQ	<LQ	<LQ
Ferro	mg/L	0,0020	<LQ	0,0200	<LQ	0,0372	0,0508	0,0195	0,160	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	mg/L	0,0010	0,0016	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	mg/L	0,0030	15,8	3,99	6,94	7,09	7,19	3,10	6,83	12,5	13,4
Manganês	mg/L	0,00050	0,00683	0,00982	<LQ	1,18	0,0729	0,00142	0,393	0,0475	0,00261
Molibdênio	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0026	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/L	0,0020	0,0027	<LQ	<LQ	<LQ	0,0033	<LQ	0,0038	<LQ	<LQ
Fósforo	mg/L	0,010	0,036	<LQ	0,046	<LQ	0,590	0,020	0,162	<LQ	<LQ
Potássio	mg/L	0,015	1,06	2,31	2,57	2,92	6,69	3,08	3,16	10,9	1,24
Selênio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	mg/L	0,030	38,8	11,8	40,5	15,5	35,1	20,0	31,0	18,4	50,1
Enxofre	mg/L	0,060	9,34	3,82	6,55	6,38	9,58	6,06	1,20	6,65	8,46
Tálio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0016	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco	mg/L	0,0020	0,0266	0,0328	<LQ	0,0188	0,0264	0,0250	0,0067	0,0261	0,0178
Acidity pH 4.5	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidity pH 8.3	mmol/L	0,150	0,384	0,536	1,16	0,287	0,687	0,480	1,03	0,450	0,358

Parâmetros	Unidade	LQ	111100171	111100172	111100173	111100174	111100175	111100176	111100177	111100182	111100185
Aggressive CO2	mg/L	0	0	23,2	30,9	11,9	25,6	20,8	35,8	19,4	9,4
Alkalinity pH 4.5	mmol/L	0,150	5,03	0,155	2,80	0,860	1,41	0,164	1,67	0,347	2,45
Alkalinity pH 8.3	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ammonia and ammonium ions	mg/L	0,050	0,071	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,344	2,12	0,055	<LQ
Ammonia as N	mg/L	0,040	0,055	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,267	1,65	0,043	<LQ
Carbonetos	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chemical Oxygen Demand (CBO5)	mg/L	0,50	2,80	1,54	<0,50	4,15	11,6	11,8	17,1	1,00	0,94
Cloretos	mg/L	1,00	50,5	26,5	62,7	32,2	52,7	44,3	48,6	33,3	83,8
Free Carbon Dioxide as CO2	mg/L	0	16,9	23,6	50,9	12,6	30,2	21,1	45,4	19,8	15,8
Hydrogen carbonates	mg/L	0	307	9,5	171	52,5	85,9	10,0	102	21,2	150
Nitrate as N	mg/L	0,500	<LQ	0,570	2,64	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	24,2	<LQ
Nitratos	mg/L	2,00	<LQ	2,52	11,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	107	<LQ
Nitrite as N	mg/L	0,0020	0,0118	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0023	0,0082	0,0182	<LQ
Nitritos	mg/L	0,0050	0,0386	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0075	0,0269	0,0600	<LQ
Sulfatos - SO4 2-	mg/L	5	30,2	11,7	20,8	17,2	28,1	20,9	<5,00	22,2	27,4
Total Carbon Dioxide as CO2	mg/L	0	238	30,4	174	50,5	92,2	28,3	119	35,1	124
Total Petroleum Hydrocarbons	mg/L	0,050			<LQ			<LQ		<LQ	<LQ
Bactérias Coliformes	NMP/100ml	2	4,9×10 ²	3,5×10 ²	1,7	1,7×10 ²	7,9×10 ²	7,0×10 ²	1,1×10 ³	1,1	4,9×10 ²
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2	1,2×10 ²	7	<LQ	2,3×10 ¹	2,4×10 ²	3,4×10 ¹	1,8×10 ²	2	1,8×10 ²

ANEXO IX – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo em Melides – Água subterrânea (Continuação)

Parâmetros	Unidade	111100186	111100187	111100188	111100189	111100191	111100192
Anionic Surfactants as MBAS	mg/L	0,331	0,442	0,482	0,460		
Alumínio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,014	<LQ	0,023
Antimonio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsênio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	mg/L	0,0370	0,0940	0,0797	0,0525	0,0664	0,0286
Berílio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Boro	mg/L	0,022	0,015	0,013	0,011	<0,010	<0,010
Cádmio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	mg/L	18,8	23,1	19,1	17,4	5,14	19,3
Cromio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/L	0,0022	0,0040	0,0070	0,0030	0,0058	0,0064
Ferro	mg/L	0,0034	<LQ	0,0162	0,0679	<0,0020	0,118
Chumbo	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	mg/L	3,11	14,7	12,8	8,74	12,1	6,47
Manganês	mg/L	0,00130	0,00162	0,00955	0,00666	0,0232	0,183
Molibdênio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/L	<LQ	0,0031	<LQ	<LQ	0,0028	<LQ
Fósforo	mg/L	0,716	0,279	0,045	0,010	<0,010	0,662
Potássio	mg/L	11,8	12,0	12,3	4,59	4,04	10,1
Selênio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	mg/L	11,6	31,0	34,8	56,9	50,1	21,5
Enxofre	mg/L	5,32	5,74	6,60	7,40	2,09	4,49
Tálio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0015
Zinco	mg/L	0,0128	0,0284	0,0436	0,0321	0,0358	0,0443
Acidity pH 4.5	mmol/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetros	Unidade	111100186	111100187	111100188	111100189	111100191	111100192
Acidity pH 8.3	mmol/L	0,231	0,313	0,459	0,239	0,614	0,546
Aggressive CO2	mg/L	9,6	12,4	18,3	9,6	26,4	20,8
Alkalinity pH 4.5	mmol/L	0,859	1,14	1,09	1,07	<0,150	1,32
Alkalinity pH 8.3	mmol/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ammonia and ammonium ions	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,207	<LQ	0,137
Ammonia as N	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,160	<LQ	0,107
Carbonetos	mg/L	0	0	0	0	0	0
Chemical Oxygen Demand (CBO5)	mg/L	1,78	2,60	0,85	6,36	<0,50	7,39
Cloretos	mg/L	14,4	48,7	55,6	96,7	64,4	57,3
Free Carbon Dioxide as CO2	mg/L	10,2	13,8	20,2	10,5	27,0	24,0
Hydrogen carbonates	mg/L	52,4	69,6	66,6	65,2	8,4	80,9
Nitrate as N	mg/L	6,52	14,6	8,84	<0,500	22,8	1,68
Nitratos	mg/L	28,8	64,5	39,2	<2,00	101	7,42
Nitrite as N	mg/L	<LQ	0,0094	<LQ	0,0041	<LQ	0,0054
Nitritos	mg/L	<LQ	0,0310	0,0065	0,0136	<LQ	0,0178
Sulfatos - SO4 2-	mg/L	16,9	18,2	21,0	22,7	6,98	15,0
Total Carbon Dioxide as CO2	mg/L	48,0	64,0	68,2	57,6	33,1	82,3
Total Petroleum Hydrocarbons	mg/L	v	<0,050	<0,050	<0,050		
Bactérias Coliformes	NMP/100ml	6,3×10 ²	3,3×10 ²	7,9×10 ²	2,4×10 ²	3,4×10 ¹	2,8×10 ²
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	7	6,3×10 ¹	2,2×10 ²	<LQ	<LQ	4,3×10 ¹

Anexo X – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo no Algarve – Água superficial*

Parâmetro	LQ	111100196	111100199	111100200	111100201	111100203	111100204	111100205	111100206	111100207	111100209
Detergentes (substâncias tensoactivas aniónicas)	0,020	0,264		0,660			1,04		0,190	0,149	
Alumínio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,012	<LQ
Antimónio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsénio	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	0,00050	0,00372	0,00274	0,00318	0,00631	0,0110	0,00554	0,00837	0,00651	0,0121	0,00468
Berílio	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bóro	0,010	0,018	0,020	0,021	0,028	0,031	0,025	0,018	0,021	0,025	0,030
Cádmio	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	0,0050	9,03	10,1	11,7	24,6	40,0	16,4	11,6	12,8	14,8	5,72
Crómio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0023	<LQ	<LQ
Ferro	0,0020	0,0206	<LQ	0,0213	0,0119	0,0127	0,0612	0,0346	0,187	0,0278	0,0564
Chumbo	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	0,0010	0,0034	0,0078	0,0055	0,0185	0,0385	0,0089	<LQ	0,0011	0,0011	0,0143
Magnésio	0,0030	11,0	13,6	14,2	27,6	33,1	19,4	5,96	6,67	8,14	10,7
Manganês	0,00050	0,0127	0,00175	0,00884	0,0126	0,0190	0,0133	0,00425	0,00073	0,00134	0,00418
Molibdénio	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0021	<LQ	<LQ
Níquel	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fósforo	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,087	0,624	0,045	<0,010
Potássio	0,015	0,784	1,06	1,37	1,41	1,81	1,55	2,22	4,42	3,07	1,42
Selénio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	0,030	20,0	27,4	28,9	46,7	58,4	36,9	18,4	21,3	36,6	29,4
Tálio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetro	LQ	111100196	111100199	111100200	111100201	111100203	111100204	111100205	111100206	111100207	111100209
Zinco	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidez pH 4.5	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidez pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Agressividade CO2	0	4,2	3,4	3,2	3,8	4,3	3,4	4,0	5,2	0	3,2
Alcalinidade pH 4.5	0,150	0,765	0,811	1,00	1,26	1,47	1,11	0,789	1,08	1,26	0,647
Alcalinidade pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amônia em amônio iões	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,02	<LQ	<LQ
Amonia as N	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,792	<LQ	<LQ
Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0
Carência Química Oxigênio (COD)	0,50	0,81	0,78	1,08	1,14	1,37	1,24	1,30	3,26	0,82	0,79
Cloretos	1,00	35,6	45,2	47,5	77,5	92,4	60,6	24,9	27,5	39,2	45,4
Dióxido Carbono livre em CO2	0	4,4	3,6	3,6	4,5	5,5	3,9	4,2	5,8	0	3,3
Hidrogeno carbonatos		46,7	49,5	61,0	77,0	89,5	67,6	48,1	66,2	72,0	39,5
Nitrato em N	0,500	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,26	0,722	0,847	<LQ
Nitratos	2,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,58	3,20	3,75	<LQ
Nitrito em N	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0023	0,104	0,0025	<LQ
Nitritos	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0074	0,342	0,0081	<LQ
Fosfatos	0,040			<LQ						0,123	
Fosfatos (P)	0,010			<LQ						0,040	
Sulfatos - SO4 2-	5,00	33,5	47,2	53,2	125	173	74,2	21,7	21,5	27,3	32,8
Dióxido Carbono Total em CO2	0	38,1	39,3	47,5	60,1	70,1	52,7	38,9	53,6	53,6	31,8
Hidrocarbonetos Totais	0,050	<LQ		<LQ			<LQ		<LQ	<LQ	
Bactérias Coliformes	2	1,1×10 ²	1,7×10 ²	7,9×10 ¹	2,4×10 ²	3,5×10 ²	3,3×10 ²	7,9×10 ²	1,6×10 ⁴	1,7×10 ²	3,3×10 ¹
Coliformes Termo tolerantes	2	3,3×10 ¹	9	5	4,9×10 ¹	7,0×10 ¹	4,9×10 ¹	2,4×10 ²	9,2×10 ³	1,1×10 ¹	2

* as unidades são as mesmas que apresentadas nos anexos VII a IX

Anexo XI – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo no Algarve – Água subterrânea*

Parâmetros	LQ	111100197	111100198	111100202	111100208	111100210	111100211	111100212
Detergentes (substâncias tensoactivas aniónicas)	0,020							
Alumínio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antimónio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsénio	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	0,00050	<LQ	<LQ	0,00651	0,0236	0,0133	0,0136	0,0283
Berílio	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bóro	0,010	0,015	0,014	0,033	0,032	0,027	0,027	0,028
Cádmio	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	0,0050	8,43	8,50	30,5	18,7	107	111	127
Crómio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	0,0020	<LQ	<LQ	0,0033	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ferro	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	0,0010	0,0410	0,0412	0,0169	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	0,0030	15,6	15,7	32,0	11,2	43,2	44,4	62,8
Manganês	0,00050	0,00373	0,00376	0,0877	<LQ	<LQ	<LQ	0,00214
Molibdénio	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	0,0020	0,0080	0,0081	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fósforo	0,010	0,020	0,022	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,059
Potássio	0,015	0,599	0,582	1,01	4,33	1,20	1,25	2,78
Selénio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	0,030	15,1	15,0	46,5	41,1	46,5	47,6	46,2
Tálio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco	0,0020	0,0042	0,0037	0,0216	0,0256	0,0122	0,0079	0,0386
Acidez pH 4.5	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetros	LQ	111100197	111100198	111100202	111100208	111100210	111100211	111100212
Acidez pH 8.3	0,150	0,342	0,277	0,360	0,225	0,328	0,362	0,299
Agressividade CO2	0	14,7	11,9	12,7	7,7	0	0	0
Alcalinidade pH 4.5	0,150	0,498	0,504	1,94	1,65	6,16	6,18	6,71
Alcalinidade pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amônia em amônio iões	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amonia as N	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0
Carência Química Oxigênio (COD)	0,50	0,55	<LQ	1,08	<LQ	<LQ	0,54	7,49
Cloretos	1,00	27,3	27,4	77,2	40,8	198	105	70,0
Dióxido Carbono livre em CO2	0	15,1	12,2	17,2	9,9	14,4	16,0	13,2
Hidrogeno carbonatos		30,4	30,7	120	100	376	377	409
Nitrato em N	0,500	<LQ	<LQ	<LQ	1,54	12,4	7,05	19,7
Nitratos	2,00	<LQ	<LQ	<LQ	6,80	55,0	31,2	87,3
Nitrito em N	0,0020	<LQ	<LQ	0,0056	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nitritos	0,0050	<LQ	<LQ	0,0185	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fosfatos	0,040							
Fosfatos (P)	0,010							
Sulfatos - SO4 2-	5,00	66,0	67,7	119	32,2	96,6	52,7	95,9
Dióxido Carbono Total em CO2	0	37,0	34,3	104	82,4	286	288	308
Hidrocarbonetos Totais	0,050							
Bactérias Coliformes	2	5	<LQ	4,9×10 ²	7,9×10 ¹	5	<LQ	9,2×10 ³
Coliformes Termo tolerantes	2	<LQ	<LQ	2,2×10 ²	2,3×10 ¹	2	<LQ	5,4×10 ³

* As unidades são as mesmas que apresentadas nos anexos VII a IX

ANEXO XII – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo no Algarve – Água subterrânea (Continuação)

Parâmetros	LQ	111100213	111100214	111100215	111100216	111100217	111100218	111100219	111100220
Detergentes (substâncias tensoactivas aniónicas)	0,020		0,106		0,098	0,106		0,030	0,117
Alumínio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antimónio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsénio	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	0,00050	0,0164	0,0138	0,0168	0,0184	0,0217	0,0170	0,0459	0,0122
Berílio	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bóro	0,010	0,028	0,310	0,033	0,037	0,205	0,025	0,100	0,030
Cádmio	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	0,0050	116	129	119	113	119	158	119	127
Crómio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	0,0020	0,0021	<LQ	<LQ	0,0039	<LQ	<LQ	0,0033	<LQ
Ferro	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	0,0010	<LQ	0,0077	<0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	0,0030	46,3	113	47,4	48,9	45,8	68,3	49,2	25,0
Manganês	0,00050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,00188	0,00344	0,00173	<LQ
Molibdênio	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0056	<LQ	<LQ
Fósforo	0,010	<LQ	<LQ	0,026	<LQ	<LQ	<0,010	<LQ	0,097
Potássio	0,015	1,26	49,0	1,79	1,80	9,58	1,90	2,19	1,26
Selênio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	0,030	31,6	820	47,7	49,7	55,0	56,6	49,8	33,6
Tálio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0015
Zinco	0,0020	0,0239	<0,0020	0,0028	0,0323	0,0559	0,617	0,0084	<LQ
Acidez pH 4.5	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetros	LQ	111100213	111100214	111100215	111100216	111100217	111100218	111100219	111100220
Acidez pH 8.3	0,150	0,307	0,409	0,285	0,317	0,473	0,484	0,435	0,345
Agressividade CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidade pH 4.5	0,150	6,39	6,16	5,91	6,06	6,64	7,57	6,64	6,16
Alcalinidade pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amônia em amônio iões	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,281
Amonia as N	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,218
Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carência Química Oxigênio (COD)	0,50	0,51	2,56	0,60	0,63	0,60	0,73	0,54	<0,50
Cloretos	1,00	53,6	1720	113	110	72,8	187	86,6	62,8
Dióxido Carbono livre em CO2	0	13,5	18,0	12,6	14,0	20,8	21,3	19,1	15,2
Hidrogeno carbonatos		390	376	360	370	405	462	405	376
Nitrato em N	0,500	11,9	6,81	11,6	9,46	15,2	32,9	5,51	8,83
Nitratos	2,00	52,7	30,1	51,4	41,9	67,4	146	24,4	39,1
Nitrito em N	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nitritos	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fosfatos	0,040								
Fosfatos (P)	0,010								
Sulfatos - SO4 2-	5,00	72,6	263	93,1	92,0	83,3	48,8	133	27,3
Dióxido Carbono Total em CO2	0	295	289	272	281	313	354	311	286
Hidrocarbonetos Totais	0,050		<LQ		<LQ	<LQ		<LQ	<LQ
Bactérias Coliformes	2	2	8	<LQ	1,1×10 ¹	<LQ	<LQ	7,9×10 ²	<LQ
Coliformes Termo tolerantes	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	8	<LQ

* As unidades são as mesmas que apresentadas nos anexos VII a IX

Financiamento

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

ÁGUA, ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJECTO PROWATERMAN

Referência do projecto n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008

**Terceiro relatório temático – Resultados quantitativos e qualitativos das
campanhas de 2011 e balanços hídricos**

Resumo

O presente relatório relata as quatro saídas de campo realizadas pelo LNEC no primeiro semestre de 2011, os resultados quantitativos e qualitativos obtidos nas campanhas, o balanço hídrico das duas zonas em estudo e uma análise à vulnerabilidade à poluição nas bacias hidrográficas em estudo.

WATER, AQUATIC ECOSYSTEMS AND HUMAN ACTIVITY – PROJECT PROWATERMAN

**3rd Thematic report – Quantitative and qualitative results of the 2011 campaigns and water
balances**

Abstract

This report presents the four field trips carried out by LNEC in the first semester of 2011, the quantitative and qualitative results obtained in those campaigns, the water balance of the two study-areas and an analysis of vulnerability to pollution of the river basins under study.

EAU, ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET ACTIVITEE HUMAINE – PROJET PROWATERMAN

**3^{ème} rapport thématique – Résultats quantitatives et qualitatives des campagnes de 2011 et
bilans hydriques**

Sommaire

Ce rapport presente les résultats des quatres visites de terrain effectuées par LNEC dans la première moitié de 2011, les résultats quantitatifs et qualitatifs obtenus dans les campagnes, le bilan hydrique des deux régions en l'étude et une analyse de la vulnérabilité à la pollution dans les bassins hydrographiques en l'étude.

Agradecimentos

Agradece-se à Dra. Maria José Henriques a compilação da informação e a realização dos quadros da saída de campo de 9 a 11 de Maio em Melides.

Agradece-se ao Dr. Tiago Martins pela aplicação do modelo BALSEQ_MOD à bacia a montante da barragem do Arade e pelo apoio dado para a aplicação do mesmo modelo nas outras áreas.

ÍNDICE DO TEXTO

1	INTRODUÇÃO	1
2	SÍNTESE DAS SAÍDAS DE CAMPO NO PRIMEIRO SEMESTRE DO ANO DE 2011	4
2.1	INTRODUÇÃO	4
2.2	SAÍDA DE CAMPO DE 22 E 23 DE FEVEREIRO DE 2011.....	4
2.3	SAÍDA DE CAMPO DE 7 DE ABRIL DE 2011 – MELIDES	5
2.4	SAÍDA DE CAMPO DE 09 A 11 DE MAIO DE 2011 – MELIDES.....	5
2.5	SAÍDA DE CAMPO DE 16 A 17 DE MAIO DE 2011 – ALGARVE	5
3	RESULTADOS OBTIDOS NAS CAMPANHAS DO PRIMEIRO SEMESTRE DO ANO DE 2011 ...	7
3.1	INTRODUÇÃO	7
3.2	RESULTADOS QUANTITATIVOS E OUTROS DADOS	7
3.3	RESULTADOS QUALITATIVOS.....	11
3.3.1	RESULTADOS DE PARÂMETROS ANALISADOS <i>IN-SITU</i>	11
3.3.2	RESULTADOS DE PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO	13
3.3.3	SÍNTESE DOS RESULTADOS DA CAMPANHA DE MELIDES PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	15
3.3.4	SÍNTESE DOS RESULTADOS DA CAMPANHA DE MELIDES PARA AS ÁGUAS SUPERFICIAIS	22
4	BALANÇO HÍDRICO DOS CASOS EM ESTUDO	24
4.1	METODOLOGIA	24
4.1.1	INTRODUÇÃO.....	24
4.1.2	MODELAÇÃO DA INFILTRAÇÃO SUPERFICIAL	25
4.1.3	MODELAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO	26
4.1.4	MODELAÇÃO DA VARIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO E DA INFILTRAÇÃO PROFUNDA 30	
4.1.5	ANÁLISE DOS DADOS HIDROLÓGICOS E DA INFORMAÇÃO SOBRE OS SOLOS E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O MODELO MATEMÁTICO	32
4.2	CASO DE ESTUDO EM MELIDES.....	33
4.2.1	DADOS DE ENTRADA.....	33
4.2.2	RESULTADOS	34
4.2.3	ESTUDO POR SUB-BACIAS.....	37
4.3	CASO DE ESTUDO NO ALGARVE	41
4.3.1	DADOS DE ENTRADA.....	41
4.3.2	RESULTADOS	42
4.3.3	ESTUDO POR SUB-BACIAS	45
5	VULNERABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (MÉTODO WRASTIC)	51
5.1	METODOLOGIA WRASTIC	51
5.2	CASO DE ESTUDO EM MELIDES.....	52
5.3	CASO DE ESTUDO NO ALGARVE	55
	BIBLIOGRAFIA	58
	ANEXO I – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 22 E 23 DE FEVEREIRO	59

ANEXO II – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 7 DE ABRIL DE 2011.....	67
ANEXO III – PONTOS DE AMOSTRAGEM NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES	76
ANEXO IV – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 9 A 11 DE MAIO DE 2011	77
ANEXO V – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS NO ALGARVE.....	80
ANEXO VI – RELATO DA SAÍDA DE CAMPO DE 16 E 17 DE MAIO DE 2011	81
ANEXO VII – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES – ÁGUA SUPERFICIAL	83
ANEXO VIII – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES – ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	85
ANEXO IX – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO EM MELIDES – ÁGUA SUBTERRÂNEA (CONTINUAÇÃO)	87
ANEXO X – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO NO ALGARVE – ÁGUA SUPERFICIAL*	89
ANEXO XI – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO NO ALGARVE – ÁGUA SUBTERRÂNEA*	91
ANEXO XII – RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS EM LABORATÓRIO NO CASO DE ESTUDO NO ALGARVE – ÁGUA SUBTERRÂNEA (CONTINUAÇÃO).....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Caso de estudo em Melides.....	2
Figura 2 – Caso em estudo no Algarve.....	2
Figura 3 – Mapa da concentração em nitratos nas amostras de água subterrânea no Algarve.....	14
Figura 4 – Mapa da concentração em cloretos nas amostras de água subterrânea no Algarve.....	14
Figura 5 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água subterrânea no Algarve.....	15
Figura 6 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água superficial no Algarve.....	15
Figura 7 – Pontos de recolha de amostras de águas na bacia de Melides, campanha de 9 a 11 de Maio de 2011.....	16
Figura 8 – Principais pressões existentes na bacia de Melides (adaptado de CCDR Alentejo, 2006)...	16
Figura 9 – Isopiezas na área de Melides.....	17
Figura 10 – Diagrama de Piper com a fácies hidroquímica das águas subterrâneas analisadas.....	18
Figura 11 – Resultados da concentração em nutrientes e boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	18
Figura 12 – Mapa da concentração em nitratos nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	19
Figura 13 – Mapa da concentração em potássio nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	19
Figura 14 – Mapa da concentração em boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	20
Figura 15 – Resultados da concentração em metais pesados nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	20
Figura 16 – Resultados da concentração em cloreto, sódio e magnésio e valores de condutividade eléctrica nas águas subterrâneas analisadas em Melides.....	21
Figura 17 – Mapa da condutividade eléctrica das águas subterrâneas analisadas em Melides.....	21
Figura 18 – Resultados da concentração em iões maiores e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides.....	22
Figura 19 – Resultados da concentração em potássio, nitratos, fosfatos e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides.....	23
Figura 20 – Resultados da concentração em metais nas águas superficiais analisadas em Melides....	23
Figura 21 – Conceptualização do processo de recarga no modelo de balanço hídrico sequencial diário.....	24
Figura 22 – Diagrama triangular para a classificação da textura do solo utilizando os limites da classificação portuguesa (adaptado de SROA, 1970, in Oliveira, 2004, 2006).....	25
Figura 23 – Situações consideradas durante o balanço hídrico para o caso do aumento da fracção ocupada por um determinado coberto vegetal ou da espessura do solo sujeita a evapotranspiração.....	28
Figura 24 – Termos representados no cálculo da infiltração profunda quando se utiliza o coeficiente cultural dual para o cálculo da evapotranspiração.....	31
Figura 25 – Precipitação média mensal de 1979 a 2009.....	34
Figura 26 – Recarga média anual na bacia hidrográfica de Melides.....	35
Figura 27 – Escoamento directo médio anual na bacia hidrográfica de Melides.....	36
Figura 28 – Divisão da área de estudo de Melides em sete sub-bacias.....	37
Figura 29 – Recarga média anual por sub-bacias.....	38
Figura 30 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias.....	38
Figura 31 – Precipitação média mensal para estação de Vale Barriga (corrigida).....	41
Figura 32 – Precipitação média mensal para estação de Alferce (corrigida).....	42
Figura 33 – Recarga média anual na zona de estudo no Algarve.....	43
Figura 34 – Escoamento directo médio anual na zona de estudo no Algarve.....	44
Figura 35 – Divisão em sub-bacias da bacia hidrográfica do Arade (excepto bacia hidrográfica da barragem do Arade).....	46
Figura 36 – Recarga média anual por sub-bacias.....	46

Figura 37 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias	47
Figura 38 – Mapa de aglomerados urbanos e a presença de ETAR e fossas sépticas na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)	53
Figura 39 – Mapa de estabelecimentos comerciais sem acesso à rede de águas residuais na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)	53
Figura 40 – Mapa de habitações com agropecuária na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006).....	54
Figura 41 – Imagem Google Earth da zona de Melides	55
Figura 42 – Equipa do PROWATERMAN em Melides	59
Figura 43 – Vista geral da barragem do Arade	61
Figura 44 – Fonte de Louseiros	61
Figura 45 – Contacto entre formações terciárias e xistos e ocupação vegetal na envolvente de Valinho da Estrada (esboço não à escala)	62
Figura 46 – Contacto entre xistos e formações terciárias na região de Valinho da Estrada	62
Figura 47 – Várzea a jusante da povoação de Melides e que se estende até à Lagoa de Melides	63
Figura 48 – Localização da nascente, ETAR, cemitério, furos e falha	63
Figura 49 – Aspecto da possível falha em Melides	64
Figura 50 – Localização dos poços.....	65
Figura 51 – Zona envolvente do poço P17	68
Figura 52 – Zona envolvente do poço P17A.....	68
Figura 53 – Zona envolvente ao poço P15	70
Figura 54 – Vista geral do poço P13.....	71
Figura 55 – Zona envolvente do poço P5	73
Figura 56 – Imagem do poço P4.....	74
Figura 57 – Localização dos pontos SUP2, SUP3 e SUP4.....	78
Figura 58 – Localização dos pontos SUP5 e SUP6.....	78

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 22 de Fevereiro de 2011.....	7
Quadro 2 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 7 de Abril de 2011.....	7
Quadro 3 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados em Melides	8
Quadro 4 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados em Melides	9
Quadro 5 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados no Algarve	10
Quadro 6 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados no Algarve	11
Quadro 7 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 22 de Fevereiro de 2011.....	11
Quadro 8 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo no dia 7 de Abril de 2011	11
Quadro 9 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água subterrânea)	12
Quadro 10 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água superficial)	12
Quadro 11 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água subterrânea)	13
Quadro 12 – Resultados de parâmetros analisados <i>in-situ</i> na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água superficial)	13
Quadro 13 – Relação entre I_s e P para os casos em que $P > P_{lim}$, em função da textura do solo e do teor de humidade inicial.....	26
Quadro 14 – Dados estatísticos da precipitação diária utilizada como entrada no modelo BALSEQ_MOD para caso de estudo em Melides	33
Quadro 15 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para a bacia hidrográfica de Melides.	37
Quadro 16 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para as sub-bacias da bacia hidrográfica de Melides	39
Quadro 17 – Análise estatística mensal para a precipitação na estação de Alferce (corrigida) e Vale Barriga (corrigida)	42
Quadro 18 – Análise estatística do balanço hídrico obtido para a bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade)	45
Quadro 19 – Análise estatística mensal para as sub-bacias identificadas na zona do Algarve onde efectuou amostragem de água superficial	47
Quadro 20 – Parâmetros do método WRASTIC com o respectivo valor e peso	51

ÁGUA, ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E ACTIVIDADE HUMANA – PROJECTO PROWATERMAN

Referência do projecto n.º PTDC/AAC-AMB/105061/2008

Terceiro relatório temático – Resultados quantitativos e qualitativos das campanhas de 2011 e balanços hídricos

1 Introdução

O projecto PROWATERMAN, em desenvolvimento no Sul de Portugal tem a participação das seguintes instituições: Laboratório Nacional de Engenharia CIVIL (LNEC), Universidade do Algarve (UAAlg), Universidade Atlântica (UATla) e Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FFC/FC/UL).

Sendo um projecto que visa a integração de várias matérias da gestão de recursos hídricos, apresenta os seguintes objectivos principais:

- ◆ Analisar e compreender as dimensões ambientais, socioeconómicas e institucionais da sustentabilidade da água para garantir a qualidade deste recurso e aumentar a eficiência e equidade do seu uso, através de uma abordagem integrada da gestão dos recursos hídricos.
- ◆ Definir estratégias locais inovadoras para a gestão sustentável da água.
- ◆ Formular um conjunto de orientações de boas práticas para a conservação da qualidade e quantidade da água.

Neste projecto, além das tarefas de coordenação, o LNEC desenvolve actividade no âmbito da Tarefa 3 – Disponibilidades hídricas e vulnerabilidade, realizando os seguintes estudos:

- ◆ Estimativa da recarga de aquíferos utilizando o modelo BALSEQ_MOD (balanço sequencial diário), fazendo a integração de informação cartográfica relativa a: precipitação, evapotranspiração potencial, uso do solo, solos.
- ◆ Mapeamento das disponibilidades hídricas e qualidade da água.
- ◆ Definição de potenciais origens de água alternativas para recarga artificial, incluindo a determinação das áreas mais apropriadas para a recarga artificial – índice GABA-IFI.
- ◆ Produção de mapas de vulnerabilidade e análise de risco.
- ◆ Mapeamento das disponibilidades hídricas considerando as alterações climáticas.
- ◆ Proposta de recomendações de gestão e protecção dos recursos hídricos com base nos resultados obtidos no âmbito desta tarefa.

Como analisado nos primeiros relatórios do projecto existem duas zonas em estudo no Sul de Portugal: bacia hidrográfica de Melides (cf. Figura 1) e a zona central Algarve, que inclui a bacia hidrográfica do Arade e o sistema aquífero Querença-Silves (cf. Figura 2).

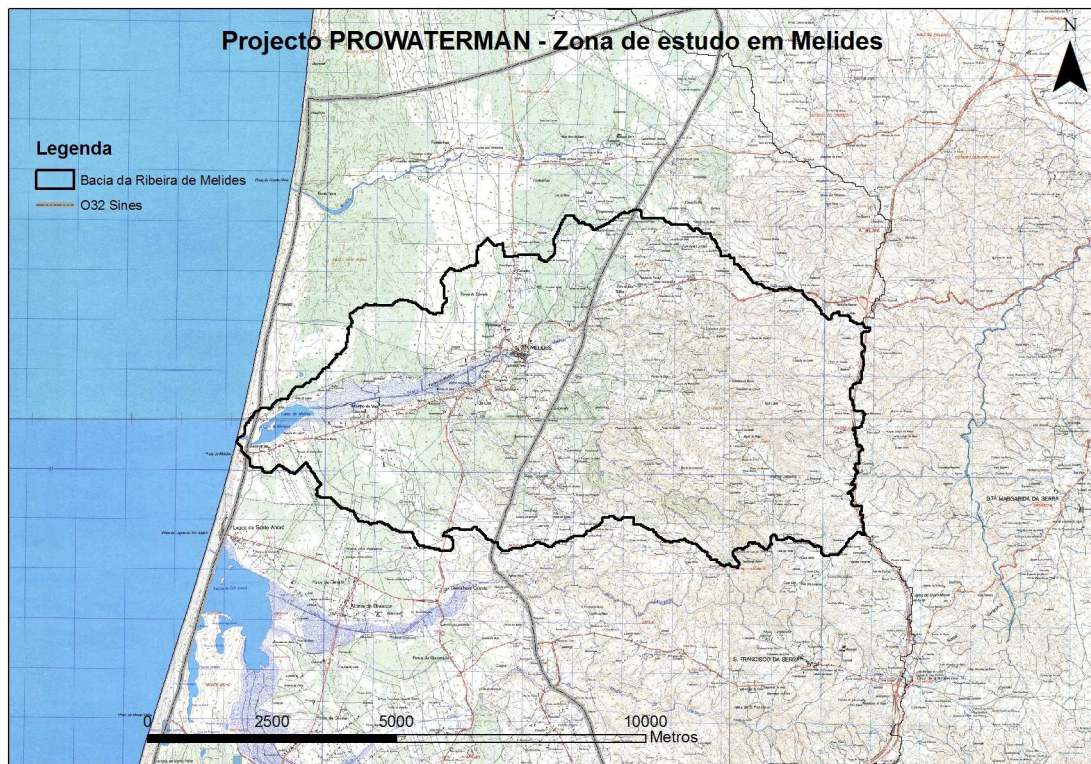


Figura 1 – Caso de estudo em Melides

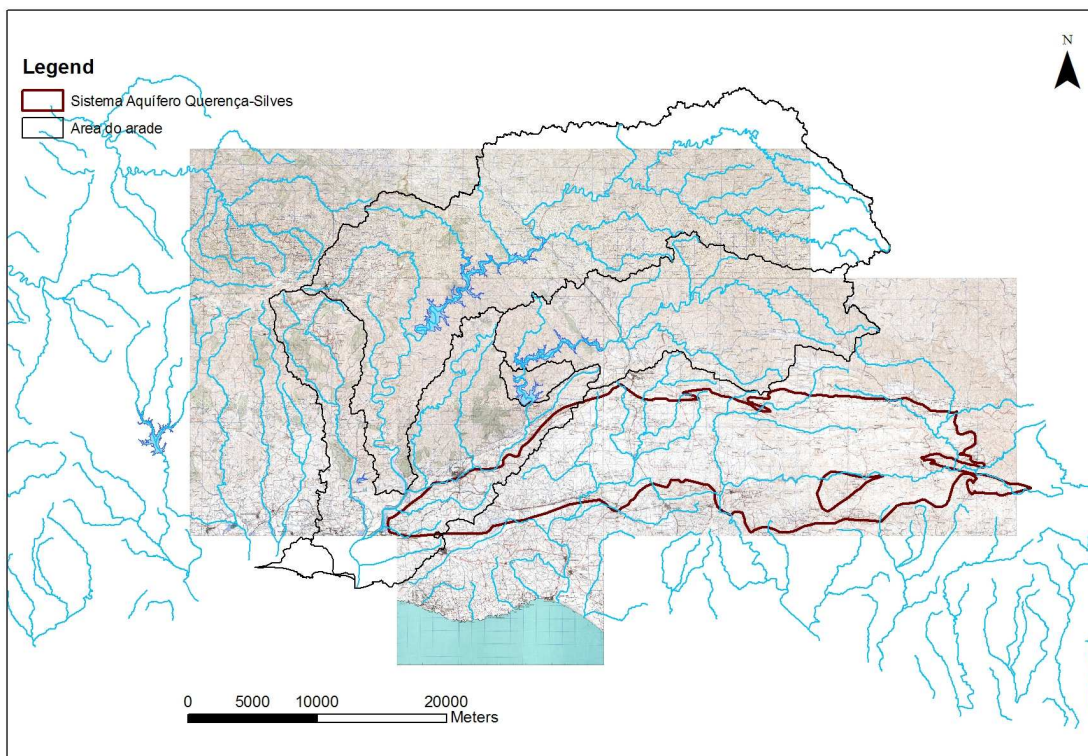


Figura 2 – Caso em estudo no Algarve.

Como identificado em Novo (2010), estas zonas em estudo apresentam características geológicas que afectam as características químicas da água e o seu balanço hídrico.

A bacia hidrográfica de Melides apresenta metade da sua área (aproximadamente) em meio arenoso e a outra metade em meio xistoso.

As bacias hidrográficas do Arade e de Odelouca são, na sua grande maioria, compostas por xistos e sienitos e uma pequena parte por outros materiais, como calcários. O sistema aquífero Querença-Silves é constituído quase na totalidade por calcários, sendo altamente carsificado.

O presente relatório relata as quatro saídas de campo realizadas no primeiro semestre de 2011, apresenta os resultados quantitativos e qualitativos obtidos nas campanhas – tal como uma análise preliminar aos valores obtidos – apresenta o balanço hídrico das duas zonas em estudo calculado através do modelo BALSEQ_MOD e integra, no último capítulo, uma análise à vulnerabilidade à poluição nas bacias hidrográficas em estudo, calculada pelo método WRASTIC.

2 Síntese das saídas de campo no primeiro semestre do ano de 2011

2.1 Introdução

O presente capítulo relata as saídas de campo realizadas pela equipa do LNEC no primeiro semestre de 2011 do projecto PROWATERMAN.

Neste ano realizaram-se quatro idas ao campo que tiveram diferentes objectivos, visando a primeira o primeiro reconhecimento efectivo do campo e as duas últimas campanhas de amostragens para uma análise qualitativa extensa.

Em termos de localização de campanhas, a primeira realizou-se nas duas zonas em estudo do projecto, a segunda e terceira campanha foi apenas na zona da bacia de Melides e a quarta campanha realizou-se apenas na zona do centro Algarvio (bacia do Arade e sistema aquífero Querença-Silves).

A primeira saída foi conjunta com todas as equipas de investigação do projecto, a segunda e última campanha apenas contaram com a presença de elementos do LNEC e a terceira campanha teve alguma interação em campo com elementos da FCUL e UAAtla.

Assim, de seguida, apresentam-se as sínteses dos relatórios de campo das saídas de a) 22 e 23 de Fevereiro de 2011, b) 7 de Abril de 2011, c) 9 a 11 de Maio de 2011 e d) 16 e 17 de Maio de 2011.

2.2 Saída de campo de 22 e 23 de Fevereiro de 2011

Os objectivos principais desta saída foram:

- a) Delimitar os casos de estudo,
- b) Identificar e caracterizar pontos e áreas de maior importância nos locais em estudo e
- c) Caracterizar as zonas que, no Algarve, seriam mais indicadas para o estudo de recarga artificial de sistemas aquíferos.

Tendo em conta os objectivos principais, verificou-se o desenvolvimento das seguintes áreas:

Na bacia da ribeira de Melides:

- Visualização e análise das principais características morfológicas da bacia;
- Análise das características geológicas da bacia;
- Análise do fluxo, quantidade e qualidade de recursos hídricos superficiais;
- Análise, através da visualização e do diálogo com habitantes locais, das principais pressões da bacia;

- Identificação de vários pontos de água subterrânea não-inventariados e registo dos seus principais parâmetros, tais como, localização em GPS, nível piezométrico e relação com água superficial;

- Recolha de amostras de solo;

- Identificação conjunta dos melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos restantes parceiros;

No Algarve:

- Visualização, análise e entendimento das características hidrogeológicas do sistema aquífero Querença-Silves;

- Visualização e análise das principais características geomorfológicas da bacia, inclusive uma visita à barragem do Arade;

- Análise da quantidade e qualidade de recursos hídricos superficiais. Esta análise desenvolveu-se mais ao nível da zona do estuário do Arade;

- Identificação de vários pontos de água subterrânea não-inventariados e registo dos seus principais parâmetros, tais como, localização em GPS, nível piezométrico e relação com água superficial;

- Recolha de amostras de solo;

- Visualização e análise da zona – Fonte de Louseiros – onde se pretende realizar estudos de recarga artificial;

- Identificação conjunta dos melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos restantes parceiros;

Em complemento, desenvolveram-se reuniões com os parceiros do projecto (Universidade Atlântica, Universidade do Algarve e Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) durante a missão. Estas reuniões permitiram garantir a coerência das actividades dos vários parceiros do estudo e programar os próximos passos do projecto.

No Anexo I encontra-se um relato dos dois dias da saída de campo.

2.3 Saída de campo de 7 de Abril de 2011 – Melides

Os objectivos principais desta saída de campo foram a identificação de estruturas que possibilitassem amostragens futuras e o estudo hidrogeológico da área de estudo de Melides

Assim, tendo em conta os seus objectivos, procedeu-se à identificação de 13 pontos de água subterrânea (poços) onde se efectuaram as seguintes medições:

- Profundidade ao nível de água e altura da boca do poço,
- Coordenadas do ponto de água com o GPS,
- Medição de parâmetros *in-situ* para avaliação qualitativa da água nos poços,
- Recolha de duas amostras de solos.

No Anexo II encontra-se um relato da saída de campo.

2.4 Saída de campo de 09 a 11 de Maio de 2011 – Melides

Esta saída de campo teve como objectivos principais a obtenção de dados qualitativos *in-situ* e a obtenção de amostras para a análise da sua qualidade química para auxiliar a compreensão da contribuição difusa e pontual de eventuais processos de poluição em 25 pontos de água na zona de estudo de Melides.

A divisão das amostras foi feita da seguinte forma: a) 10 pontos de água superficial e b) 15 pontos de água subterrânea.

Os pontos de água superficial não tinham sido previamente identificados, tendo sido, dessa forma, necessárias algumas reuniões com os elementos da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e da Universidade Atlântica (UATla) de forma a identificar os melhores pontos para recolha de amostras e monitorização.

Alguns pontos subterrâneos já tinham sido identificados anteriormente nas saídas referidas na secção 2.2 e 2.3, no entanto, alguns pontos identificados em gabinete pertencendo à base de dados INVENTAR, e a outras bases de dados, não tinham sido ainda identificados em campo e foi necessária a sua identificação nesta saída de campo.

As amostras obtidas tinham como finalidade a análise dos seguintes parâmetros: vários parâmetros químicos, dois parâmetros microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes) e um parâmetro físico – a temperatura.

No Anexo III encontra-se uma imagem com a localização dos pontos monitorizados.

No Anexo IV relatam-se os trabalhos desenvolvidos nos três dias de campo realizado pela equipa de campo do LNEC, composta pelo Eng. Luís Oliveira e a Dra. Maria José Henriques.

2.5 Saída de campo de 16 a 17 de Maio de 2011 – Algarve

Esta saída de campo teve como objectivos principais a obtenção de amostras de água para análise qualitativa, obtenção de dados qualitativos *in-situ* e a obtenção de alguns dados quantitativos

de 25 pontos de água na zona de estudo do Algarve que envolve a bacia hidrográfica do Arade (sub-bacia de Odelouca) e o sistema aquífero Querença-Silves.

A divisão das amostras foi feita da seguinte forma: a) 10 pontos de água superficial e b) 15 pontos de água subterrânea.

Ao contrário da saída de campo para a amostragem da zona de Melides, a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) já tinha identificado, previamente, vários pontos de monitorização de água superficial. Em concordância com a Dra. Ana Pires da FCUL procedeu-se à escolha de 10 pontos superficiais.

Também em oposição à saída para Melides os pontos de amostragem da água subterrânea ainda não tinham sido identificados e foi necessária alguma escolha em campo, assim como a realização de reuniões com investigadores mais conhecedores da região, nomeadamente a Dra. Edite Reis da ARH do Algarve.

As amostras obtidas tinham como finalidade a análise de vários parâmetros químicos, dois parâmetros microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes) e um parâmetro físico – temperatura.

No Anexo V encontra-se uma imagem com a localização dos pontos amostrados na zona em estudo.

No Anexo VI relatam-se os trabalhos desenvolvidos nos dois dias de campo pela equipa de campo do LNEC, composta pelo Doutor Eng. Civil J.P. Cárcamo Lobo Ferreira Lobo Ferreira – Investigador-Coordenador e Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas, Dra. Teresa Leitão – Investigadora Principal do Núcleo de Águas Subterrâneas e o Eng. Luís Oliveira.

3 Resultados obtidos nas campanhas do primeiro semestre do ano de 2011

3.1 Introdução

Este capítulo pretende apresentar, de forma factual, os resultados quantitativos e qualitativos obtidos no âmbito da tarefa 3 do projecto PROWATERMAN nas quatro saídas de campo realizadas no primeiro semestre do ano de 2011.

3.2 Resultados quantitativos e outros dados

Os Quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6 resumem os resultados quantitativos obtidos nas diferentes campanhas do projecto PROWATERMAN. Também nestes quadros apresentam-se algumas características dos pontos de amostragem como a localização GPS, o tipo de ponto amostrado (no caso da água subterrânea) e algumas observações.

Quadro 1 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 22 de Fevereiro de 2011

Poço	X (GPS)	Y (GPS)	Boca (m)	Prof. nível (m)
A	520989	422 1045	Não registado	Não registado
B (1)/ GPS 11	521091	422 1063	1,00	2,29
C/GPS 12	521105	422 1049	0,50	1,57
PX	Não registado		0,73	2,48

Quadro 2 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos monitorizados no dia 7 de Abril de 2011

Ponto	X (GPS)	Y (GPS)	Hora	Boca (m)	Prof. nível (m)	Prof. poço (m)
P19	529606	4221305	12:16	0,52	1,33	Não registado
P17	524788	4223552	13:35	0,82	2,67	7,80
P17A	524911	4223930	13:53	0,81	1,31	5,20
P16	524924	4224790	14:05	0,70	2,26	Não registado
P15	523855	4223781	15:15	0,77	1,60	3,80
P13	522562	4222607	16:24	0,55	9,19	11,25
P14	523956	4222535	17:30	0,90	SECO	7,80
P9	523476	4221413	17:45	0,67	2,98	5,50
P10	522858	4221757	18:05	0,72	4,37	9,80
P5	522224	4221536	18:28	1,20	1,22	4,55
P4	521027	4221286	18:50	0,90	Não registado	~7 m
P21	519632	4220746	19:15	0,90	2,23	2,80

Quadro 3 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados em Melides

Designação LNEC	ID	Tipo	Observações de campo	Data	Hora	Prof. nível (m)	Profundidade poço (m)
PX	111100171	Poço	Poço numa zona baixa em terreno baldio, nas encostas existem pinheiros e carvalhos; Água turva com sedimentos, presença de folhas decompostas e de abundantes algas verdes e rãs	09-05-11	13:30	2,62	7,59
P17	111100172	Poço	Poço num pinhal cujo terreno foi lavrado recentemente; Água turva com sedimentos e presença de rãs	09-05-11	13:56	3,10	7,8
Fonte de Olhos	111100173	Nascente	Fonte localizada em zona urbanizada; Água com aspecto limpo	09-05-11	15:45	-	-
P17A	111100174	Poço	Poço junto a um pinheiro e várias laranjeiras; Água turva com sedimentos, folhas de árvores e folhas decompostas	09-05-11	16:10	1,41	5,20
P15	111100175	Poço	Poço num laranjal; Água turva com sedimentos, presença de folhas decompostas, abundantes algas e rãs	09-05-11	17:20	1,50	3,80
P22	111100176	Poço	Poço junto aos campos de arrozais; Água esverdeada com sedimentos, presença de folhas de árvores decompostas e de abundantes algas e rãs	09-05-11	19:20	1,10	2,78
P13	111100177	Poço	Poço junto a uns cactos, numa zona florestada, coberta de silvas; Água esverdeada com sedimentos e folhas de árvores decompostas	09-05-11	20:15	9,25	10,00
P9	111100182	Poço	Água turva com cheiro a estagnada, presença de algas verdes, folhas decompostas, rãs e sedimento arenoso	10-05-11	11:00	2,78	5,50
P18	111100185	Poço	Poço num terreno baldio, junto a uma ribeira; Água esverdeada com abundantes algas e rãs e folhas decompostas, presença de sedimento arenoso	10-05-11	12:30	2,00	6,00
P10	111100186	Poço	Água lig/ turva com sedimento arenoso	10-05-11	14:40	4,52	9,80
P5	111100187	Poço	Poço num terreno baldio, com vegetação; Água turva com abundantes algas, rãs, presença de sedimento arenoso	10-05-11	15:15	1,25	4,55
P4	111100188	Poço	Poço no quintal de duas famílias para rega da horta, jardins e uma vinha contígua ao terreno; Água com aspecto limpo	10-05-11	16:00	-	~7
P21	111100189	Poço	Poço junto a um laranjal; água turva com sedimentos, algas e rãs e folhas decompostas	10-05-11	17:05	2,73	3,80
P3	111100191	Furo	Furo junto a 3 casas, para rega de hortas e vinhas; Água lig/ turva com sedimento arenoso	10-05-11	19:02	-	55,00
P23	111100192	Poço	Poço junto a um laranjal; Água turva esverdeada com abundantes algas, rãs, sedimento arenoso e folhas decompostas	10-05-11	19:35	0,64	3,90

Quadro 4 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados em Melides

Designação LNEC	ID	Observações de campo	Data	Hora	Local de amostragem
SUP1	111100178	Colheita da amostra onde existe uma pequena cascata, no Monte da Várzea; água com aspecto limpo, linha de água coberta por silvas e vegetação herbácea; nas encostas existem eucaliptos, pinheiros, e carvalhos	10-05-11	9:20	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente e a meio da coluna de água
SUP2	111100179	Água com aspecto limpo, linha de água com fundo de pedras cobertas por algas, presença de rãs e girinos; margens com silvas, fetos e vegetação; nas encostas existem pinheiros, carvalhos e azinheiras	10-05-11	10:00	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente, um pouco a montante da confluência de duas ribeiras
SUP3	111100180	Água com aspecto limpo, linha de água com fundo de pedras cobertas por algas, presença de rãs e girinos; margens com silvas, fetos e vegetação; nas encostas existem pinheiros, carvalhos e azinheiras	10-05-11	10:00	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente, um pouco a montante da confluência de duas ribeiras
SUP4	111100181	Água com aspecto limpo, linha de água com fundo de pedras cobertas por algas, presença de rãs e girinos; margens com silvas, fetos e vegetação; nas encostas existem pinheiros, carvalhos e azinheiras	10-05-11	10:00	A meio do leito da ribeira numa zona com corrente, num ponto a jusante da confluência das duas ribeiras onde se recolheram as Sup2 e Sup3
SUP5	111100183	Água com aspecto limpo; Colheita da amostra no meio da linha de água numa zona com corrente e fundo de pedras	10-05-11	11:30	A meio do leito da ribeira onde existe corrente
SUP6	111100184	Água com aspecto limpo com sedimentos; Fundo com pedras cobertas com algas verdes, presença de rãs e girinos, margens da linha de água cobertas por silvas, fetos e vegetação	10-05-11		A meio do leito da linha de água, numa zona onde existe corrente
SUP7	111100190	Água turva amarelada com sedimento arenoso; Colheita da amostra a jusante da lagoa de Melides, no meio da coluna de água, numa zona com corrente	10-05-11	10:00	A meio da coluna de água numa zona com corrente
SUP8	111100193	Água lig/ turva com sedimentos; Linha de água com folhas de árvores e vegetação e fundo com pedras cobertas por algas, margens com canaviais, silvas e vegetação	10-05-11	20:00	A meio do leito da linha de água, numa zona com corrente
SUP9	111100194	Água turva, cheiro a esgoto e amónia, presença de detergentes (escorrega ao tacto); Colheita da amostra a jusante da ETAR no meio da linha de água numa zona com corrente; Linha de água com folhas de árvores e vegetação e fundo com pedras e sedimentos cobertos com algas	10-05-11	20:30	A meio do leito da linha de água, numa zona com corrente
SUP10	111100195	Água turva com sedimentos; Colheita da amostra junto aos arrozais, numa zona com corrente; Linha de água com folhas de árvores margens cobertas por canaviais	11-05-11	9:30	A meio do leito da linha de água, numa zona com corrente

Quadro 5 – Resultados quantitativos e outros dados dos pontos de água subterrânea amostrados no Algarve

Designação LNEC	ID	Tipo	Observações de campo	Data	Hora	Prof. nível (m)	Profundidade poço/furo (m)
Alg1	111100197	Nascente	Os habitantes locais utilizam aquela água para consumo	16-05-2011	12:55	--	--
Alg2	111100198	Poço	--	16-05-2011	13:00	--	--
Alg3	111100202	Poço	Poço abandonado com uma figueira no interior	16-05-2011	15:22	3,24	6,08
Alg4	111100208	Poço	Água com algas à superfície e alguns batráquios	16-05-2011	18:55	3,00	6,78
Alg5	111100210	Furo	--	17-05-2011	12:17	--	--
Alg6	111100211	Furo	--	17-05-2011	12:25	--	--
Alg8	111100212	Poço	Nora abandonada; Presença de sólidos suspensos.	17-05-2011	13:05	31,50	--
Alg7	111100213	Furo	--	17-05-2011	13:22	--	~80
Alg9	111100214	Nascente	Nascentes de Estômbar	17-05-2011	15:42	--	--
Alg10	111100215	Furo	Furo no meio do laranjal	17-05-2011	16:36	--	~110
Alg11	111100216	Furo	--	17-05-2011	17:00	--	~80
Alg12	111100217	Furo	--	17-05-2011	17:20	--	~80
Alg13	111100218	Furo	--	17-05-2011	17:35	--	~100
Alg14	111100219	Furo	--	17-05-2011	18:00	--	~80
Alg15	111100220	Furo	--	17-05-2011	18:30	80,00	~140

Quadro 6 – Dados e observações dos pontos de água superficial amostrados no Algarve

Designação LNEC	ID	Observações de campo	Data	Hora
Ode01	111100196	Zona com cultura arvense; Presença de algas no fundo do rio e muitas rãs	16-05-11	12:48
Ode04	111100199	Início da ribeira de Odelouca; Presença de algumas algas no fundo	16-05-11	13:25
Ode06	111100200	--	16-05-11	14:03
Ode13	111100201	Zona envolvente com vegetação rasteira; Presença de algas no fundo	16-05-11	15:21
Ode15	111100203	--	16-05-11	16:29
Ode9	111100204	Fundo da ribeira com presença de material argiloso	16-05-11	17:20
Ode12	111100205	--	16-05-11	17:32
Ode10	111100206	Água turva	16-05-11	18:00
Ode16	111100207	--	16-05-11	18:35
Ode17	111100209	Água com um ligeiro cheiro a esgoto	16-05-11	19:14

3.3 Resultados qualitativos

3.3.1 Resultados de parâmetros analisados *in-situ*

Os seguintes quadros resumem os resultados qualitativos obtidos *in-situ* nas diferentes campanhas do projecto PROWATERMAN.

Quadro 7 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 22 de Fevereiro de 2011

Poço	Condutividade eléctrica (C.E.) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
B (1)/ GPS 11	514	13,8
C/GPS 12	274	13,7

Quadro 8 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo no dia 7 de Abril de 2011

Ponto	Eh (mV)	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
P19	195	401,3	7,02	17,1
P17	181,6	Não registado	5,63	17,3
P17A	188,9	183,2	6,56	21,1
P16	189,9	116,1	6,53	20,1
P15	165,8	Não registado	6,37	18,7
P13	174,2	208,4	7,02	16,4
P14	Não registado	Não registado	Não registado	Não registado

Ponto	Eh (mV)	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
P9	189,1	272,3	5,93	16,4
P10	191,2	180,2	6,96	17,0
P5	206,6	328,7	6,46	16,8
P4	203,1	280,7	6,47	17,6
P21	197,2	434,7	6,53	16,0

Quadro 9 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água subterrânea)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Oxigênio dissolvido (% saturação)
PX	395,0	7,50	21,1	41
P17	122,9	5,78	21,2	40
Fonte de Olhos	412,0	7,54	21,2	57
P17A	187,6	6,26	20,2	48
P15	167,2	4,40	22,0	28
P22	173,8	7,05	21,0	82
P13	230,3	7,04	17,1	37
P9	309,0	6,27	19,2	62
P18	229,6	7,39	22,2	70
P10	175,3	7,19	19,50	73
P5	175,1	6,32	18,7	51
P4	299,0	6,27	18,1	68
P21	355,0	6,70	18,7	29
P3	327,6	5,22	19,0	68
P23	121,0	6,33	18,1	68

Quadro 10 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 9 a 11 de Maio (água superficial)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Oxigênio dissolvido (% saturação)
SUP1	298,0	7,52	15,8	62
SUP2	465,1	7,84	16,2	74
SUP3	348,7	7,87	16,6	76
SUP4	386,0	7,80	17,0	75
SUP5	314,1	7,41	17,5	80
SUP6	399,8	7,97	20,2	86
SUP7	9632,0	8,54	26,8	85
SUP8	414,0	7,60	19,1	71
SUP9	511,0	7,57	19,5	62

Quadro 11 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água subterrânea)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Alg1	187,7	17,9	6,26	5,70
Alg2	183,9	17,2	6,09	5,43
Alg3	411,7	17,2	6,50	2,17
Alg4	257,0	17,7	7,00	5,90
Alg5	725,0	20,2	7,18	8,30
Alg6	724,0	20,1	7,24	7,30
Alg8	765,0	18,5	7,24	6,30
Alg7	692,0	19,7	7,10	8,60
Alg9	3880,0	20,0	7,60	6,00
Alg10	775,0	20,4	7,39	7,24
Alg11	802,0	20,3	7,17	7,35
Alg12	825,0	20,9	7,15	7,02
Alg13	1122,0	20,1	6,93	6,02
Alg14	798,0	19,0	7,50	6,22
Alg15	642,0	20,20	7,07	7,06

Quadro 12 – Resultados de parâmetros analisados *in-situ* na saída de campo de 16 e 17 de Maio (água superficial)

Ponto	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Ode01	198,1	21,2	7,95	6,73
Ode04	239,2	21,8	7,60	6,94
Ode06	221,9	22,3	7,64	7,30
Ode13	424,7	22,3	7,45	6,58
Ode15	556,0	23,1	7,56	5,12
Ode9	329,0	23,6	7,74	6,82
Ode12	160,7	19,8	7,49	7,13
Ode10	190,0	21,0	7,50	5,08
Ode16	245,0	22,7	8,57	8,00
Ode17	217,9	23,4	7,69	7,10

3.3.2 Resultados de parâmetros analisados em laboratório

Os quadros em anexo – do Anexo VII ao Anexo XII – apresentam os resultados qualitativos analisados em laboratório nas duas campanhas de amostragem que se realizaram em Maio de 2011. No Anexo VII estão os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água superficial em

Melides e os Anexos VIII e IX apresentam os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água subterrânea. No Anexo X estão os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água superficial no caso em estudo no Algarve e os Anexos XI e XII apresentam os resultados obtidos para os pontos de amostragem de água subterrânea.

As figuras seguintes apresentam, em forma de mapa, os resultados da concentração de alguns dos parâmetros analisados no caso de estudo no Algarve.

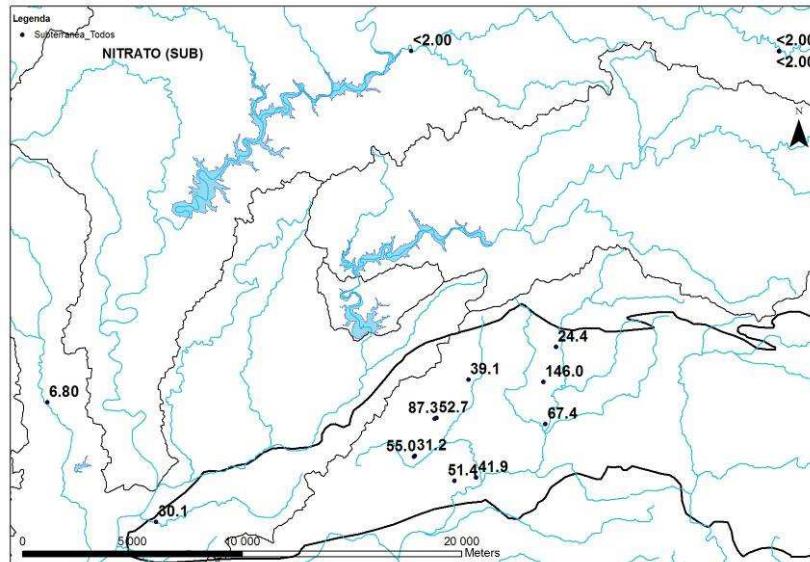


Figura 3 – Mapa da concentração em nitratos nas amostras de água subterrânea no Algarve

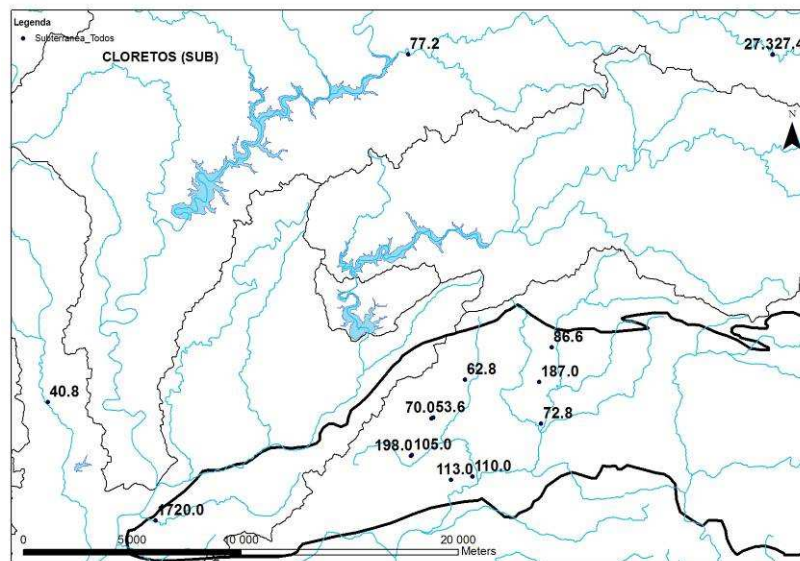


Figura 4 – Mapa da concentração em cloretos nas amostras de água subterrânea no Algarve

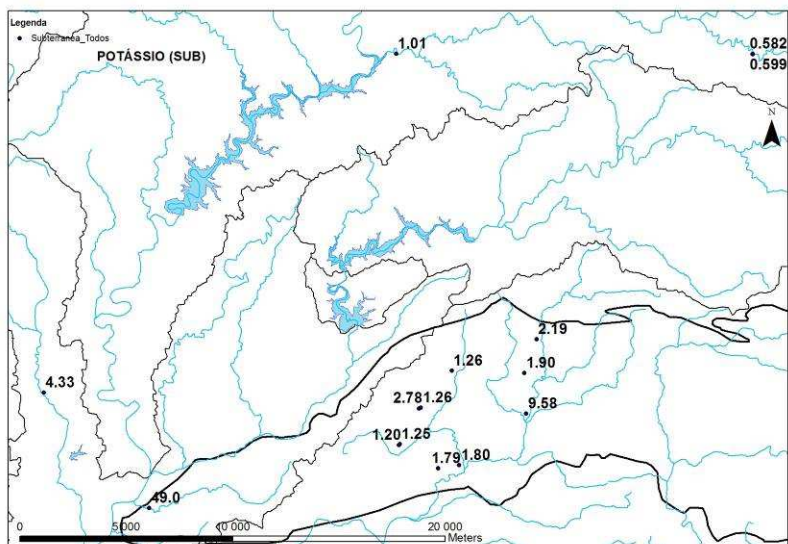


Figura 5 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água subterrânea no Algarve

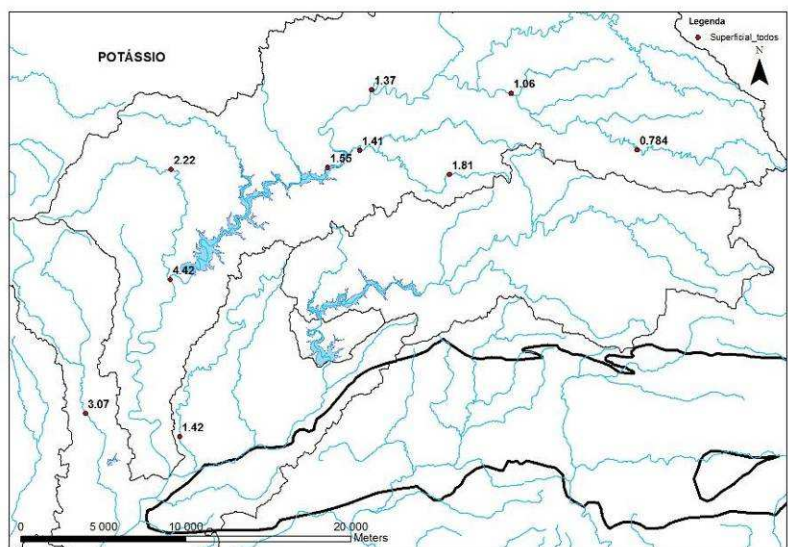


Figura 6 – Mapa da concentração em potássio nas amostras de água superficial no Algarve

3.3.3 Síntese dos resultados da campanha de Melides para as águas subterrâneas

Como referido anteriormente, a campanha de recolha de amostras de águas subterrâneas e superficiais efectuada pelo LNEC, nos dias 9 a 11 de Maio de 2011 (Figura 7, figura maior em anexo), teve por objectivo a análise da sua qualidade química para auxiliar a compreensão da contribuição difusa e pontual de eventuais processos de poluição. Esta análise físico-química será complementada com a análise biológica (análise de macroinvertebrados) e as pressões responsáveis pelo estado serão confirmadas pelo levantamento socioeconómico. Os resultados obtidos permitiram detectar a presença de diversos nutrientes e metais pesados, e distinguir águas com diferente fácies hidroquímica (Figura 10), contribuindo para evidenciar algumas das potenciais contribuições da bacia hidrográfica para a lagoa.



Figura 7 – Pontos de recolha de amostras de águas na bacia de Melides, campanha de 9 a 11 de Maio de 2011

Em termos de fácies hidroquímica verificou-se que as águas de Fonte de Olhos e do poço nos xistos (PX) apresentam fácies bicarbonatada sódica e cálcica, sendo ambas provenientes de formações geológicas distintas: calcários e xistos, respectivamente. Fácies idêntica apresenta, também, a água do ponto P13 (o único furo amostrado mais profundo, eventualmente a captar no aquífero calcário) e a do ponto P10, esta última provavelmente com interferências da água de superfície. Os restantes pontos apresentam fácies cloretada a sulfatada sódica e cálcica, pertencendo todos à mesma formação geológica.

A influência das actividades potencialmente poluentes na bacia é sumariamente representada na Figura 8, de acordo com o levantamento efectuado em CCDR Alentejo (2006). Este levantamento será detalhado pela UAIta para alguns aspectos directamente relacionados com o estado.

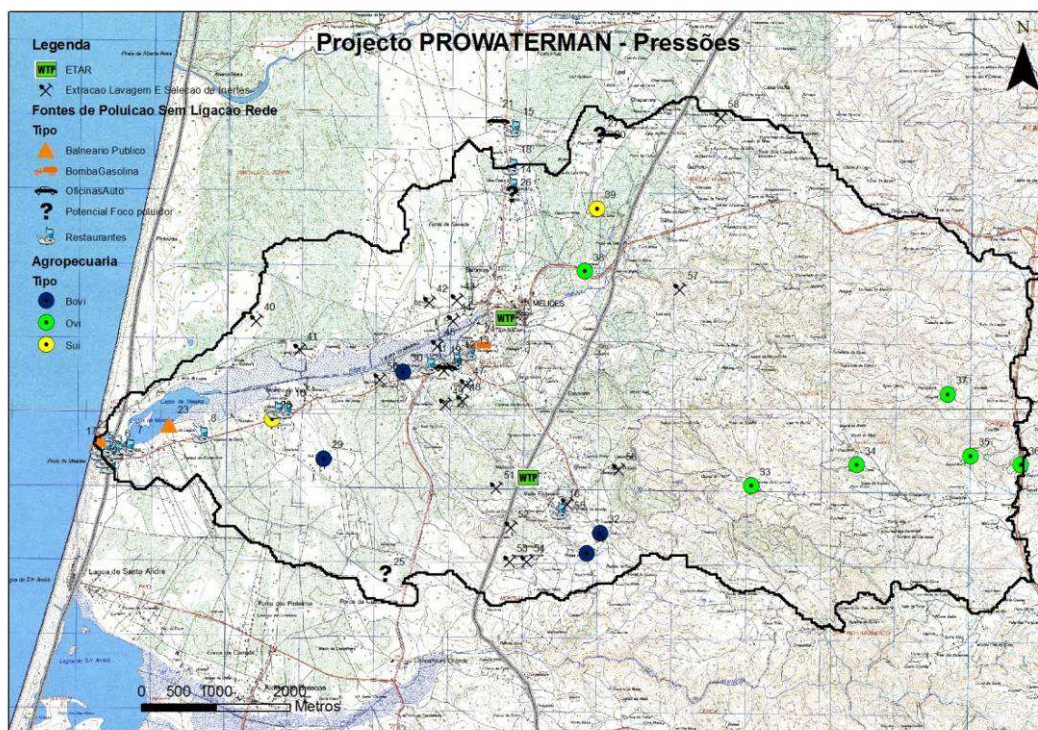
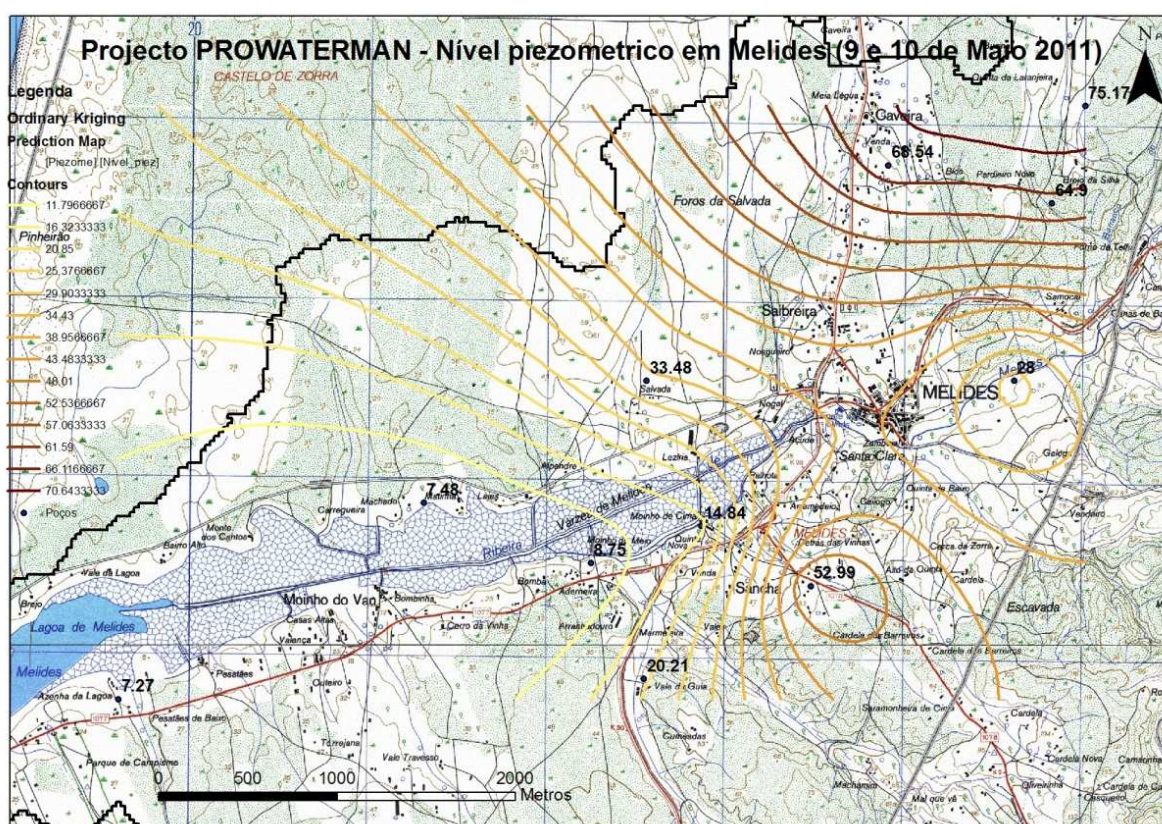


Figura 8 – Principais pressões existentes na bacia de Melides (adaptado de CCDR Alentejo, 2006)

Relativamente à influência das actividades potencialmente poluentes na bacia (Figura 8) e atendendo ao sentido de escoamento global nas formações hidrogeológicas amostradas (cf. Figura 9), os resultados permitem concluir o seguinte:

- A contribuição negativa das actividades da bacia hidrográfica para a qualidade das águas da lagoa de Melides é mais significativa na margem esquerda.
- A concentração em nutrientes (sob a forma de nitratos, nitritos e potássio) potencialmente oriundos da actividade agrícola é mais elevada nos pontos P9, P10, P5, P4 e P21 (Figura 11, Figura 12 e Figura 13) e deverá resultar da ocupação agrícola do solo existente a montante.
- A presença de boro, potencialmente proveniente de fossas sépticas ou do espalhamento de estrumes no solo, é evidenciada nos pontos P18, P10, P5, P4 e P21 (Figura 11 e Figura 14).
- Os pontos P3 e P9 apresentam forte concentração em nutrientes azotados (Figura 11), estando a ser analisada (levantamento a efectuar pela UAtla) em maior pormenor as características de quantidade e de qualidade de descargas associadas, bem como datas de início e formas de rejeição.



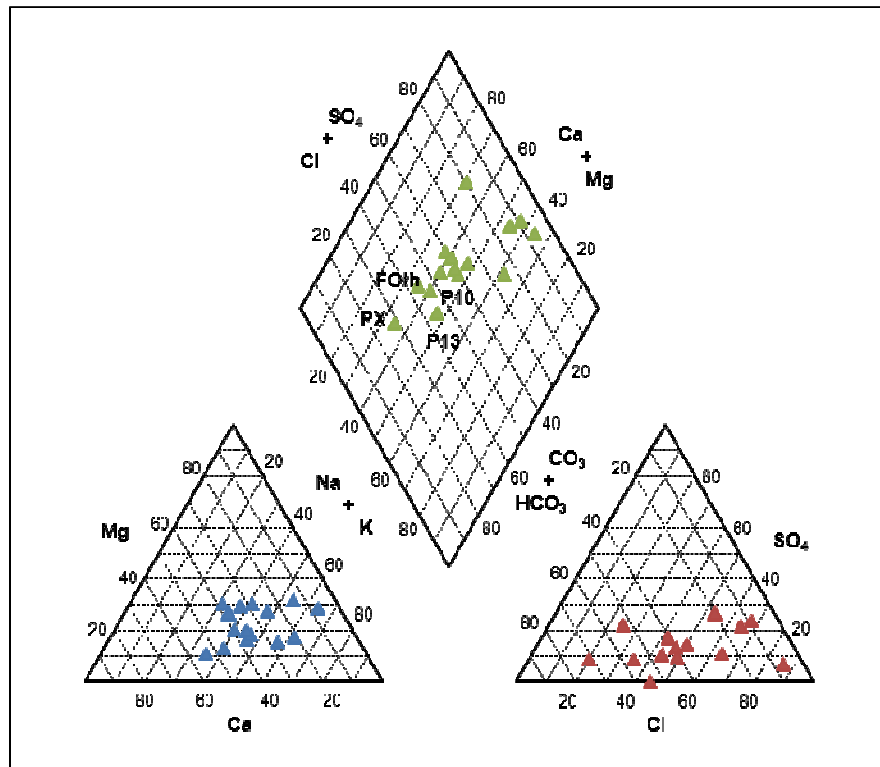


Figura 10 – Diagrama de Piper com a fácies hidroquímica das águas subterrâneas analisadas

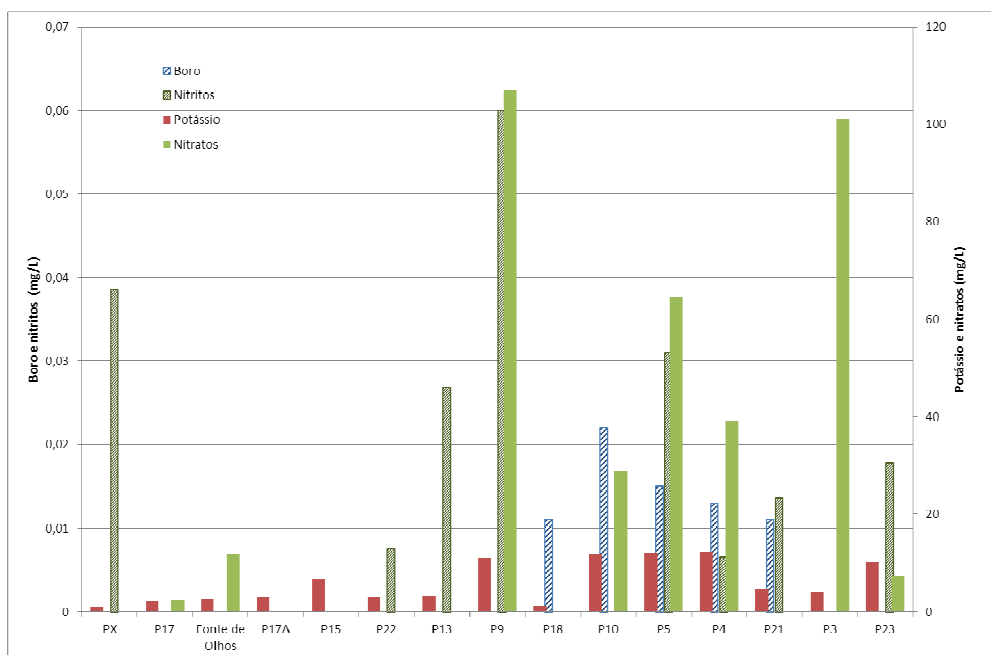


Figura 11 – Resultados da concentração em nutrientes e boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides

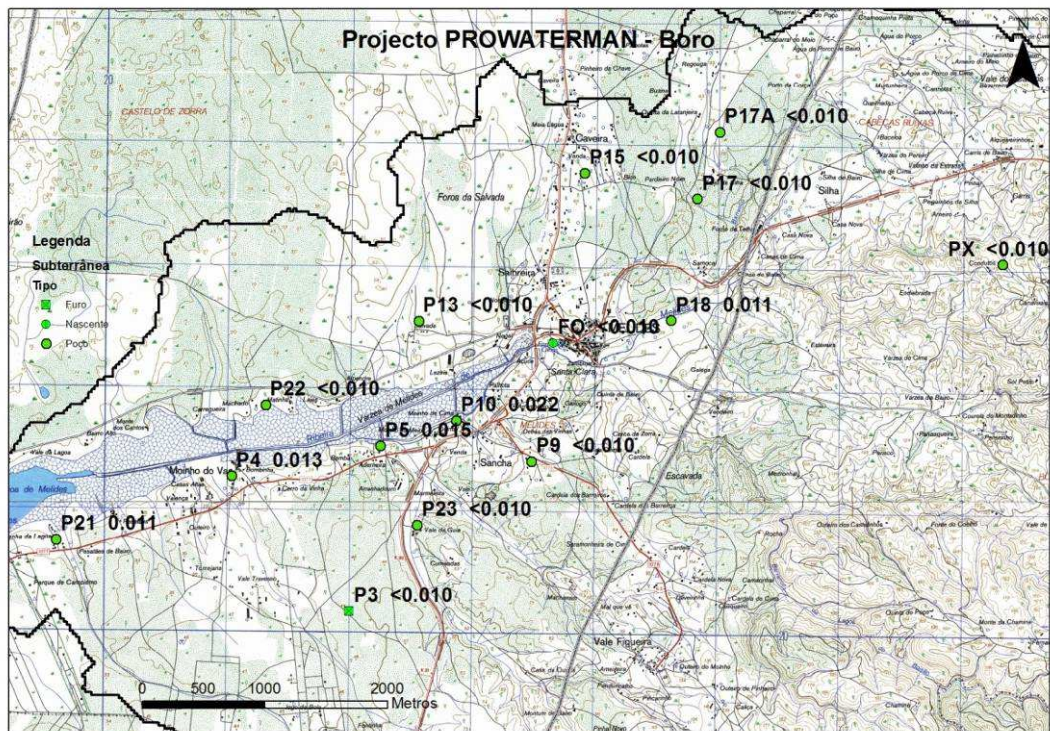


Figura 14 – Mapa da concentração em boro nas águas subterrâneas analisadas em Melides

- Os pontos P15 e P17A apresentam efeitos de contaminação por metais pesados, nomeadamente As, Co, Ca, Mb e Vn (Figura 15). Uma origem possível para estes metais no ponto P17A é uma sucata e oficina de automóvel localizada a montante. Quer estas, quer as actividades a montante do ponto P15 serão levantadas e confirmadas pela UATla em maior pormenor (características de quantidade e de qualidade de descargas associadas, bem como datas de início e formas de rejeição). O ponto P15 apresenta um pH ácido, 4,4, o que favorece a solubilização dos metais presentes em detrimento da sua precipitação.

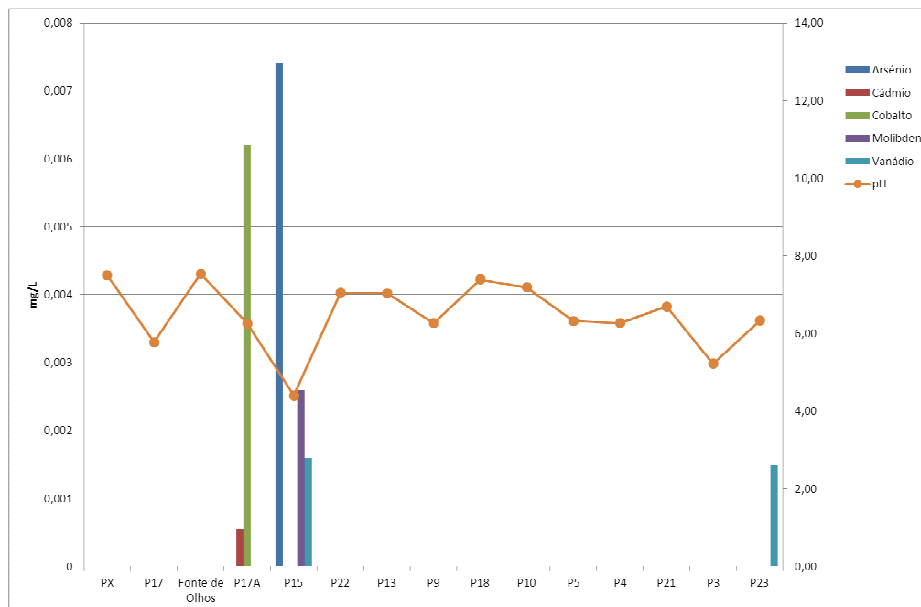


Figura 15 – Resultados da concentração em metais pesados nas águas subterrâneas analisadas em Melides

- As águas subterrâneas descarregam para a lagoa, pelo menos no período das análises. Disso é prova os valores razoavelmente constantes em cloretos e em sódio, embora crescentes em direcção à lagoa (P10, P5, P4 e P21), para atingir o valor mais elevado no ponto P21, mais próximo da lagoa, mas mesmo assim com valores baixos de Cl e CE (Figura 16 e Figura 17).

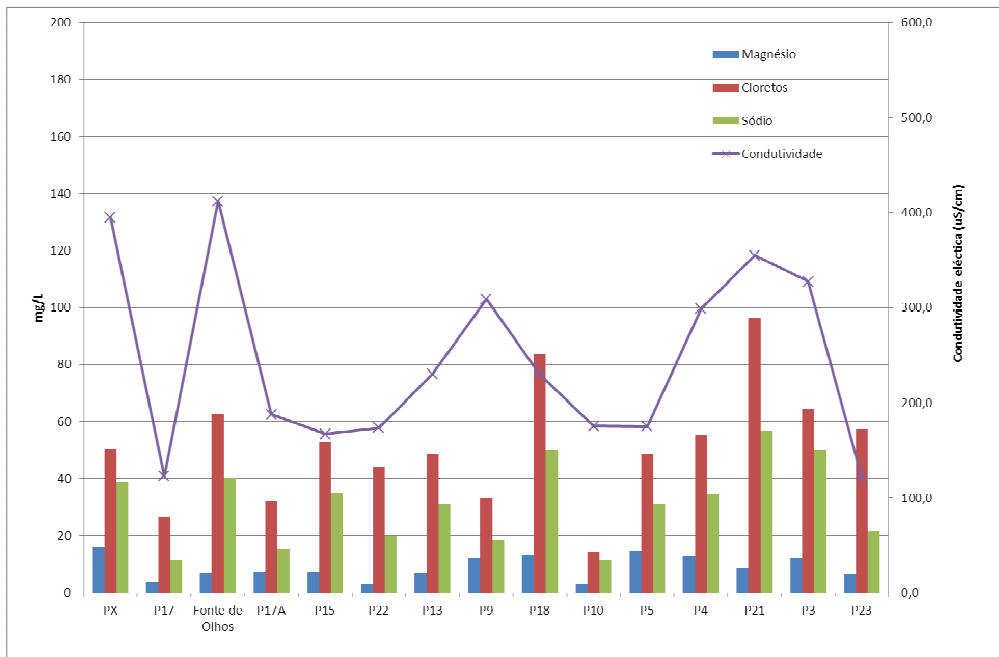


Figura 16 – Resultados da concentração em cloreto, sódio e magnésio e valores de condutividade eléctrica nas águas subterrâneas analisadas em Melides

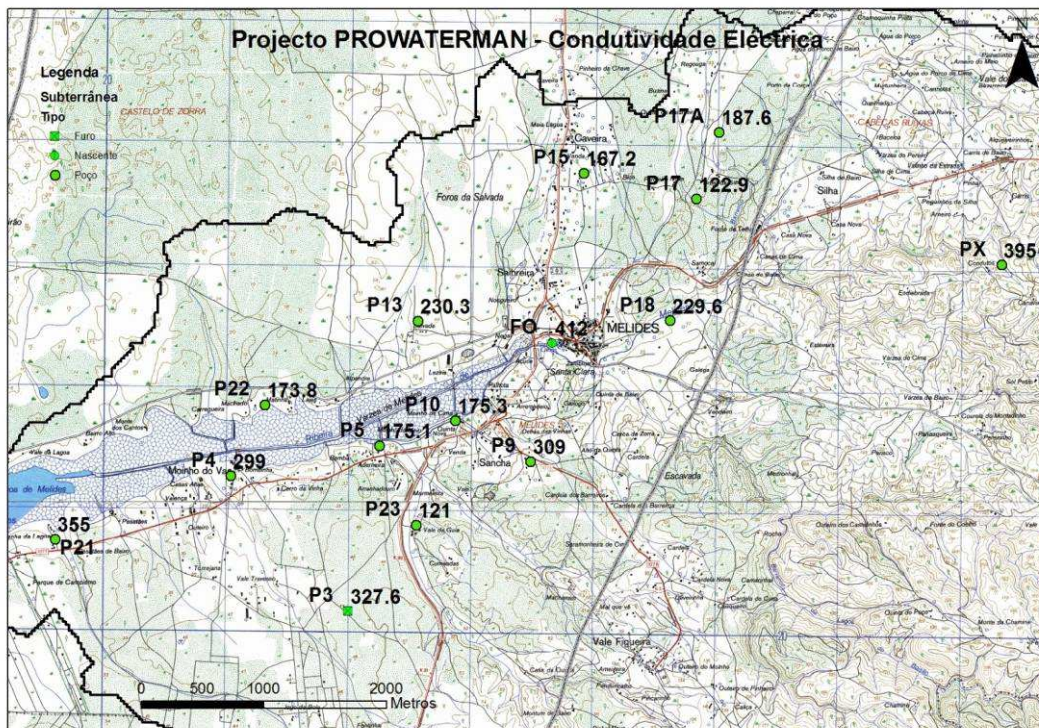


Figura 17 – Mapa da condutividade eléctrica das águas subterrâneas analisadas em Melides

3.3.4 Síntese dos resultados da campanha de Melides para as águas superficiais

Os resultados das análises físico-químicas das águas superficiais amostradas (Figura 7) permitem verificar que a maioria das águas apresenta características semelhantes, com excepção da água do ponto Sup7, com características salobras devido à proximidade com o estuário (Figura 18).

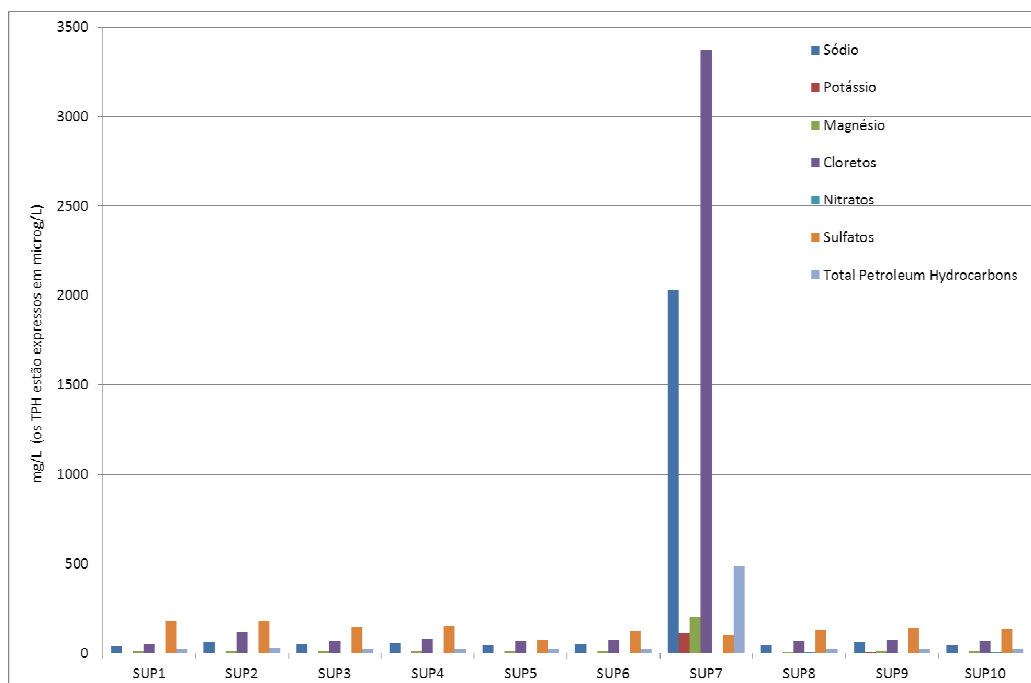


Figura 18 – Resultados da concentração em íons maiores e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides

Relativamente à influência das actividades potencialmente poluentes na qualidade das águas de superfície, os resultados permitem as seguintes reflexões:

- Denota-se a presença de concentrações em hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) em todos os pontos, em especial no ponto Sup7, já na lagoa (Figura 18). As suas causas nos pontos mais interiores da bacia podem ter origem na maquinaria utilizada nos arrozais. Esta análise deve ser avaliada e eventualmente confirmada pela UAtla.
- Verifica-se que os dois únicos pontos onde surgem concentrações em nitratos acima do limite de detecção são o Sup8 e Sup10 (Figura 19). Os fosfatos, embora presentes nos pontos Sup8, 9 e 10, apresentam valores mais elevados nos pontos Sup 8 e 10. Este facto e a ausência de nitratos no ponto a jusante da ETAR (Sup9) levam a crer que estes elementos têm a sua principal origem na actividade agro-pecuária, surgindo nas águas de superfície a partir das águas subterrâneas (Figura 12).
- Para interpretar o incremento em potássio (Figura 19) e outros elementos menores (Figura 20) no ponto Sup9, nomeadamente em alumínio e manganês, deverão ser confirmados pela UAtla os volumes e as concentrações da rejeição da ETAR de Melides, de forma a despistar a sua eventual influência na qualidade da água.

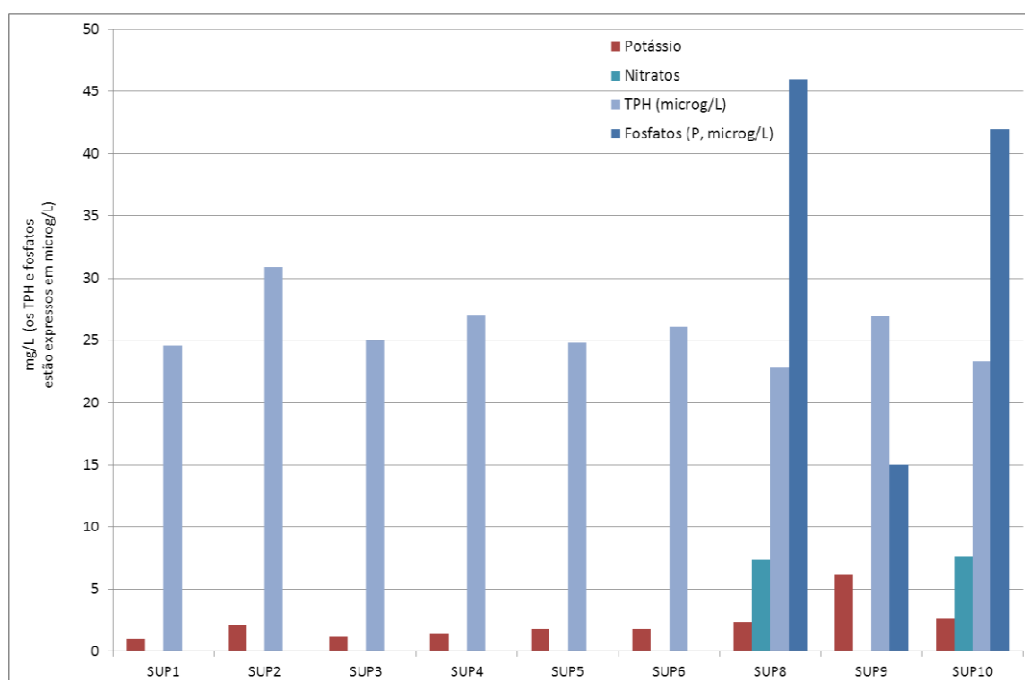


Figura 19 – Resultados da concentração em potássio, nitratos, fosfatos e TPH nas águas superficiais analisadas em Melides

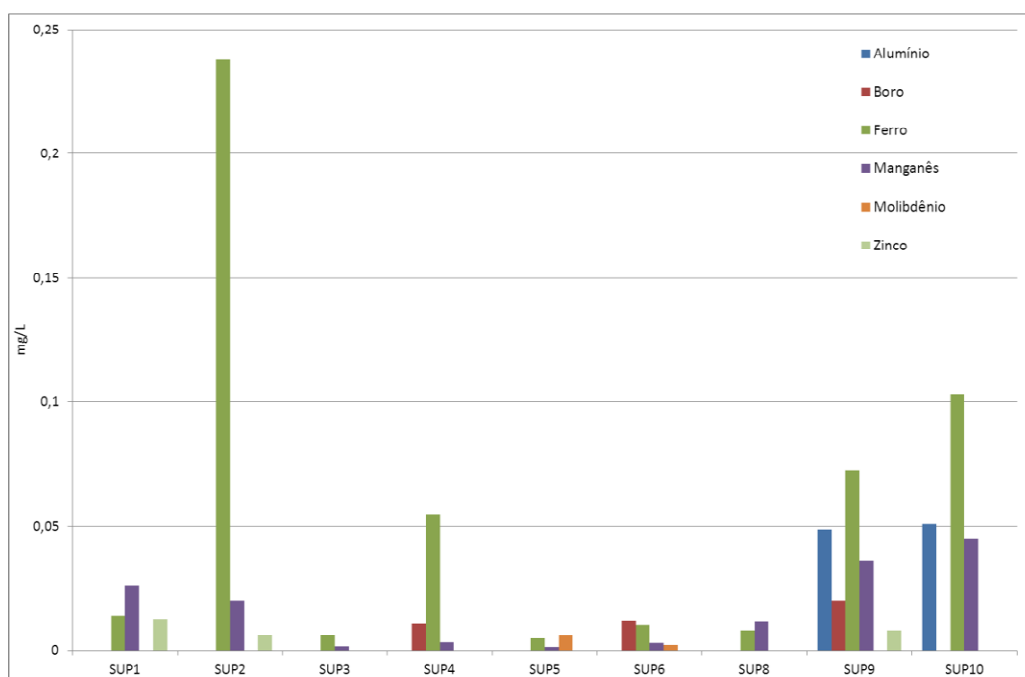


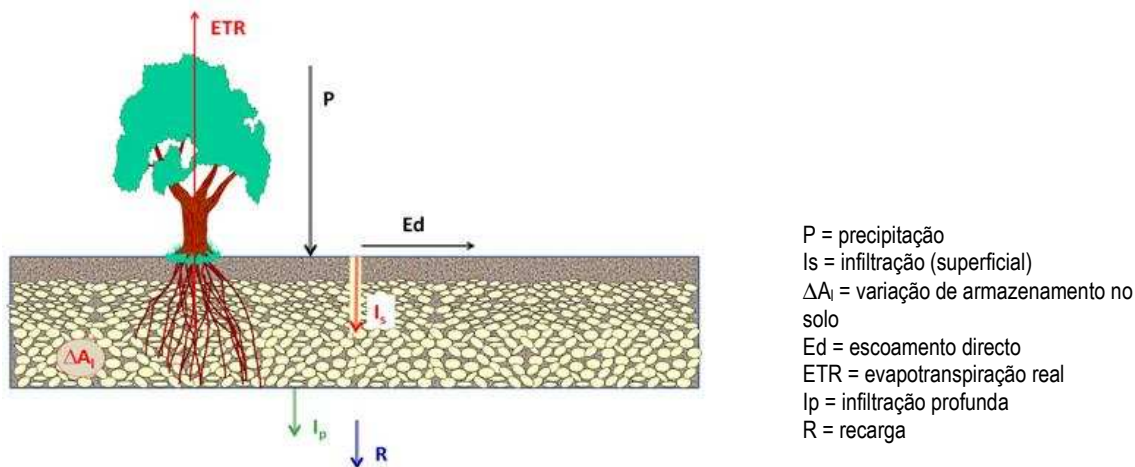
Figura 20 – Resultados da concentração em metais nas águas superficiais analisadas em Melides

4 Balanço hídrico dos casos em estudo

4.1 Metodologia

4.1.1 Introdução

A recarga de águas subterrâneas foi calculada utilizando procedimentos que modelam de uma forma sequencial diária (Figura 21) a precipitação, a infiltração no solo, o aumento do armazenamento no solo devido a essa infiltração, o escoamento directo que se produz por a capacidade de infiltração do solo ser inferior à precipitação, a evapotranspiração da água do solo e a água que se infiltra abaixo da base do solo (infiltração profunda) quando o teor de humidade do solo é superior ao valor da sua capacidade de campo e a água drena por acção da gravidade. A água de infiltração profunda é utilizada como um estimador da recarga da zona saturada mais próxima da superfície.



(Fonte: Oliveira, 2011)

Figura 21 – Conceptualização do processo de recarga no modelo de balanço hídrico sequencial diário

Estes procedimentos foram implementados, no LNEC, em modelos de balanço hídrico sequencial diário. Dois destes modelos são o BALSEQ, desenvolvido por Lobo Ferreira (1981, 1982), e uma actualização deste modelo, o BALSEQ_MOD, desenvolvido por Oliveira (2004, 2006).

Para a determinação da recarga da área em estudo utilizou-se o modelo numérico BALSEQ_MOD (BALanço SEQUencial – MODElos).

Considerando um volume de controlo vertical cujo limite horizontal superior e inferior é o da área em estudo e a espessura é a espessura do solo sujeita a evapotranspiração, o modelo BALSEQ_MOD assume as seguintes características:

- A única entrada de água no volume de controlo é a água de precipitação;
- O nível freático está sempre abaixo do solo pelo que não há descarga de águas subterrâneas para o meio superficial nem há evapotranspiração a partir da zona saturada;
- O escoamento no solo é vertical, pelo que não há saída lateral do volume de controlo por este meio;
- Não há formas de armazenamento de água superficial pelo que também não há evaporação de água superficial ou ambas são desprezáveis;
- Não há extracções de água superficial.

Nas circunstâncias apontadas a infiltração profunda, I_p , que se considera equivalente à recarga de águas subterrâneas, vem dada pela equação:

$$I_p = P - E_{ps} - ETR - \Delta A_1 \quad (1)$$

Com o valor de infiltração superficial calculado pela metodologia apresentada, o escoamento directo será dado pela diferença entre a precipitação e a infiltração superficial:

$$E_{ps} = P - I_s \quad (4)$$

Quadro 13 – Relação entre I_s e P para os casos em que $P > P_{lim}$, em função da textura do solo e do teor de humidade inicial.

Textura	P_{lim} (cm/d) [$=b/(1-a)$]	b em $I_s = aP+b$	a em $I_s = aP+b$	θ	P_{lim} (cm/d) [$=b/(1-a)$]	b em $I_s = aP + I_s = aP + b$	Textura
Arenoso franco $wp = 5.5\%$ $cc = 12.5\%$ $n = 43.7\%$	5,72	0,924	0,838	$\theta = wp$	1,54	1,000	Franco argilo-arenoso $wp = 14.8\%$ $cc = 25.5\%$ $n = 39.8\%$
	5,64	0,967	0,828	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,46	0,977	
	5,55	1,005	0,819	$\theta = cc$	1,36	0,938	
	4,75	0,918	0,807	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,17	0,835	
	4,40	0,987	0,776	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	1,00	0,734	
	4,03	0,999	0,752	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,85	0,630	
	3,34	1,064	0,682	$\theta = n$	0,50	0,376	0,250
Argilo-arenoso $wp = 23.9\%$ $cc = 33.9\%$ $n = 43.0\%$	1,08	0,803	0,255	$\theta = wp$	2,17	1,460	Franco argilo-limoso $wp = 20.8\%$ $cc = 36.6\%$ $n = 47.1\%$
	1,01	0,770	0,235	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,59	1,018	
	0,92	0,729	0,208	$\theta = cc$	1,37	0,942	
	0,81	0,677	0,169	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,12	0,809	
	0,74	0,637	0,139	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	0,94	0,713	
	0,67	0,598	0,109	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,78	0,629	
	0,52	0,489	0,059	$\theta = n$	0,54	0,491	0,093
Argilo-limoso $wp = 25.0\%$ $cc = 38.7\%$ $n = 47.9\%$	1,64	1,028	0,375	$\theta = wp$	1,63	1,022	Franco argiloso $wp = 19.7\%$ $cc = 31.8\%$ $n = 46.4\%$
	1,50	0,995	0,336	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,54	1,004	
	1,28	0,907	0,292	$\theta = cc$	1,41	0,959	
	1,09	0,832	0,236	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,16	0,835	
	0,95	0,775	0,182	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	0,96	0,706	
	0,81	0,708	0,126	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,74	0,556	
	0,47	0,459	0,029	$\theta = n$	0,44	0,357	0,191
Argiloso $wp = 27.2\%$ $cc = 39.6\%$ $n = 47.5\%$	1,44	0,973	0,323	$\theta = wp$	3,85	1,007	Franco limoso $wp = 13.3\%$ $cc = 33.0\%$ $n = 50.1\%$
	1,31	0,928	0,289	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	3,67	1,191	
	1,15	0,883	0,231	$\theta = cc$	2,90	0,998	
	1,00	0,834	0,166	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	2,67	1,254	
	0,87	0,772	0,115	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	2,45	1,377	
	0,73	0,682	0,070	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	1,73	0,985	
	0,38	0,373	0,007	$\theta = n$	1,24	0,867	0,301
Franco $wp = 11.7\%$ $cc = 27.0\%$ $n = 46.3\%$	2,65	1,362	0,487	$\theta = wp$	2,17	1,461	Limoso $wp = 7.2\%$ $cc = 29.7\%$ $n = 44.3\%$
	2,54	1,420	0,442	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$	1,59	1,017	
	2,40	1,465	0,390	$\theta = cc$	1,36	0,939	
	1,67	1,010	0,394	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$	1,11	0,810	
	1,48	0,978	0,340	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$	0,94	0,721	
	1,27	0,894	0,298	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$	0,79	0,644	
	0,76	0,568	0,255	$\theta = n$	0,53	0,491	0,081
Franco Arenoso $wp = 9.5\%$ $cc = 20.7\%$ $n = 45.3\%$	3,79	0,999	0,737	$\theta = wp$	para o solo arenoso $I_s = P$ (pelo que $a = 1, b = 0$)		Arenoso $wp = 3.3\%$ $cc = 9.1\%$ $N = 43.7\%$
	3,72	1,077	0,710	$\theta = 0,5.wp+0,5.cc$			
	3,63	1,158	0,681	$\theta = cc$			
	3,32	1,312	0,604	$\theta = 0,5.cc+0,5.n$			
	2,67	1,068	0,600	$\theta = 0,25.cc+0,75.n$			
	2,49	1,155	0,537	$\theta = 0,1.cc+0,9.n$			
	2,14	1,268	0,407	$\theta = n$			

cc = retenção específica; n = porosidade; wp = ponto de emurchecimento permanente. (adaptado de Oliveira, 2004, 2006)

4.1.3 Modelação da evapotranspiração

A evapotranspiração real é estimada com base na formulação apresentada em Allen *et al.* (1998):

$$ETR = (K_a \cdot K_{cb} + K_e) \cdot ET_o \quad (5)$$

Onde ET_o é a evapotranspiração de referência de uma cultura hipotética sob determinadas condições climáticas, K_{cb} é o coeficiente cultural basal, K_e é o coeficiente de evaporação de água do solo e K_a é o coeficiente de stress hídrico.

Os termos K_{cb} e K_e integram as diferenças físicas e fisiológicas entre a cultura em questão e a cultura de referência, pelo que os seus valores variam ao longo do tempo (dependendo do estado vegetativo). A utilização de dois coeficientes diferentes, K_{cb} e K_e , constitui a aproximação do coeficiente cultural dual.

O termo K_a depende da água disponível no solo coberto. O termo K_e depende da água disponível no solo descoberto.

O coeficiente K_a é determinado em função da quantidade máxima de água utilizável para evapotranspiração, dada por $rp(\text{dia}) \cdot (cc - wp)$, representando $rp(\text{dia})$ a profundidade das raízes das plantas no dia do balanço, do limite de depleção da água do solo a 100 % (p) e da quantidade de água no solo [$AI_{ETR}(\text{dia})$]:

$$K_a = 1 \text{ se } AI_{ETR}(\text{dia}) \geq rp(\text{dia}) \cdot [(1 - p) \cdot (cc - wp)]$$

$$K_a = AI_{ETR}(\text{dia}) \cdot [rp(\text{dia}) \cdot (1 - p) \cdot (cc - wp)]^{-1} \text{ caso contrário} \quad (6)$$

Ou seja, K_a é constante para quantidades de água no solo entre o teor de humidade correspondente à retenção específica (cc) e o teor de humidade dado por $\{cc - p \cdot (cc - wp)\}$; e K_a decresce linearmente entre um e zero para teores de humidade entre $\{cc - p \cdot (cc - wp)\}$ e (wp).

A determinação do coeficiente K_e depende, para além da quantidade de água no solo, do poder evaporante da atmosfera, e dos coeficientes culturais basais podendo para a sua determinação serem consultadas as referências bibliográficas referidas anteriormente.

Os procedimentos para caracterizar os parâmetros da equação (5) são apresentados originalmente em Allen *et al.* (1998), e podem também ser consultados em Oliveira (2004, 2006).

O modelo numérico BALSEQ_MOD é aplicado a uma área de estudo (por exemplo um sistema aquífero) dividindo a sua área de afloramento num conjunto de subáreas que se caracterizam por ter propriedades de solos, ocupação do solo, precipitação e evapotranspiração de referência semelhantes. O modelo é corrido separadamente para cada uma dessas subáreas pelo que os valores obtidos para uma sub-área são independentes dos valores obtidos para outra subárea. Dentro de cada subárea a metodologia implementada no modelo numérico BALSEQ_MOD contempla a possibilidade de existência de até dois cobertos vegetais e de uma superfície descoberta. Dentro de cada subárea, a fracção do espaço ocupada por cada coberto vegetal ou terreno descoberto pode variar no tempo, ao longo de um ano hidrológico, em função do período de desenvolvimento vegetativo. Isto faz com que cada subárea possa ser dividida horizontalmente em até três partes. Para cada porção é realizado um balanço hídrico sequencial diário, em que o balanço hídrico numa parte depende do balanço hídrico das outras duas partes. Por esse motivo, o balanço hídrico sequencial tem que ser feito simultaneamente. Com a co-existência de dois cobertos vegetais e do terreno descoberto, a equação (5) toma a forma:

$$ETR = (K_{a1} \cdot K_{cb1} + K_{a2} \cdot K_{cb2} + K_e) \cdot ET_o \quad (7)$$

onde os índices 1 e 2 se referem a cada um dos cobertos vegetais.

Para calcular a quantidade de água disponível no solo, da qual dependem os coeficientes K_a e K_e , o modelo BALSEQ_MOD realiza o balanço hídrico sequencial diário. A quantidade de água disponível no solo (AI) que pode ser mobilizada quer por acção da gravidade quer por acção das plantas para evapotranspiração refere-se à quantidade de água no solo acima da quantidade de água armazenada no solo quando o seu teor de humidade corresponde ao ponto de emurchecimento permanente (wp).

No balanço hídrico sequencial diário a quantidade de água que existe no solo disponível para evapotranspiração [$A_{I\ ETR}(\text{dia}, \text{coberto } i)$], expressa em altura de água na área ocupada pelo coberto i (que representa o coberto vegetal 1 ou 2 ou o terreno descoberto), é dada por:

$$A_{I\ ETR}(\text{dia}, \text{coberto } i) = A_{I\ \text{início}}(\text{dia}, \text{coberto } i) + I_s(\text{dia}, \text{coberto } i) + A_{I\ \text{ganho}}(\text{dia}, \text{coberto } i) \quad (8)$$

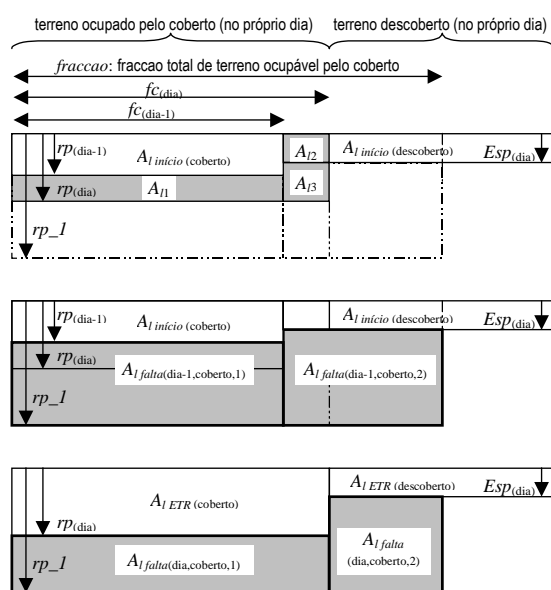
Sendo $A_{I\ \text{início}}$ a quantidade de água que existe no solo no final do dia anterior, I_s a infiltração superficial calculada para o próprio dia [equação (2)], representando $A_{I\ \text{ganho}}$, no caso do coberto vegetal, o aumento de um dia para o outro da quantidade de água devido ao aumento da área coberta pelas plantas ou ao aumento da profundidade das raízes das plantas.

Para o caso do terreno descoberto o termo $A_{I\ \text{ganho}}$ é nulo, excepto para o dia em que um coberto vegetal passa a estar inactivo. Nesse dia, a quantidade de água do terreno descoberto é incrementada da quantidade de água que existia na zona do coberto, vindo $A_{I\ \text{ganho}}$ do terreno descoberto dado por:

$$A_{I\ \text{ganho}}(\text{dia}, \text{terreno descob.}) = [A_{I\ \text{início}}(\text{dia}, \text{coberto}) / rp_1(\text{coberto}) \cdot Esp(\text{dia})] \cdot fc(\text{dia-1}, \text{coberto}) / fc(\text{dia}, \text{terreno descob.}) \quad (9)$$

Onde Esp representa a espessura do terreno descoberto sujeita a evaporação, rp_1 representa a profundidade das raízes das plantas do coberto no dia anterior (equivalente à profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas do coberto), fc a fracção de área ocupada, dia o próprio dia, e dia-1 o dia anterior.

Para cada coberto vegetal, são os seguintes os termos relativos ao aumento da quantidade de água no solo, expressos em altura de água na zona ocupada pelo coberto vegetal (Figura 23):



in Oliveira (2004, 2006)

Figura 23 – Situações consideradas durante o balanço hídrico para o caso do aumento da fracção ocupada por um determinado coberto vegetal ou da espessura do solo sujeita a evapotranspiração.

a) termo relativo ao aumento da espessura do solo (A_{I1}), considerando o teor de humidade que existe no solo na zona do crescimento das raízes das plantas:

$$A_{I1} = [rp(\text{dia}, \text{coberto}) - rp(\text{dia-1})] * (cc - wp - \theta_{\text{falta}1}) * fc(\text{dia-1}, \text{coberto}) / fc(\text{dia}, \text{coberto}) \quad (10)$$

Onde $\theta_{\text{falta}1}$ é dado por:

$$\theta_{falta1} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 1)} / [rp_1(coberto) - rp(dia-1, coberto)] \quad (11)$$

$A_{I\ falta(dia-1, coberto, 1)}$ representa a quantidade de água do *solo* em falta para que, na área do *solo* entre a profundidade das raízes das plantas no dia anterior [$rp(dia-1)$] e a profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas (rp_1), o teor de humidade do *solo* atinja a retenção específica (cc).

Devido ao aumento da profundidade das raízes das plantas, o termo $A_{I\ falta(dia, coberto, 1a)}$ é actualizado para a nova profundidade que ainda falta preencher pelas raízes das plantas [entre rp_1 e $rp(dia)$]:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1a)} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 1)} / [rp_1(coberto) - rp(dia-1, coberto)] \cdot [rp_1(coberto) - rp(dia, coberto)] \cdot fc(dia-1, coberto) / fc(dia, coberto) \quad (12)$$

b) termo relativo ao aumento de área na zona de terreno descoberto (A_{I2}), considerando o teor de humidade existente nesta zona:

$$A_{I2} = [fc(dia, coberto) - fc(dia-1, coberto)] * A_{I\ inicio(dia, terreno descoberto)} / fc(dia, coberto) \quad (13)$$

c) termo relativo ao aumento de área abaixo da profundidade sujeita a evaporação no terreno descoberto (A_{I3} , aplicável se $rp(dia) >$ espessura da zona evaporante [$Esp(dia)$]), considerando o teor de humidade que existe no *solo* na zona do aumento da profundidade das raízes das plantas:

$$A_{I3} = [rp(dia, coberto) - Esp(dia)] \cdot (cc - wp - \theta_{falta2}) \cdot [fc(dia, coberto) - fc(dia-1, coberto)] / fc(dia, coberto) \quad (14)$$

Onde θ_{falta2} é dado por:

$$\theta_{falta2} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 2)} / [rp_1(coberto) - Esp(dia-1)] \quad (15)$$

$A_{I\ falta}$ representa a quantidade de água do *solo* em falta para que, na área do *solo* entre a espessura do terreno descoberto no dia anterior [$Esp(dia-1)$] e a profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas (rp_1), o teor de humidade do *solo* atinja a retenção específica.

É necessário ter em atenção que na área que anteriormente se encontrava por baixo do terreno descoberto e que agora passou a estar também ocupada pelo coberto vegetal, há uma variação da quantidade de água em falta. Uma vez que esta área passou a fazer parte da fracção ocupada pelo coberto vegetal, tem-se que:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1b)} = A_{I\ falta(dia-1, coberto, 2)} / [rp_1(coberto) - Esp(dia-1)] \cdot [rp_1(coberto) - rp(dia, coberto)] \cdot [fc(dia, coberto) - fc(dia-1, coberto)] / fc(dia, coberto) \quad (16)$$

O ganho de água resultante do aumento da espessura e da área do coberto vegetal, expresso em altura de água na zona ocupada pelo coberto vegetal, é de:

$$A_{I\ ganho(dia, coberto)} = A_{I1} + A_{I2} + A_{I3} \quad (17)$$

e a quantidade de água em falta para que o teor de humidade entre a profundidade das raízes das plantas e a sua profundidade máxima preencha a retenção específica é dada por:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1)} = A_{I\ falta(dia, coberto, 1a)} + A_{I\ falta(dia, coberto, 1b)} \quad (18)$$

No caso do coberto vegetal considerado deixar de existir ou entrar num período de dormência, a quantidade de água no *solo* relativa a esse coberto considera-se nula:

$$A_{I\ ETR(dia, coberto)} = 0 \quad (19)$$

e os termos relativos a $A_{I\ falta}$ passam a:

$$A_{I\ falta(dia, coberto, 1)} = 0 \quad (20)$$

porque deixa de haver coberto, e por isso, não se define quantidade de água em falta abaixo do coberto. Na área abaixo do terreno que agora ficou descoberto, e que será ocupável pelas raízes das plantas no ciclo vegetativo seguinte, ficará:

$$A_{I\ falta}(dia, coberto, 2) = [rp_1(coberto) - Esp(dia-1)] * [cc - (wp + A_{I\ inicio}(dia, coberto) / rp(dia-1, coberto))] \quad (21)$$

ou seja, falta a quantidade de água necessária para que o teor de humidade corresponda à retenção específica do solo no último dia em que a cultura existiu nesse ciclo vegetativo ($A_{I\ inicio}$ corresponde à quantidade de água no solo no final do dia anterior).

4.1.4 Modelação da variação do armazenamento de água no solo e da infiltração profunda

A variação do armazenamento de água no solo (ΔA_I) e a infiltração profunda (Ip) são também determinadas pelo balanço hídrico sequencial:

$$\Delta A_I(dia, coberto i) + Ip(dia, coberto i) = Is(dia, coberto i) + A_{I\ ganho}(dia, coberto i) - ETR(dia, coberto i) \quad (22)$$

Sendo que $\Delta A_I(dia, coberto i) = A_{I\ fim}(dia, coberto i) - A_{I\ inicio}(dia, coberto i)$ e que no balanço hídrico sequencial já se conhecem $A_{I\ inicio}(dia, coberto i)$, $Is(dia, coberto i)$, $A_{I\ ganho}(dia, coberto i)$ e $ETR(dia, coberto i)$ é necessário calcular e decompor $A_{I\ fim}(dia, coberto i) + Ip(dia, coberto i)$ da equação seguinte:

$$A_{I\ fim}(dia, coberto i) + Ip(dia, coberto i) = A_{I\ inicio}(dia, coberto i) + Is(dia, coberto i) + A_{I\ ganho}(dia, coberto i) - ETR(dia, coberto i) \quad (23)$$

Para a aplicação à área de estudo utilizou-se o procedimento referido em Samper *et al.* (1999), onde a infiltração profunda é dada pelo excesso de água que existe no solo em relação a $AG_{cc}(dia, coberto i) = rp(dia, coberto i).cc$ e é limitada superiormente pela quantidade máxima de água que o solo pode transmitir no intervalo de tempo considerado ($K_s \cdot \Delta t$), sendo K_s a condutividade hidráulica saturada:

$$Ip(dia, coberto i) = \min\{\max[A_{I\ inicio}(dia, coberto i) + Is(dia, coberto i) + A_{I\ ganho}(dia, coberto i) - ETR(dia, coberto i) - AG_{cc}(dia, coberto i); 0]; (K_s \cdot \Delta t)\} \quad (24)$$

Substituindo $Ip(dia, coberto i)$ na equação (23) obtém-se $A_{I\ fim}(dia, coberto i)$. Mas pela aplicação desta equação pode acontecer que a quantidade de água no solo exceda a quantidade máxima de água que o solo pode conter ($AG_I(dia, coberto i) = rp(dia, coberto i) \cdot n$ sendo n a porosidade). Nesse caso assume-se que se $A_{I\ fim}(dia, coberto i)$ dado pela aplicação da equação (23) excede $AG_I(dia, coberto i)$, a diferença será acrescentada ao escoamento directo ou ao armazenamento superficial (que no BALSEQ_MOD se considera nulo: $\Delta A_p = 0$), ou seja:

$$E_{ps}(dia, coberto i) = E_{ps\ equação\ (4)}(dia, coberto i) + (A_{I\ fim}(dia, coberto i) - AG_I(dia, coberto i)) \quad (25)$$

A quantidade de água armazenada no solo passa a ser:

$$A_{I\ fim}(dia, coberto i) = AG_I(dia, coberto i) \quad (26)$$

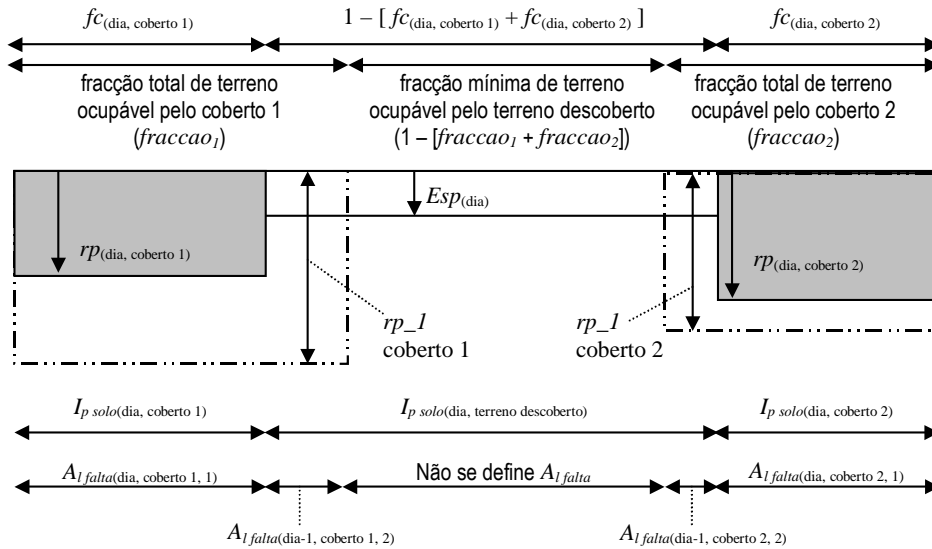
A infiltração profunda calculada pela metodologia apresentada não traduz, ainda, a infiltração profunda de um determinado dia. Porque, enquanto as raízes das plantas se estão a desenvolver em profundidade, o volume que existe entre a profundidade das raízes das plantas num determinado dia [$rp(dia)$] e a profundidade máxima alcançável pelas raízes das plantas (rp_1) pode apresentar um teor de humidade abaixo da retenção específica.

A quantidade de água de infiltração profunda calculada pela equação (24), que se designa agora por Ip_{solo} , não drena livremente em profundidade, indo antes colmatar a quantidade de água em falta para se atingir o teor de humidade correspondente à retenção específica nessa área.

Considerem-se as três zonas representadas na Figura 24:

1 – abaixo da fracção de terreno ocupada pelo coberto 1 [$fc(dia, 1)$];

- 2 – abaixo da fracção de terreno ocupada pelo coberto 2 [$fc_{(dia, 2)}$] – no caso deste existir;
- 3 – abaixo do terreno descoberto, que também se pode decompor em três sub-zonas:
 - 3.1 – aquela que durante o desenvolvimento do coberto vegetal 1 acabará por ficar ocupada por este, ou seja a área por baixo de [$fraccao_1 - fc_{(dia, coberto 1)}$];
 - 3.2 – aquela que durante o desenvolvimento do coberto vegetal 2 (no caso deste existir) acabará por ficar ocupada por este, ou seja a área por baixo de [$fraccao_2 - fc_{(dia, coberto 2)}$];
 - 3.3 – abaixo do terreno descoberto que nunca será ocupado por coberto vegetal (1 – [$fraccao_1 + fraccao_2$]).



in Oliveira (2004, 2006)

Figura 24 – Termos representados no cálculo da infiltração profunda quando se utiliza o coeficiente cultural dual para o cálculo da evapotranspiração

No caso das duas primeiras zonas, a quantidade de água em falta abaixo da fracção de terreno ocupada pelo coberto vegetal [$fc_{(dia, coberto 1)}$ e $fc_{(dia, coberto 2)}$; Figura 24] é representada por $A_{I\ falta}(dia, coberto 1, 1)$ e $A_{I\ falta}(dia, coberto 2, 1)$ como calculados na equação (18). Ip_{solo} é o calculado para os cobertos vegetais [$Ip_{solo}[dia, coberto 1]$ e $Ip_{solo}[dia, coberto 2]$]. A infiltração profunda e os novos valores da quantidade de água em falta, são calculados da seguinte forma:

$$Ip_{[dia, coberto i]} = \max(Ip_{solo} [dia, coberto i] - A_{I\ falta\ equação\ (18)} (dia, coberto i, 1); 0) \quad (27)$$

$$A_{I\ falta}(dia, coberto i, 1) = \max(A_{I\ falta\ equação\ (18)} (dia, coberto i, 1) - Ip_{solo} [dia, coberto i]; 0) \quad (28)$$

Onde i assume os valores 1 ou 2. No caso do coberto 2 não existir, i só assume o valor 1.

No caso da terceira zona, para se determinar a infiltração profunda é necessário fazer os cálculos para as três sub-zonas.

No caso das sub-zonas 3.1 e 3.2, a quantidade de água em falta é dada por $A_{I\ falta}(dia-1, coberto 1, 2)$ e $A_{I\ falta}(dia-1, coberto 2, 2)$. Os termos $A_{I\ falta}$ referem-se aos calculados no dia anterior uma vez que ainda não foram actualizados para o dia corrente do balanço. Ip e $A_{I\ falta}$ vêm dados por:

$$Ip_{3, i} (dia) = \max(Ip_{solo} [dia, terreno descoberto] - A_{I\ falta}(dia-1, coberto i, 2); 0) \quad (29)$$

$$A_{I\ falta}(dia, coberto i, 2) = \max(A_{I\ falta}(dia-1, coberto i, 2) - Ip_{solo} [dia, terreno descoberto]; 0) \quad (30)$$

Onde i assume os valores 1 ou 2 (se existir).

No caso da subzona 3.3 não ocorrem teores de humidade abaixo da retenção específica pelo que aí não se define $A_{I\ falta}$ e a infiltração profunda é dada directamente por $Ip_{solo}[dia, terreno descoberto]$:

$$lp_{3.3}(dia) = lp_{solo}[dia, terreno descoberto] \quad (31)$$

Assim, para a totalidade da área abaixo do terreno descoberto, lp vem dado por:

$$lp_{[dia, terreno descoberto]} = \{lp_{3.1}(dia) * [fraccao_1 - fc_{(dia, coberto 1)}] + lp_{3.2}(dia) * [fraccao_2 - fc_{(dia, coberto 2)}] + lp_{3.3}(dia) * (1 - [fraccao_1 + fraccao_2])\} / \{1 - [fc_{(dia, coberto 1)} + fc_{(dia, coberto 2)}]\} \quad (32)$$

4.1.5 Análise dos dados hidrológicos e da informação sobre os solos e a ocupação do solo para o modelo matemático

Para a corrida do modelo foi necessário seleccionar as séries de precipitação e de evapotranspiração a utilizar, tratar as séries e preencher eventuais lacunas, interpretar a informação sobre os solos e a ocupação do solo, preparar os ficheiros de entrada do programa, fazer as corridas do programa, analisar e sintetizar os resultados. Este processo foi repetido para cada área em estudo, ou seja, bacia hidrográfica de Melides, bacia hidrográfica do Arade e sistema aquífero Querença-Silves.

Para a informação de solo utilizou-se os mapas de solo produzido pelo IHERA à escala 1 : 25 000 em todos os casos em estudo.

Para cada ocupação do solo foi necessário dar, para cada coberto considerado, indicação se ele é permeável ou não e, se o for, caracterizar os períodos de desenvolvimento dos tipos culturais se eles existirem, a data de início do período de desenvolvimento, as profundidades atingidas pelas raízes das plantas durante os períodos de desenvolvimento e as fracções de terreno abrangidas, os seus coeficientes culturais e o limite de depleção de água do solo a 100%. No caso do coberto conferir impermeabilidade ao meio é necessário definir a fracção de área impermeável.

Os parâmetros dependentes da ocupação do solo, no que diz respeito aos cobertos vegetais, podem ser extraídos do conhecimento existente localmente ou, na ausência deste, de publicações como a de Allen *et al.* (1998) que refere as propriedades de muitos tipos de cobertos vegetais. A caracterização espacial da ocupação do solo utilizada neste estudo foi a do CORINE Land Cover 2006 à escala 1:100 000, desenvolvida pelo Instituto Geográfico Português (Lourenço, 2010).

O modelo de balanço hídrico sequencial diário pode ser aplicado a todos os tipos litológicos desde que se conheçam os parâmetros característicos do meio, utilizando especificidades na interpretação dos seus resultados (Oliveira, 2011):

No meios de porosidade intergranular com a presença de um solo, independentemente de o terreno ser coberto ou descoberto, o método aplica-se directamente.

No caso de afloramentos rochosos o método também se aplica directamente assumindo que os parâmetros correspondentes ao solo têm as propriedades da rocha e que, no caso de haver fracturação que permita a entrada de água na rocha, uma percentagem do escoamento directo que é calculado pela corrida do modelo também se infiltra, constituindo recarga, ficando o escoamento directo diminuído deste volume.

O caso da ocorrência de formações carsificadas aflorantes encerra outra particularidade. No caso de constituírem afloramentos rochosos (rocha nua) e de não haver formas de retenção de água à superfície que armazene a água e depois permita a sua evaporação, pode-se considerar que toda a precipitação se infiltra.

No caso de ocorrência de sistemas cársicos aflorantes, onde exista um solo onde se pode ou não desenvolver um coberto vegetal, o modelo de balanço hídrico sequencial diário também pode ser utilizado, existindo a evapotranspiração resultante da presença desse solo (que terá as propriedades de um solo proveniente de calcários, muitas vezes um solo argiloso – terra rossa). O escoamento directo que é gerado, tratando-se de formações carsificadas, após um percurso à superfície acaba por se infiltrar, constituindo também recarga do aquífero. Nestas situações deixa de haver escoamento directo. No caso da ocupação do solo existente dar origem a áreas impermeabilizadas, por exemplo áreas urbanas, pode-se considerar que o escoamento directo é colectado e desviado para fora do sistema aquífero, não constituindo neste caso recarga do aquífero.

Na aplicação realizada às massas de águas subterrâneas cársicas, nas zonas onde este curso aflora, considerou-se que toda a água de escoamento directo se infiltrava constituindo também recarga excepto nas zonas com coberto impermeável, onde se manteve como escoamento directo.

4.2 Caso de estudo em Melides

4.2.1 Dados de entrada

Na determinação da recarga e escoamento directo o modelo BALSEQ_MOD foi corrido desde Outubro de 1979 a Setembro de 2009.

Tendo em conta a precipitação diária verificou-se um ligeiro problema na escolha da estação meteorológica. As estações mais próximas da zona em estudo são Grândola (24F/01C) e Comporta (23E/01C) do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e a estação de Sines do Instituto de Meteorologia português. No entanto, quer a estação de Comporta, quer a estação de Sines apresentam várias lacunas de dados e a estação de Grândola (muito mais completa) está localizada numa zona a Este da Serra de Grândola. Assim decidiu-se utilizar um ponto fictício no centro da bacia hidrográfica, que passou a ser denominado de Melides, utilizando estas três estações para o interpolar. O método utilizado para obter os dados do novo ponto foi o método do Inverso do Quadrado das Distâncias.

No Quadro 14 e Figura 25 encontram-se uns resumos dos dados de precipitação utilizados para a modelação BALSEQ_MOD.

Quadro 14 – Dados estatísticos da precipitação diária utilizada como entrada no modelo BALSEQ_MOD para caso de estudo em Melides

MÊS	Precipitação (mm)				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Out.	85,22	82,24	57,36	196,97	0,79
Nov.	95,02	70,35	85,19	323,42	0,29
Dez.	94,75	56,42	85,36	294,97	3,33
Jan.	78,58	59,88	77,63	379,42	1,09
Fev.	60,63	49,81	47,95	162,73	2,43
Mar.	45,69	33,72	36,00	153,11	0,00
Abr.	57,08	55,15	35,74	152,72	4,83
Mai.	40,93	33,55	31,84	101,77	0,00
Jun.	10,09	4,02	12,90	53,33	0,00
Jul.	2,43	1,04	7,09	39,51	0,00
Ago.	3,80	1,03	5,73	24,07	0,00
Set.	30,84	22,05	26,40	99,84	0,46
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Anual	605,05	562,14	212,22	1199,50	236,30

Os dados da evapotranspiração de referência, velocidade do vento e humidade relativa foram retirados da estação meteorológica de Alcácer do Sal que apresenta estes valores para o período de 1959 até 1988. De forma a extrapolar para 2009 utilizaram-se os valores médios obtidos no período acima referido.

Como referido na secção 4.1.5, os dados de solo utilizados foram os existentes nos mapas de solo produzido pelo IHERA e os dados para ocupação de solo foram os pertencentes aos mapas CORINE Land Cover 2006 à escala 1:100 000, desenvolvida pelo Instituto Geográfico Português (cf. Lourenço *et al.*, 2010).

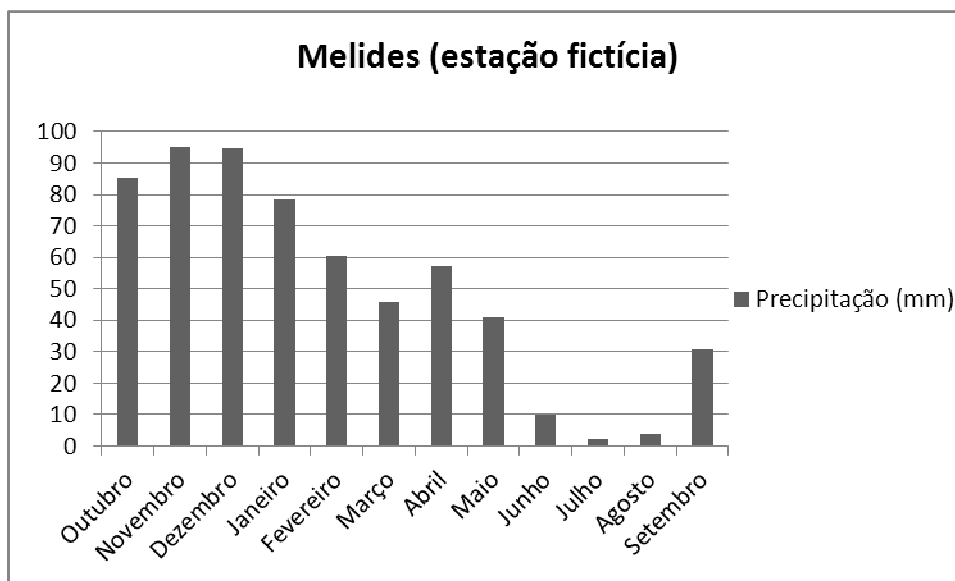


Figura 25 – Precipitação média mensal de 1979 a 2009

4.2.2 Resultados

De seguida apresentam-se figuras com os resultados obtidos para a recarga média anual e escoamento directo médio anual, em mm/ano, para o caso de estudo.

Nestas figuras é possível verificar, claramente, duas zonas completamente distintas na bacia hidrográfica de Melides: a) a zona inserida no sistema aquífero de Sines, que apresenta elevados valores de recarga anual média e conseqüentemente valores baixos de escoamento directo e b) a zona do Maciço Antigo, que, por ser uma zona xistosa, apresenta comportamento exactamente oposto à outra zona.

O Quadro 15 apresenta os dados estatísticos (média, mediana, desvio padrão, máximo absoluto e mínimo absoluto) para cada mês da recarga e escoamento directo obtidos.

Verifica-se neste quadro que a recarga média anual para a bacia hidrográfica de Melides é de 118,97 mm/ano e o escoamento directo médio anual é de 199,10 mm/ano. Verifica-se que os meses secos (Junho, Julho e Agosto) apresentam valores médios muito baixos – próximos do zero – de recarga e escoamento directo.

Quadro 15 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para a bacia hidrográfica de Melides.

MÊS	Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Mín Abs
Out.	9,55	6,76	10,06	35,90	0,00	28,47	26,22	21,02	72,39	0,00
Nov.	20,47	10,06	26,30	101,77	0,00	33,54	22,38	33,32	125,76	0,00
Dez.	27,78	12,63	33,68	123,70	0,00	33,00	17,85	33,60	113,27	0,42
Jan.	25,45	13,33	36,44	181,08	0,00	26,78	18,31	30,74	148,75	0,00
Fev.	17,30	9,13	19,00	63,73	0,00	19,96	15,04	18,15	58,75	0,15
Mar.	7,75	3,15	11,06	51,49	0,00	14,39	9,90	13,11	56,40	0,00
Abr.	6,13	4,64	5,97	18,98	0,00	17,52	14,61	12,46	48,13	0,13
Mai.	2,98	1,16	4,04	14,68	0,00	12,13	9,02	10,67	34,82	0,00
Jun.	0,18	0,00	0,37	1,46	0,00	2,61	0,66	3,88	14,43	0,00
Jul.	0,08	0,00	0,43	2,36	0,00	0,50	0,00	2,51	13,79	0,00
Ago.	0,01	0,00	0,06	0,34	0,00	0,74	0,00	1,58	7,45	0,00
Set.	1,29	0,47	2,00	8,22	0,00	9,46	6,42	9,21	34,43	0,00
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máximo	Mínimo	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máximo	Mínimo
Anual	118,97	101,03	83,03	382,29	8,73	199,10	185,86	83,62	441,40	56,09

4.2.3 Estudo por sub-bacias

Para um melhor entendimento da área em estudo decidiu-se separar as áreas em pequenas sub-bacias. Esta separação foi feita tendo em conta os pontos de amostragem de água superficial. Assim, considerou-se ser uma sub-bacia a área da bacia a montante dos pontos de amostragem de águas superficiais.

No caso de Melides identificaram-se sete sub-bacias de acordo com os 10 pontos de amostragem (cf. Figura 28).

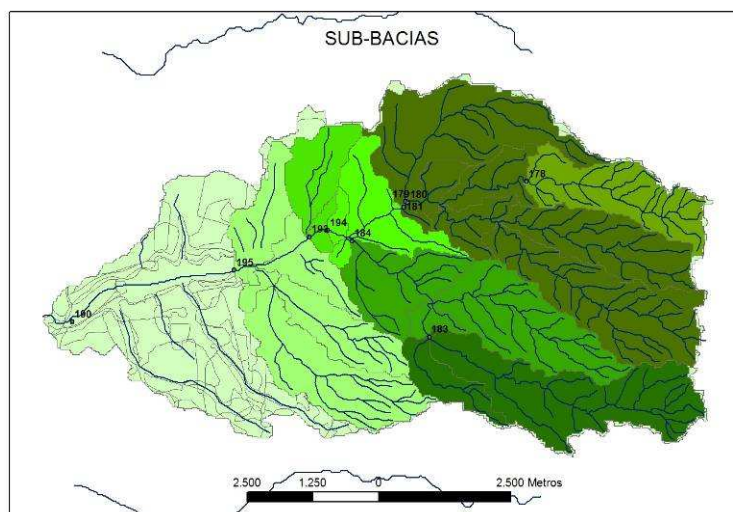


Figura 28 – Divisão da área de estudo de Melides em sete sub-bacias

As seguintes duas figuras representam a recarga média anual e o escoamento directo médio anual nas sub-bacias identificadas em Melides.

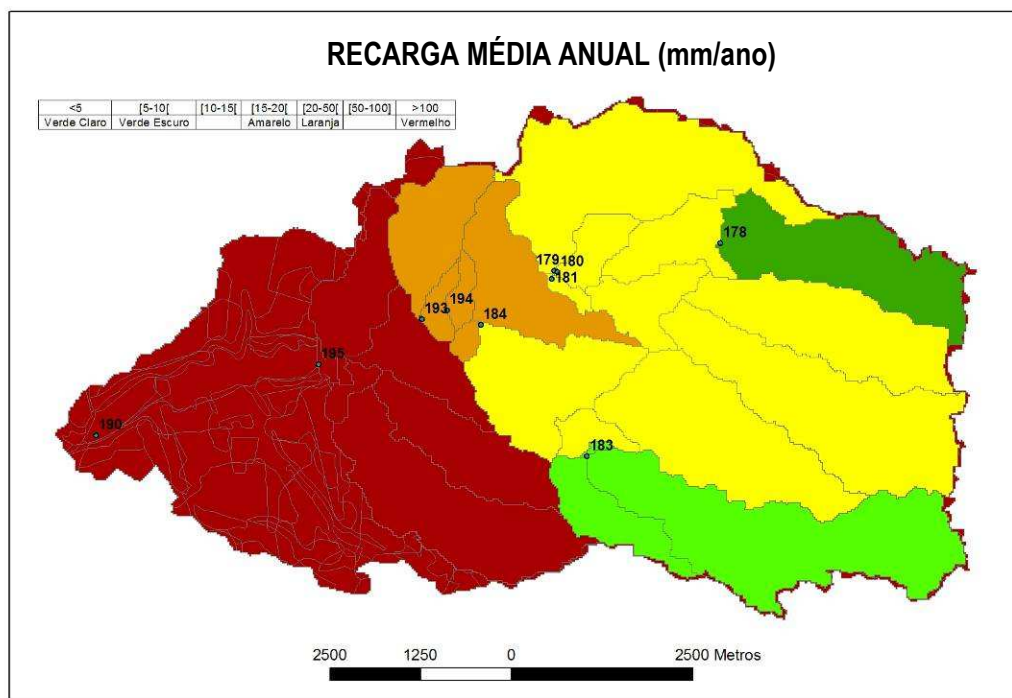


Figura 29 – Recarga média anual por sub-bacias

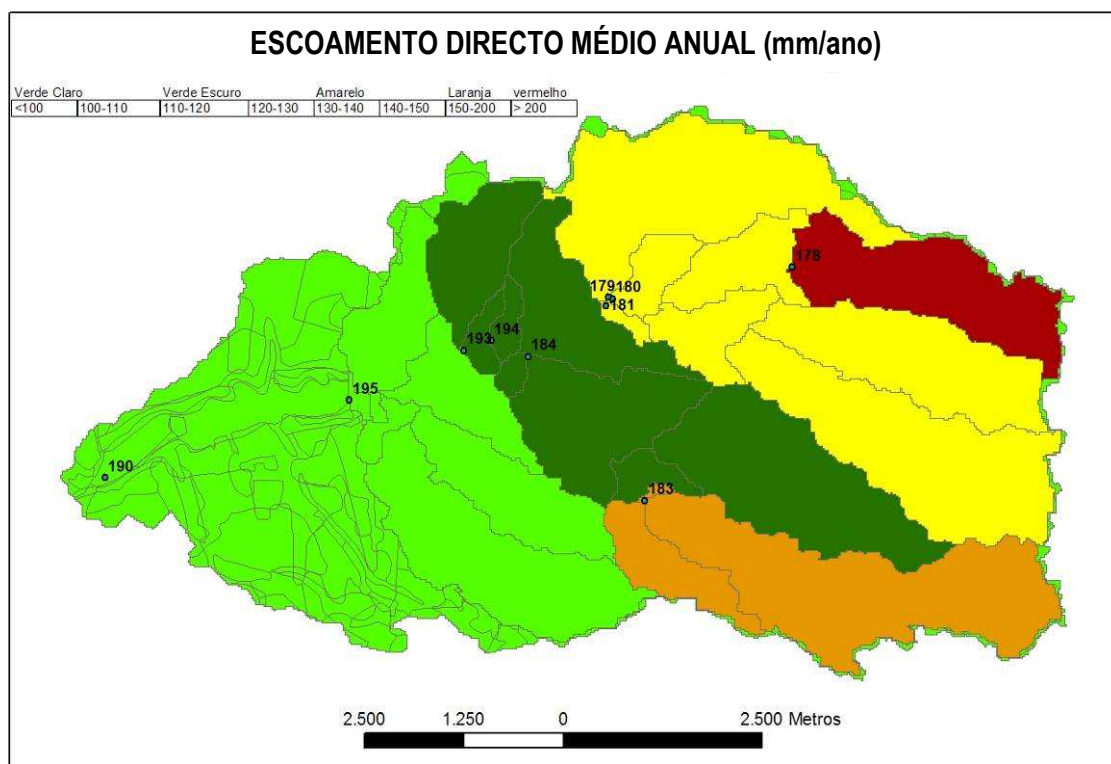


Figura 30 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias

O seguinte Quadro apresenta o estudo estatístico para cada uma das sete sub-bacias nos vários meses do ano e em termos anuais. Apresentam-se os valores médios, mediana, desvio padrão, máximo absoluto e mínimo absoluto da recarga e do escoamento directo obtido.

Quadro 16 – Análise estatística mensal do balanço hídrico para as sub-bacias da bacia hidrográfica de Melides

Sub-Bacia		Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
178	Anual	6,34	4,87	5,13	24,56	0,08	553,67	514,08	197,70	1109,63	210,78
	Jan.	1,50	0,83	2,48	13,23	0,00	72,16	54,83	72,33	353,24	0,91
	Fev.	1,02	0,60	1,12	4,30	0,00	55,48	44,76	44,45	150,13	2,07
	Mar.	0,51	0,27	0,71	3,37	0,00	41,64	30,55	33,24	141,64	0,00
	Abr.	0,49	0,35	0,44	1,42	0,00	51,90	49,58	32,85	139,19	4,05
	Mai.	0,25	0,12	0,34	1,20	0,00	37,11	30,05	29,15	93,04	0,00
	Jun.	0,01	0,00	0,02	0,09	0,00	9,05	3,47	11,69	47,98	0,00
	Jul.	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	2,15	0,87	6,52	36,31	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,35	0,86	5,15	21,90	0,00
	Set.	0,01	0,00	0,04	0,19	0,00	28,03	19,95	24,26	91,33	0,38
	Out.	0,37	0,11	0,52	1,78	0,00	78,08	75,05	53,03	182,15	0,66
	Nov.	0,91	0,38	1,16	4,53	0,00	87,55	64,01	79,31	300,96	0,24
Dez.	1,28	0,67	1,58	6,84	0,00	87,19	50,88	79,52	274,13	2,86	
180	Anual	15,26	12,82	11,83	57,43	0,93	528,04	490,11	188,49	1058,09	201,24
	Jan.	3,52	1,70	5,87	31,11	0,00	68,80	52,30	68,97	336,91	0,87
	Fev.	2,32	1,24	2,51	8,83	0,00	52,91	42,69	42,39	143,20	1,98
	Mar.	1,08	0,41	1,55	7,10	0,00	39,72	29,17	31,69	135,08	0,00
	Abr.	0,85	0,70	0,80	2,65	0,00	49,50	47,29	31,32	132,76	3,89
	Mai.	0,42	0,15	0,55	1,80	0,00	35,39	28,65	27,80	88,77	0,00
	Jun.	0,02	0,00	0,05	0,20	0,00	8,64	3,32	11,15	45,77	0,00
	Jul.	0,01	0,00	0,06	0,31	0,00	2,05	0,84	6,22	34,62	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	3,20	0,82	4,91	20,89	0,00
	Set.	0,14	0,04	0,23	0,96	0,00	26,74	19,03	23,14	87,15	0,37
	Out.	1,13	0,77	1,21	4,10	0,00	74,46	71,52	50,55	173,71	0,64
	Nov.	2,45	1,27	3,07	11,83	0,00	83,48	61,02	75,61	286,94	0,23
Dez.	3,32	1,51	4,10	16,07	0,00	83,14	48,53	75,81	261,40	2,74	
183	Anual	1,97	1,45	1,73	8,56	0,05	584,17	542,66	206,30	1162,85	225,89
	Jan.	0,49	0,26	0,88	4,74	0,00	75,98	57,83	75,46	368,71	1,01
	Fev.	0,32	0,19	0,33	1,35	0,00	58,53	47,76	46,51	157,55	2,28
	Mar.	0,16	0,07	0,24	1,16	0,00	44,04	32,42	34,87	148,46	0,00
	Abr.	0,11	0,07	0,11	0,36	0,00	54,97	52,90	34,56	147,22	4,49
	Mai.	0,05	0,01	0,07	0,25	0,00	39,37	32,15	30,75	98,21	0,00
	Jun.	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	9,67	3,80	12,41	51,16	0,00
	Jul.	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	2,31	0,97	6,86	38,22	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,62	0,95	5,49	23,19	0,00
	Set.	0,01	0,00	0,02	0,07	0,00	29,70	21,21	25,53	96,37	0,42
	Out.	0,12	0,06	0,16	0,55	0,00	82,32	79,34	55,59	190,89	0,74
	Nov.	0,28	0,10	0,36	1,38	0,00	91,98	67,78	82,78	314,22	0,27
Dez.	0,42	0,20	0,52	2,18	0,00	91,68	54,17	82,97	286,48	3,15	
184	Anual	16,92	14,35	12,92	61,81	1,18	528,93	491,05	188,31	1058,16	202,19
	Jan.	3,84	1,96	6,23	32,50	0,00	68,88	52,40	68,91	336,59	0,88
	Fev.	2,48	1,37	2,66	9,71	0,00	53,00	42,85	42,39	143,28	2,01
	Mar.	1,18	0,50	1,69	7,82	0,00	39,80	29,26	31,70	135,12	0,00
	Abr.	0,93	0,67	0,89	2,93	0,00	49,62	47,47	31,36	133,05	3,93
	Mai.	0,47	0,18	0,62	2,09	0,00	35,49	28,78	27,84	88,95	0,00
	Jun.	0,02	0,00	0,06	0,24	0,00	8,68	3,35	11,19	45,97	0,00
Jul.	0,01	0,00	0,07	0,36	0,00	2,07	0,85	6,23	34,69	0,00	

Sub-Bacia		Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
	Ago.	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	3,22	0,83	4,93	20,94	0,00
	Set.	0,16	0,02	0,30	1,22	0,00	26,82	19,10	23,18	87,32	0,37
	Out.	1,38	1,04	1,43	4,75	0,00	74,59	71,69	50,57	173,75	0,64
	Nov.	2,71	1,51	3,33	12,80	0,00	83,55	61,16	75,56	286,75	0,23
	Dez.	3,74	1,71	4,61	17,86	0,00	83,21	48,70	75,74	261,24	2,78
193	Anual	20,61	17,41	15,47	74,01	1,48	517,35	480,18	184,54	1036,23	197,33
	Jan.	4,65	2,33	7,44	38,82	0,00	67,39	51,24	67,54	329,88	0,86
	Fev.	3,05	1,62	3,29	11,70	0,00	51,84	41,83	41,52	140,31	1,95
	Mar.	1,43	0,55	2,04	9,41	0,00	38,92	28,61	31,04	132,31	0,00
	Abr.	1,11	0,90	1,05	3,41	0,00	48,50	46,34	30,69	130,09	3,83
	Mai.	0,56	0,22	0,72	2,35	0,00	34,68	28,08	27,23	87,00	0,00
	Jun.	0,03	0,00	0,07	0,30	0,00	8,47	3,26	10,93	44,88	0,00
	Jul.	0,02	0,00	0,08	0,45	0,00	2,02	0,82	6,09	33,93	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	3,14	0,81	4,81	20,47	0,00
	Set.	0,21	0,05	0,35	1,44	0,00	26,21	18,66	22,68	85,43	0,36
	Out.	1,63	1,16	1,70	5,80	0,00	72,96	70,07	49,52	170,18	0,63
	Nov.	3,35	1,77	4,18	16,06	0,00	81,79	59,78	74,04	281,01	0,23
Dez.	4,58	2,03	5,64	21,73	0,00	81,44	47,56	74,23	255,96	2,69	
194	Anual	18,89	16,03	14,48	69,61	1,30	519,51	482,19	185,35	1040,67	198,09
	Jan.	4,31	2,14	7,06	37,08	0,00	67,68	51,45	67,83	331,31	0,86
	Fev.	2,81	1,51	3,04	10,91	0,00	52,05	42,00	41,70	140,89	1,96
	Mar.	1,32	0,53	1,90	8,78	0,00	39,08	28,72	31,17	132,87	0,00
	Abr.	1,03	0,81	0,97	3,21	0,00	48,71	46,54	30,82	130,62	3,84
	Mai.	0,52	0,20	0,67	2,24	0,00	34,82	28,20	27,34	87,36	0,00
	Jun.	0,03	0,00	0,06	0,28	0,00	8,50	3,27	10,97	45,06	0,00
	Jul.	0,01	0,00	0,07	0,41	0,00	2,02	0,83	6,12	34,07	0,00
	Ago.	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	3,15	0,81	4,83	20,56	0,00
	Set.	0,18	0,03	0,31	1,29	0,00	26,32	18,73	22,77	85,78	0,36
	Out.	1,48	1,06	1,55	5,19	0,00	73,26	70,36	49,73	170,88	0,63
	Nov.	3,03	1,63	3,77	14,49	0,00	82,13	60,03	74,36	282,20	0,23
Dez.	4,16	1,83	5,14	20,01	0,00	81,78	47,75	74,55	257,07	2,70	
195	Anual	168,18	155,23	64,55	310,45	40,59	353,07	342,36	96,61	588,40	123,02
	Jan.	26,01	20,19	25,21	85,32	0,00	30,70	28,02	22,02	71,22	0,66
	Fev.	23,28	15,93	24,62	87,70	0,17	31,14	21,57	26,17	98,56	1,10
	Mar.	17,36	9,61	22,22	84,32	0,00	33,65	25,93	27,47	86,08	0,00
	Abr.	18,72	10,45	21,19	68,29	0,00	42,31	41,85	24,05	92,15	0,12
	Mai.	6,91	2,00	9,75	38,23	0,00	31,01	25,32	24,38	78,97	0,00
	Jun.	1,02	0,00	2,38	8,00	0,00	22,40	18,02	24,82	94,93	0,00
	Jul.	0,03	0,00	0,17	0,91	0,00	7,76	0,95	9,56	30,84	0,00
	Ago.	0,14	0,00	0,73	4,00	0,00	14,29	0,81	24,18	82,19	0,00
	Set.	3,22	0,43	7,17	28,13	0,00	30,86	30,41	22,03	77,60	0,32
	Out.	22,11	20,49	24,29	89,94	0,00	39,27	29,23	32,01	99,68	0,56
	Nov.	24,28	19,02	26,02	95,13	0,00	35,14	24,59	30,29	99,95	0,20
Dez.	25,10	24,26	20,69	79,35	0,00	34,53	32,17	24,28	96,52	3,57	

4.3 Caso de estudo no Algarve

4.3.1 Dados de entrada

Neste caso, existem três massas modeladas com dados de entrada diferentes. Considerou-se a bacia hidrográfica a montante da barragem do Arade, toda a restante bacia hidrográfica do Arade (que inclui a bacia de Odelouca) e o sistema aquífero de Querença-Silves.

Na determinação da recarga e escoamento directo o modelo BALSEQ_MOD foi corrido desde Outubro de 1979 a Setembro de 2009 para a bacia do Arade e de Outubro de 1941 a Setembro de 1991 para o sistema aquífero de Querença-Silves.

Em relação aos dados de entrada do sistema aquífero de Querença-Silves os autores referenciam o trabalho Oliveira (2007) e Oliveira *et al.* (2008).

Em relação à informação de solos e ocupação de solo utilizou-se o mesmo tipo de informação que para o caso de estudo em Melides.

Os dados da evapotranspiração de referência, velocidade do vento e humidade relativa para ambos os casos foram retirados da estação meteorológica de Praia da Rocha que apresenta estes valores para o período de 1958 até 1988. De forma a extrapolar para 2009 utilizaram-se os valores médios obtidos no período acima referido.

Em relação aos dados de precipitação diária utilizou-se para a bacia hidrográfica da barragem do Arade a estação de Vale Barriga (30H/02U), sendo as suas lacunas completadas com as estações de Barragem do Arade (30G/03C), São Bartolomeu de Messines (30H/03UG) e São Marcos da Serra (29G/02G), utilizando o método do Inverso do Quadrado das Distâncias.

Para o resto da bacia hidrográfica do Arade foi necessário encontrar uma estação que fosse um “meio-termo” para toda a bacia, devido à sua grande área. Assim, decidiu-se utilizar a estação Alferce (30G/01UG), completando as suas lacunas com as estações de Vale Barriga (30H/02U), Barragem do Arade (30G/03C) e São Marcos da Serra (29G/02G), utilizando o mesmo método acima referido. Todas estas estações pertencem ao SNIRH.

A Figura 31 representa um gráfico da precipitação média mensal para estação de Vale Barriga, corrigida pelas outras estações e a Figura 32 representa um gráfico da precipitação média mensal para estação de Alferce, corrigida pelas outras estações. O Quadro 17 apresenta uma síntese de uma análise estatística mensal para a precipitação na estação de Alferce, corrigida pelas outras estações.

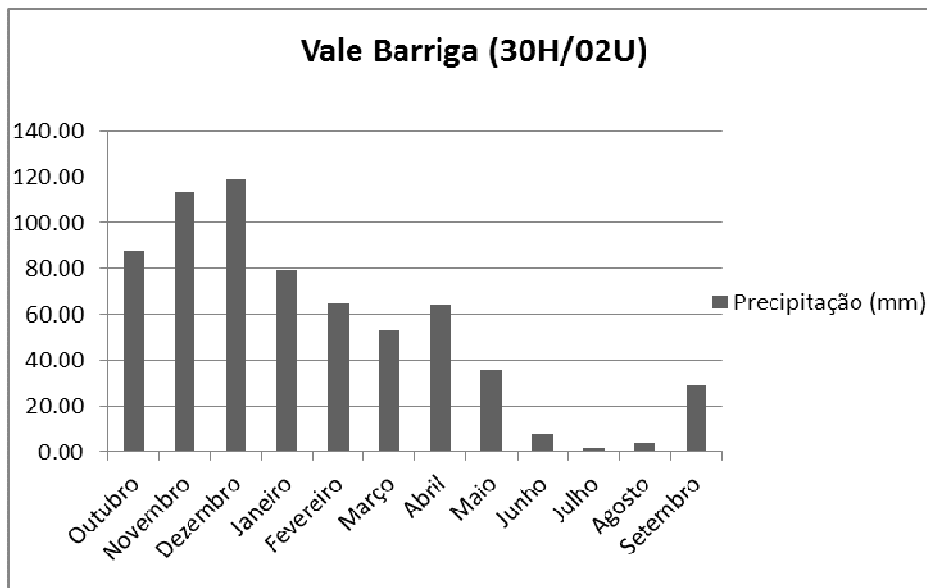


Figura 31 – Precipitação média mensal para estação de Vale Barriga (corrigida)

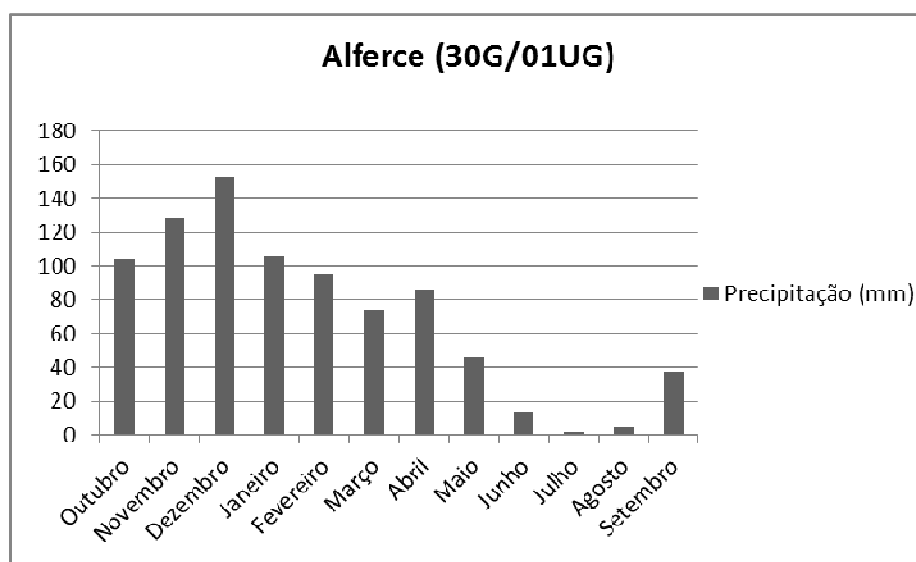


Figura 32 – Precipitação média mensal para estação de Alferce (corrigida)

Quadro 17 – Análise estatística mensal para a precipitação na estação de Alferce (corrigida) e Vale Barriga (corrigida)

Período	Precipitação (mm) - Alferce					Precipitação (mm) - Vale Barriga				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Out.	104,06	68,35	94,96	357,70	0,00	87,77	60,17	71,74	262,48	0,83
Nov.	128,89	90,60	124,78	480,00	0,00	113,35	89,28	99,58	362,00	1,46
Dez.	152,54	96,10	163,52	721,10	0,00	118,58	86,74	115,11	466,18	2,01
Jan.	106,31	77,00	106,68	422,60	0,00	79,17	69,75	67,36	312,20	0,25
Fev.	94,67	89,45	75,72	278,90	0,00	64,70	68,67	43,87	160,87	0,00
Mar.	73,41	46,55	61,53	219,90	0,00	53,12	39,19	46,59	187,80	0,00
Abr.	86,64	76,35	64,29	329,20	1,00	64,05	63,60	41,55	204,23	3,80
Mai.	45,76	33,15	37,01	125,00	0,00	35,69	24,36	30,76	100,60	0,09
Jun.	13,10	5,15	22,45	101,90	0,00	7,74	1,49	15,42	65,17	0,00
Jul.	1,74	0,05	4,27	21,60	0,00	1,79	0,11	3,64	15,50	0,00
Ago.	4,73	0,50	11,86	56,50	0,00	4,20	0,15	9,63	38,79	0,00
Set.	37,47	24,75	39,55	154,30	0,00	28,77	17,69	29,16	97,70	0,19
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
Anual	849,33	827,05	351,62	1595,80	301,30	658,91	650,51	253,52	1300,50	261,16

4.3.2 Resultados

As seguintes duas figuras apresentam os resultados da corrida do modelo BALSEQ_MOD obtidos para a zona de estudo no Algarve. Apresenta-se, respectivamente, a recarga média anual e o escoamento directo médio anual.

Como seria de esperar, a zona pertencente ao Maciço Antigo apresenta elevados valores de escoamento directo e baixos valores de recarga. O sistema aquífero de Querença-Silves apresenta elevados valores de recarga devido à sua carsificação.

Verifica-se, nas duas figuras, que a bacia a montante da barragem do Arade tem valores médios anuais ligeiramente inferiores ao resto da bacia do Arade. Este facto deve-se à utilização de séries de precipitação diária diferentes.

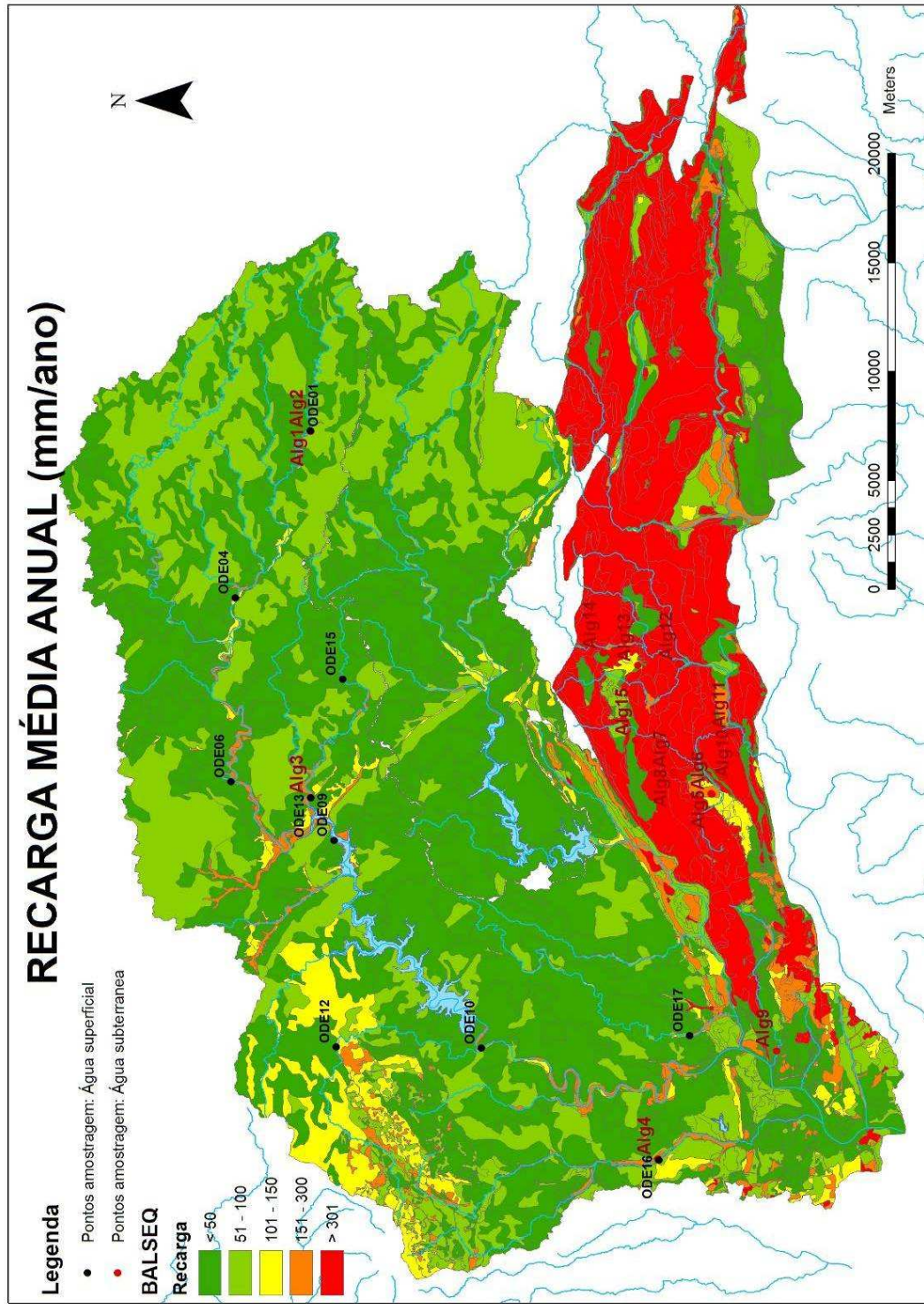


Figura 33 – Recarga média anual na zona de estudo no Algarve

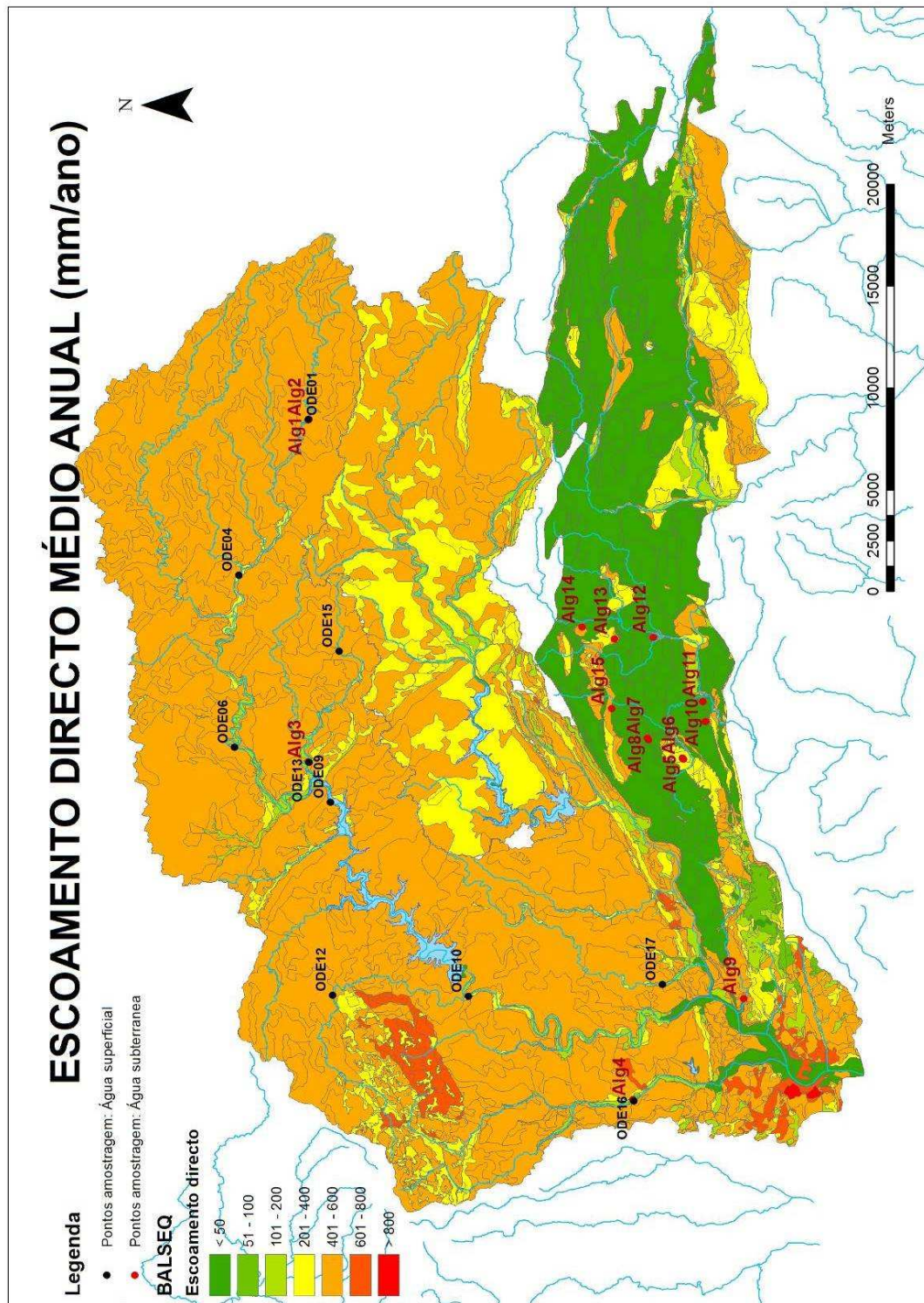


Figura 34 – Escoamento directo médio anual na zona de estudo no Algarve

O Quadro 18 apresenta uma síntese estatística (média, mediana, desvio padrão, máximo absoluto e mínimo absoluto) para cada mês da recarga e escoamento directo obtidos para bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade).

Verifica-se neste quadro que a recarga média anual para a bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade) é de 69,17 mm/ano e o escoamento directo médio anual é de 506,67mm/ano. Verifica-se que os meses de Primavera e Verão (Maio a Setembro) apresentam valores médios muito baixos – muito próximos do zero - de recarga.

Quadro 18 – Análise estatística do balanço hídrico obtido para a bacia hidrográfica do Arade (excepto a bacia a montante da barragem do Arade)

Mês	Recarga (mm)					Escoamento directo (mm)				
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
Out.	5,31	2,54	7,03	29,14	0,00	61,46	39,19	59,32	219,94	0,00
Nov.	10,47	5,42	14,63	63,93	0,00	79,35	53,55	81,75	313,82	0,00
Dez.	16,69	8,45	25,54	127,07	0,00	95,36	55,34	109,61	488,80	0,00
Jan.	13,27	7,58	18,13	72,22	0,00	64,81	43,88	70,75	282,03	0,00
Fev.	10,64	8,62	11,82	48,80	0,00	57,10	51,99	48,97	179,21	0,00
Mar.	5,63	2,37	7,35	27,03	0,00	43,34	26,76	39,45	142,59	0,00
Abr.	4,83	3,70	5,30	26,17	0,00	50,25	43,98	40,97	204,22	0,01
Mai.	1,50	0,83	2,17	9,64	0,00	24,36	16,54	21,73	76,05	0,00
Jun.	0,21	0,00	0,68	2,87	0,00	6,71	1,00	13,25	59,31	0,00
Jul.	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00	0,73	0,00	2,32	12,12	0,00
Ago.	0,00	0,00	0,02	0,07	0,00	2,27	0,01	6,64	31,31	0,00
Set.	0,63	0,03	1,46	6,29	0,00	20,93	14,65	23,60	89,63	0,00
	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Max Abs	Min Abs
Anual	69,17	60,13	49,38	195,71	10,64	506,67	492,55	234,90	1029,49	154,32

O valor médio anual de recarga obtido para a bacia hidrográfica da barragem do Arade foi de 38,47 mm/ano e o valor médio de escoamento directo obtido foi de 384,83 mm/ano.

A recarga anual média do sistema aquífero Querença-Silves foi estimada em 323 mm/ano, ou seja, 102,82 hm³/ano. Destacam-se as áreas de afloramento dos calcários do Jurássico inferior, onde a recarga calculada é muito elevada, superior a 450 mm/ano, o que se deve à natureza carsificada destas formações (Oliveira, 2007 e Oliveira *et al.*, 2008).

4.3.3 Estudo por sub-bacias

À semelhança do referido para Melides, decidiu-se separar a zona de estudo no Algarve onde se procedeu à amostragem de pontos de água superficial. Dividiu-se em 10 sub-bacias que correspondem, exactamente, aos 10 pontos de amostragem (cf. Figura 35).

As duas figuras seguintes representam a recarga média anual e o escoamento directo médio anual nas 10 sub-bacias identificadas na bacia hidrográfica do Arade.

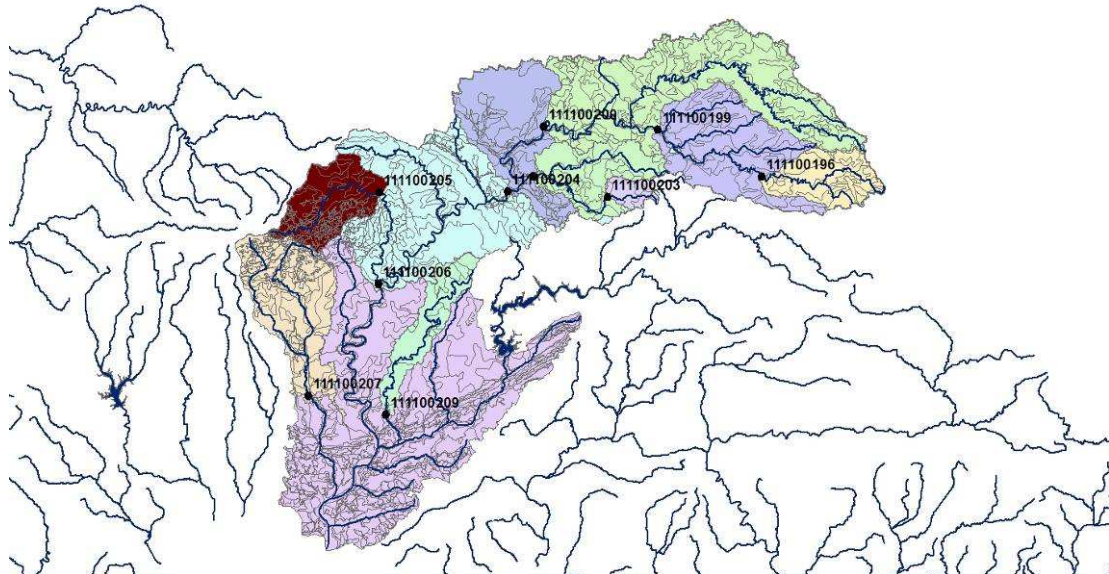


Figura 35 – Divisão em sub-bacias da bacia hidrográfica do Arade (excepto bacia hidrográfica da barragem do Arade)

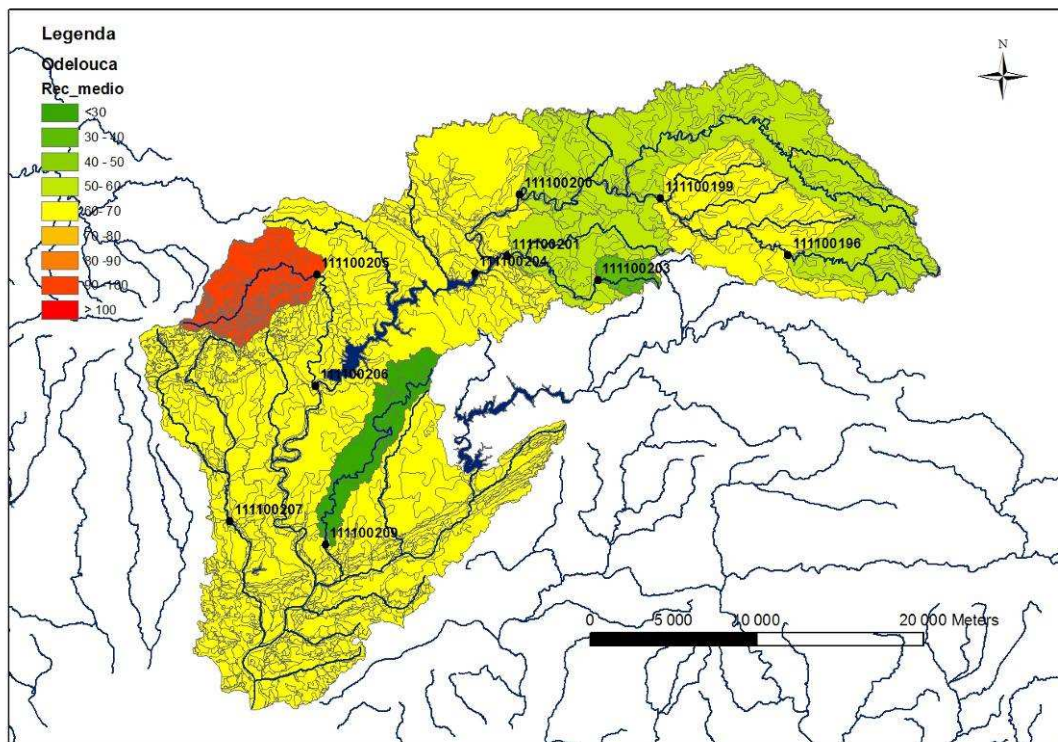


Figura 36 – Recarga média anual por sub-bacias

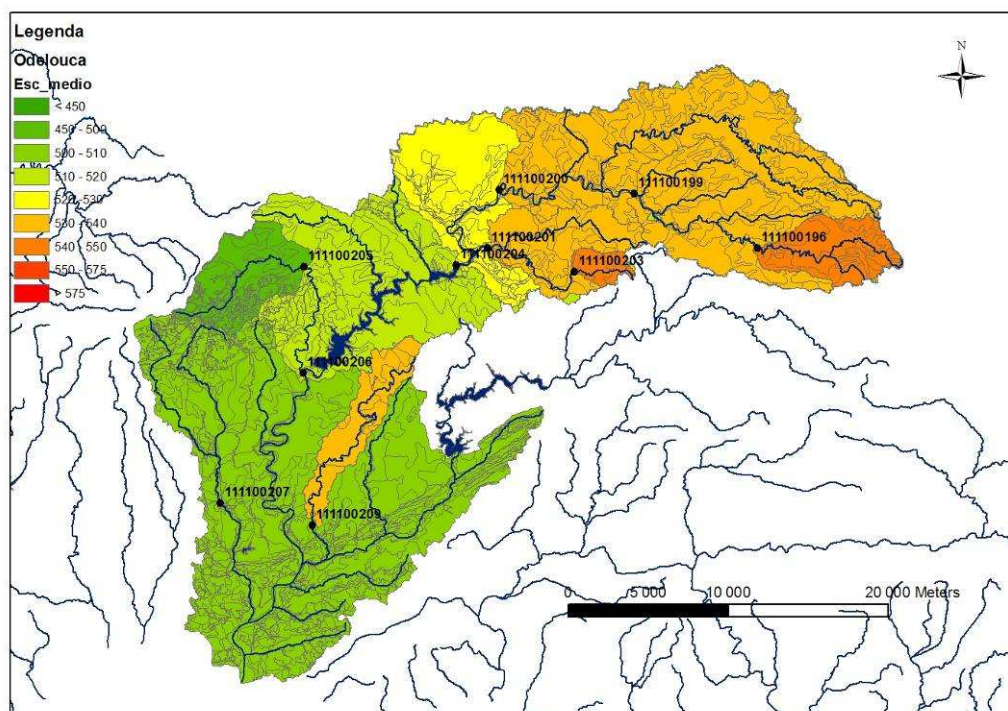


Figura 37 – Escoamento directo médio anual por sub-bacias

O seguinte Quadro apresenta um estudo estatístico dos valores mensais de recarga e escoamento directo nas sub-bacias do caso em estudo do Algarve.

Quadro 19 – Análise estatística mensal para as sub-bacias identificadas na zona do Algarve onde efectuou amostragem de água superficial

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
209	Anual	533,64	--	--	--	--	36,91	--	--	--	--
	Outubro	64,36	41,12	61,86	229,91	0,00	2,41	1,00	3,26	13,42	0,00
	Novembro	82,97	56,17	85,57	330,62	0,00	5,11	2,55	8,36	40,30	0,00
	Dezembro	99,97	58,16	115,15	515,49	0,00	9,46	3,79	18,11	92,81	0,00
	Janeiro	68,43	46,70	74,66	297,35	0,00	8,29	2,97	13,62	53,93	0,00
	Fevereiro	60,42	55,40	51,81	190,11	0,00	6,01	3,48	8,24	34,39	0,00
	Março	45,97	28,36	41,78	151,99	0,00	2,85	0,89	4,67	17,42	0,00
	Abril	53,19	46,47	43,08	214,66	0,00	1,92	1,49	2,22	10,70	0,00
	Maiο	25,87	17,65	23,04	80,81	0,00	0,51	0,20	0,87	3,88	0,00
	Junho	7,13	1,08	14,00	62,69	0,00	0,08	0,00	0,28	1,39	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,47	12,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	2,43	0,00	7,07	33,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Setembro	22,13	15,56	24,78	93,96	0,00	0,26	0,00	0,69	3,04	0,00	
207	Anual	506,06	--	--	--	--	61,27	--	--	--	--
	Outubro	61,34	39,09	59,60	221,29	0,00	4,69	2,47	6,06	24,43	0,00
	Novembro	79,66	53,25	82,43	315,48	0,00	8,95	5,03	12,45	55,66	0,00
	Dezembro	95,99	55,11	110,88	494,16	0,00	14,28	7,40	22,38	112,91	0,00
	Janeiro	65,06	43,62	71,50	284,99	0,00	11,64	6,69	16,20	64,91	0,00
Fevereiro	57,13	51,84	49,31	180,49	0,00	9,43	7,86	10,47	44,61	0,00	
Março	43,11	26,56	39,55	142,92	0,00	5,25	2,40	6,76	25,80	0,00	
Abril	49,78	43,43	41,00	203,58	0,01	4,64	3,83	4,76	23,49	0,00	

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
	Maio	23,83	16,03	21,38	74,90	0,00	1,60	0,88	2,14	8,83	0,00
	Junho	6,56	0,91	13,05	58,29	0,00	0,22	0,00	0,70	2,94	0,00
	Julho	0,70	0,00	2,27	11,87	0,00	0,01	0,00	0,04	0,21	0,00
	Agosto	2,21	0,00	6,51	30,69	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00
	Setembro	20,68	14,50	23,47	88,65	0,00	0,58	0,00	1,38	5,99	0,00
206	Anual	516,18	--	--	--	--	63,71	--	--	--	--
	Outubro	62,71	40,07	60,53	223,78	0,00	5,37	2,88	6,79	27,26	0,00
	Novembro	80,81	54,82	83,19	319,01	0,00	9,65	5,78	12,33	53,10	0,00
	Dezembro	97,00	56,49	111,50	497,24	0,00	14,57	8,24	20,65	102,19	0,00
	Janeiro	65,88	44,84	71,89	286,34	0,00	11,48	7,39	14,67	58,82	0,00
	Fevereiro	58,07	52,91	49,78	182,36	0,00	9,47	8,36	9,78	40,76	0,00
	Março	44,17	27,34	40,18	145,46	0,00	5,44	2,52	6,46	23,53	0,00
	Abril	51,32	45,05	41,82	208,53	0,00	5,11	4,32	5,11	25,24	0,00
	Maio	24,93	16,98	22,25	77,55	0,00	1,72	0,98	2,30	9,25	0,00
	Junho	6,86	1,01	13,57	60,78	0,00	0,24	0,00	0,79	3,30	0,00
	Julho	0,74	0,00	2,38	12,42	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,00
	Agosto	2,32	0,00	6,79	32,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
Setembro	21,35	14,96	24,12	91,66	0,00	0,65	0,00	1,59	6,85	0,00	
205	Anual	457,33	--	--	--	--	96,19	--	--	--	--
	Outubro	55,77	35,62	54,44	200,82	0,00	9,07	5,39	10,66	40,72	0,00
	Novembro	72,43	48,12	75,13	286,26	0,00	14,79	10,02	16,81	69,39	0,00
	Dezembro	87,08	49,36	101,11	450,84	0,00	20,60	13,03	25,92	126,02	0,00
	Janeiro	58,57	39,07	64,86	259,59	0,00	15,68	11,16	18,15	73,00	0,00
	Fevereiro	51,36	46,48	44,56	163,16	0,00	13,39	12,75	12,44	51,96	0,00
	Março	38,80	23,81	35,88	129,69	0,00	8,57	4,60	8,93	33,29	0,00
	Abril	44,94	39,22	37,45	185,17	0,02	8,88	7,83	7,85	39,33	0,00
	Maio	21,33	14,15	19,31	67,41	0,00	3,44	2,01	3,95	14,29	0,00
	Junho	5,88	0,70	11,89	53,13	0,00	0,53	0,00	1,59	6,32	0,00
	Julho	0,61	0,00	2,06	10,86	0,00	0,02	0,00	0,11	0,62	0,00
	Agosto	1,95	0,00	5,83	27,46	0,00	0,01	0,00	0,05	0,25	0,00
Setembro	18,62	13,17	21,34	80,24	0,00	1,21	0,00	2,75	11,77	0,00	
204	Anual	529,50	--	--	--	--	61,29	--	--	--	--
	Outubro	64,39	41,06	61,90	228,75	0,00	5,22	2,72	6,66	26,99	0,00
	Novembro	82,80	56,33	84,87	325,43	0,00	9,37	5,55	11,81	50,23	0,00
	Dezembro	86,93	58,03	113,57	506,18	0,00	14,05	8,05	19,49	96,11	0,00
	Janeiro	58,85	46,02	73,23	291,38	0,00	10,96	7,17	13,72	55,15	0,00
	Fevereiro	56,85	54,14	50,78	186,00	0,00	9,08	8,05	9,22	38,58	0,00
	Março	37,72	28,04	41,02	148,43	0,00	5,21	2,40	6,10	21,93	0,00
	Abril	70,84	46,17	42,72	213,40	0,00	4,95	4,11	4,99	24,55	0,00
	Maio	38,89	17,59	22,86	79,53	0,00	1,61	0,93	2,20	8,79	0,00
	Junho	7,08	1,08	13,94	62,45	0,00	0,22	0,00	0,73	3,09	0,00
	Julho	0,77	0,00	2,46	12,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Agosto	2,40	0,00	6,99	32,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	21,98	15,33	24,74	94,25	0,00	0,62	0,00	1,53	6,60	0,00	
203	Anual	542,81	--	--	--	--	38,64	--	--	--	--
	Outubro	65,58	41,72	63,46	236,34	0,00	2,20	0,37	3,90	17,13	0,00
	Novembro	85,07	56,86	87,97	337,30	0,00	5,00	1,29	7,92	34,56	0,00
	Dezembro	102,53	60,12	117,74	523,55	0,00	9,77	3,65	18,64	97,94	0,00

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
	Janeiro	69,53	47,11	75,90	301,30	0,00	7,67	2,80	12,21	51,39	0,00
	Fevereiro	61,19	55,65	52,58	192,71	0,00	6,30	4,04	8,53	40,68	0,00
	Março	46,28	28,38	42,11	152,60	0,00	3,09	0,96	4,48	17,03	0,00
	Abril	53,65	46,86	43,48	217,15	0,00	3,42	2,81	3,81	17,89	0,00
	Maio	26,18	17,90	23,26	81,05	0,00	1,02	0,44	1,57	6,47	0,00
	Junho	7,15	1,10	14,00	62,63	0,00	0,03	0,00	0,11	0,58	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,47	12,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Agosto	2,45	0,00	7,13	33,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Setembro	22,42	15,64	25,24	96,59	0,00	0,15	0,00	0,43	1,85	0,00
201	Anual	532,22	--	--	--	--	53,01	--	--	--	--
	Outubro	64,59	41,20	62,16	230,28	0,00	4,36	2,05	5,81	24,00	0,00
	Novembro	83,17	56,37	85,43	327,83	0,00	7,98	4,41	10,37	44,03	0,00
	Dezembro	99,88	58,37	114,46	510,37	0,00	12,44	6,71	18,12	90,46	0,00
	Janeiro	67,91	46,32	73,83	293,59	0,00	9,63	5,64	12,63	51,13	0,00
	Fevereiro	59,89	54,52	51,19	187,76	0,00	7,91	6,61	8,45	36,30	0,00
	Março	45,57	28,15	41,30	149,71	0,00	4,40	1,92	5,39	19,51	0,00
	Abril	52,96	46,32	42,90	214,30	0,00	4,27	3,51	4,43	21,60	0,00
	Maio	25,86	17,68	22,97	79,91	0,00	1,35	0,79	1,90	7,73	0,00
	Junho	7,11	1,09	13,97	62,56	0,00	0,17	0,00	0,55	2,41	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,46	12,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Agosto	2,42	0,00	7,03	33,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Setembro	22,09	15,44	24,84	94,63	0,00	0,49	0,00	1,22	5,29	0,00
200	Anual	534,84	--	--	--	--	58,64	--	--	--	--
	Outubro	65,01	41,47	62,47	230,85	0,00	5,13	2,71	6,47	25,92	0,00
	Novembro	83,58	56,91	85,65	328,63	0,00	8,96	5,54	11,05	47,23	0,00
	Dezembro	82,18	58,60	114,65	511,10	0,00	13,34	7,75	18,46	91,35	0,00
	Janeiro	55,57	46,52	73,96	294,27	0,00	10,43	6,74	13,07	52,72	0,00
	Fevereiro	56,25	54,73	51,29	187,90	0,00	8,60	7,68	8,71	36,67	0,00
	Março	34,68	28,35	41,44	149,97	0,00	4,99	2,30	5,79	20,77	0,00
	Abril	79,76	46,68	43,13	215,48	0,00	4,79	4,04	4,76	23,33	0,00
	Maio	45,24	17,80	23,10	80,37	0,00	1,56	0,91	2,11	8,25	0,00
	Junho	7,16	1,10	14,09	63,12	0,00	0,22	0,00	0,73	3,11	0,00
	Julho	0,78	0,00	2,48	12,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Agosto	2,43	0,00	7,06	33,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	22,20	15,49	24,98	95,13	0,00	0,61	0,00	1,52	6,55	0,00	
199	Anual	537,46	--	--	--	--	60,21	--	--	--	--
	Outubro	65,36	41,70	62,75	231,71	0,00	5,52	3,01	6,85	27,11	0,00
	Novembro	83,95	57,27	85,93	329,69	0,00	9,31	6,06	11,07	46,69	0,00
	Dezembro	100,61	58,85	115,01	512,76	0,00	13,45	8,25	17,84	87,26	0,00
	Janeiro	68,44	46,76	74,19	295,22	0,00	10,43	7,00	12,65	50,88	0,00
	Fevereiro	60,41	54,96	51,46	188,51	0,00	8,65	7,97	8,49	35,24	0,00
	Março	46,07	28,53	41,61	150,56	0,00	5,17	2,43	5,83	20,67	0,00
	Abril	53,62	46,97	43,37	216,73	0,00	5,09	4,39	4,95	24,32	0,00
	Maio	26,22	17,94	23,25	80,81	0,00	1,68	0,98	2,24	8,51	0,00
	Junho	7,22	1,11	14,19	63,59	0,00	0,25	0,00	0,82	3,44	0,00
	Julho	0,79	0,00	2,50	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Agosto	2,44	0,00	7,10	33,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	22,32	15,56	25,10	95,59	0,00	0,67	0,00	1,67	7,19	0,00	

Sub-Bacia	Período	Escoamento directo (mm)					Recarga (mm)				
		Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs	Médio	Mediana	Desv Padrão	Máx Abs	Mín Abs
196	Anual	540,20	--	--	--	--	58,74	--	--	--	--
	Outubro	65,56	41,84	62,88	232,30	0,00	5,32	2,99	6,43	25,08	0,00
	Novembro	84,21	57,50	86,27	331,84	0,00	9,01	5,95	10,85	47,67	0,00
	Dezembro	101,02	59,02	115,58	515,92	0,00	13,24	7,84	18,33	90,61	0,00
	Janeiro	68,91	47,08	74,73	297,52	0,00	10,58	6,52	13,43	53,68	0,00
	Fevereiro	60,85	55,48	51,86	189,81	0,00	8,49	7,49	8,66	35,46	0,00
	Março	46,41	28,74	41,93	151,70	0,00	5,00	2,30	5,79	20,78	0,00
	Abril	53,95	47,33	43,61	217,83	0,00	4,65	4,08	4,42	21,78	0,00
	Maiο	26,36	18,03	23,39	81,52	0,00	1,55	0,90	2,03	7,55	0,00
	Junho	7,26	1,12	14,28	63,99	0,00	0,25	0,00	0,81	3,41	0,00
	Julho	0,79	0,00	2,52	13,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Agosto	2,46	0,00	7,14	33,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Setembro	22,42	15,65	25,18	95,72	0,00	0,66	0,00	1,63	7,03	0,00	

5 Vulnerabilidade de bacias hidrográficas (Método WRASTIC)

5.1 Metodologia WRASTIC

De forma a se avaliar o potencial, e consequente vulnerabilidade, para a poluição numa bacia hidrográfica a “American Water Works Association – “Watershed Control Program, of the Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems Using Surface Water Sources”” desenvolveu para a agência de protecção ambiental (Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos da América (EPA-US), em 1991, uma metodologia denominada WRASTIC, sendo posteriormente adaptada pelo New Mexico Environment Department - Drinking Water Bureau (NMED/DWB), (NMED/DWB, 2000).

O método WRASTIC avalia a vulnerabilidade das águas superficiais para a contaminação através de sete parâmetros, que correspondem a cada letra do nome do método:

- W – Descarga de efluentes de águas residuais (**W**astewater discharges)
- R – Actividades recreativas (**R**ecreational activities)
- A – Actividades agrícolas (**A**gricultural activities)
- S – Área da bacia (**S**ize of the watershed)
- T – Estruturas de transportes (**T**ransportation avenues)
- I – Actividades industriais (Industrial activities)
- C – Cobertura vegetal do solo (Amount of vegetative ground **C**over)

Cada parâmetro é avaliado com valores entre 1 e 5, com excepção do parâmetro I que é avaliado entre 1 e 8. Os valores atribuídos são ponderados com pesos entre 4 (parâmetro mais importante) e 1 (parâmetro menos importante) (cf. Quadro 20).

O método WRASTIC é aplicado a uma secção da bacia obtendo-se, no final, um único valor que permite avaliar a sub-bacia em termos de vulnerabilidade à poluição.

Para o nosso caso estudo a aplicação do método WRASTIC foi feita para duas sub-bacias da bacia do rio Arade e para bacia da ribeira de Melides. As sub-bacias da bacia hidrográfica do Arade têm como estações hidrométricas a estação da Casa da Queimada e a estação de Monte de Pachecos, que correspondem à albufeira da barragem do Funcho (e consequentemente da barragem do Arade) e à albufeira da futura barragem de Odelouca, respectivamente.

Quadro 20 – Parâmetros do método WRASTIC com o respectivo valor e peso

Parâmetros WRASTIC	Classe dos parâmetros	Valor	Peso
Descarga de efluentes de águas residuais (W)	Efluentes da rede pública de esgotos introduzidos na área da bacia e presença de fossas sépticas	5	3
	Efluentes da rede pública de esgotos introduzidos na área da bacia	4	
	> 50 fossas sépticas	3	
	< 50 fossas sépticas	2	
	Ausência de descargas de águas residuais na bacia	1	
Actividades recreativas (R)	Actividades aquáticas motorizadas permitidas	5	2
	Actividades aquáticas não motorizadas permitidas	4	
	Acesso permitido a veículos	3	
	Acesso proibido a veículos	2	
	Sem actividades recreativas	1	

Parâmetros WRASTIC	Classe dos parâmetros	Valor	Peso
Actividades agrícolas (A)*	5 ou mais actividades presentes	5	2
	4 Actividades presentes	4	
	3 Actividades presentes	3	
	2 Actividades presentes	2	
	1 Actividades presentes	1	
Área da bacia (S)	> 1942,35 km ²	5	1
	388,47 – 1942,35 km ²	4	
	155,39 – 388,47 km ²	3	
	38,85 – 155,39 km ²	2	
	<38,85 km ²	1	
Estruturas de transportes (T)	Caminho-de-ferro ou auto-estrada que atravessem a área da bacia	5	1
	Auto-estradas que atravessam a área da bacia	4	
	Vias rápidas ou outras estradas pavimentadas que atravessam a área da bacia	3	
	Estradas não pavimentadas que atravessam a área da bacia	2	
	Sem estradas que atravessem a área da bacia	1	
Actividades industriais (I)	A indústria produz muitas descargas ou tem um impacto muito grande no meio envolvente	8	4
	A indústria produz descargas importantes ou tem impacto no meio envolvente	6	
	A indústria produz descargas moderadas ou tem um impacto moderado no meio envolvente	4	
	A indústria produz poucas descargas ou tem um impacto mínimo no meio envolvente	2	
	Inexistência de indústrias na bacia	1	
Cobertura vegetal do solo (C)	0 - 5 % Cobertura do solo	5	1
	6 – 19 % Cobertura do solo	4	
	20 – 34 % Cobertura do solo	3	
	35 - 49 % Cobertura do solo	2	
	> 50 % Cobertura do solo	1	

* Lista de actividades agrícolas a considerar neste parâmetro em Lobo Ferreira *et al.* (2009)

5.2 Caso de estudo em Melides

Segundo as Figura 38 e Figura 39 (retiradas de CCDR Alentejo, 2006), e analisando a informação INSAAR mais recentemente disponibilizada (2007), verifica-se que a realidade de 2006 se mantém e, desta forma, existe efluentes da rede pública de esgotos introduzidos sem tratamento na área da bacia e a presença de fossas sépticas. Assim, é necessário atribuir o valor mais alto do parâmetro W, ou seja, 5.

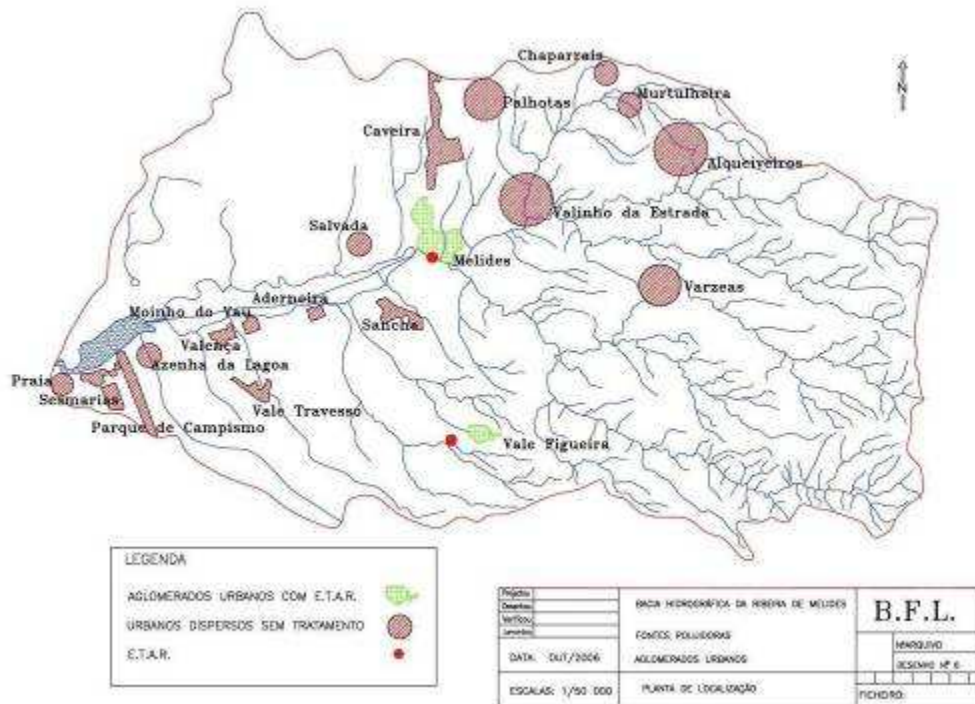


Figura 38 – Mapa de aglomerados urbanos e a presença de ETAR e fossas sépticas na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)

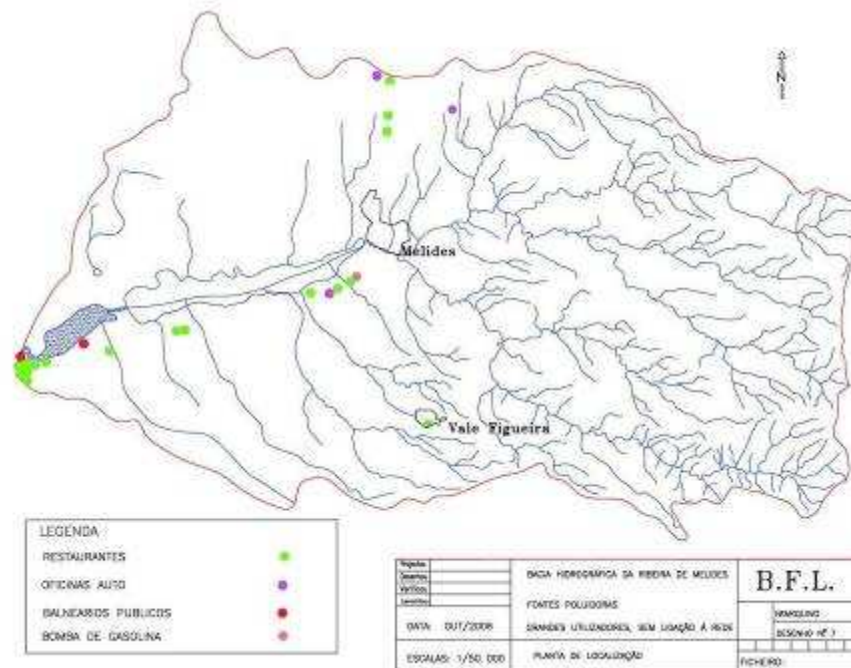


Figura 39 – Mapa de estabelecimentos comerciais sem acesso à rede de águas residuais na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)

Devido ao baixo caudal da ribeira de Melides e ao pequeno volume que esta abrange, não se verifica a capacidade de actividades aquáticas na lagoa. Visto ser uma zona muito turística existem muitas estradas e caminhos de terra batida que permitem o movimento de veículos motorizados e, desta forma, atribuiu-se o valor 3 do parâmetro R.

Em termos agrícolas verifica-se no CORINE Land Cover de 2006 (Lourenço *et al.*, 2010), que existem diferentes culturas temporárias ou permanentes, arrozais, pomares e sistemas culturais e parcelares complexos. É necessário ter em conta, igualmente, a vasta presença de agro-pecuária que pode causar elevado impacte nos recursos hídricos.

Tendo em conta o Guia Técnico nº 11 do ERSAR (Lobo Ferreira *et al.*, 2009) verifica-se que, da lista de actividades agrícolas a considerar, pode considerar-se a presença de a) culturas com aplicação de pesticida, b) pastagens intensivas, c) pastagens com fraca utilização, d) quintas (cf. Figura 40) e e) vida selvagem (principalmente junto à lagoa).

Mais de cinco actividades a decorrer numa bacia localizada numa região ainda muito dependente da agricultura. Este conjunto enorme de actividades agrícolas coloca a bacia com o valor mais alto (5) no parâmetro A do índice WRASTIC.

A bacia da ribeira de Melides apresenta uma área de 60,16 km², logo, apresenta o valor 2 (grupo entre 38,85 – 155,39 km²) no parâmetro “Área da bacia (S)”.

Em termos de “Estruturas de transportes (T)” verifica-se que esta bacia está bem localizada em termos ambientais visto que não apresenta nenhuma auto-estrada, nem caminho-de-ferro a atravessá-la. Tendo apenas algumas via-rápidas e outras estradas na bacia, a bacia é avaliada em 3 no parâmetro T do WRASTIC.

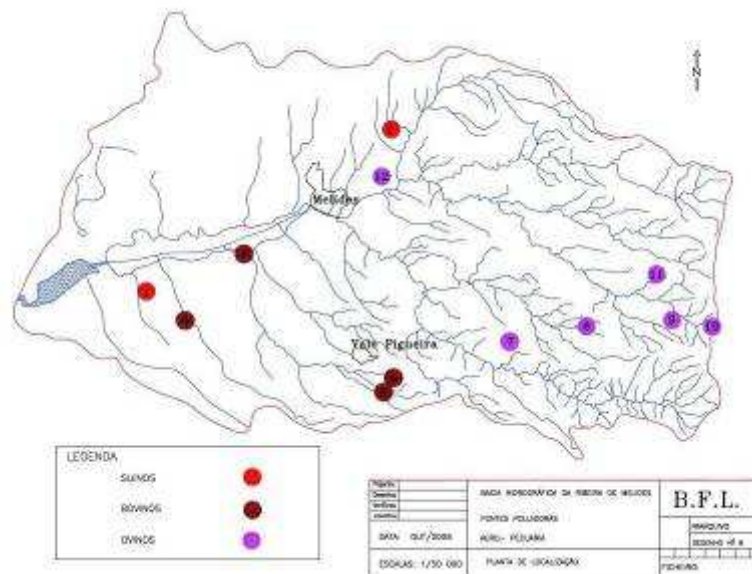


Figura 40 – Mapa de habitações com agropecuária na bacia hidrográfica de Melides (retirado de CCDR Alentejo, 2006)

Em relação à indústria verifica-se que apenas existem pequenas empresas ao nível familiar (eg. oficinas de automóveis). Assim, considera-se que a indústria produz descargas poluentes mínimas ou tem um impactes mínimos no meio envolvente estando, portanto, o parâmetro I avaliado em 2.

Por fim, verifica-se pela informação do CORINE LAND COVER 2006 e pela visualização da Figura 41, imagem em Google Earth da zona em estudo, que a região está densamente coberta por vegetação e não apresenta grandes zonas urbanas, a maior localidade é Melides com menos de 1800 habitantes. Assim considera-se o parâmetro C, “Cobertura vegetal do solo”, com o valor mais baixo, isto é, 1.



Figura 41 – Imagem Google Earth da zona de Melides

O resultado final obtido para a bacia da ribeira de Melides foi de 41, valor considerado como sendo de sensibilidade moderada.

É de maior importância analisar neste estudo que **a incerteza sobre a existência e o impacto das indústrias agropecuária tem grande influência na avaliação final WRASTIC.**

5.3 Caso de estudo no Algarve

O estudo da vulnerabilidade na zona de estudo no Algarve pelo método WRASTIC já tinha sido previamente apresentado em Oliveira (2007). Apresentam-se de seguida os dados de entrada e respectivos resultados obtidos.

Para a bacia referente à albufeira da barragem do Funcho (e da barragem do Arade) verificou-se a seguinte atribuição dos parâmetros WRASTIC:

- W: No INSAAR-INAG verificou-se a ausência de ETARs ou descarga de águas residuais na área mas existem certas suiniculturas de média e grande dimensão. Facto que também possível de se verificar na qualidade da água da barragem do Funcho que nos últimos anos verificou a presença de Coliformes Fecais. Valor WRASTIC - 3;

-R: Este parâmetro obteve-se pela observação do estatuto da albufeira do Funcho onde as actividades motorizadas são proibidas mas outras actividades de lazer são permitidas de uma forma restrita. Valor WRASTIC - 4;

-A: Das actividades consideradas no Guia Técnico nº11 (Lobo Ferreira *et al.*, 2009) verificou-se, pela observação de mapas de ocupação de solo disponíveis pelo CORINE Land Cover e pelo conhecimento da área, que existem pastagens (intensivas e com fraca utilização), a presença de quintas para produção de gado, a presença de vida selvagem e campos com aplicação de pesticidas. Valor WRASTIC - 5;

-S: Verificou-se que a área da bacia a montante da albufeira da barragem do Funcho (e do Arade) é aproximadamente de 224 km². Valor WRASTIC - 3;

-T: Verifica-se que a Autoestrada A2 (principal ligação Lisboa-Algarve) e a única ligação ferroviária de Lisboa ao Algarve atravessam tanto esta bacia como a bacia da albufeira de Odelouca. Valor WRASTIC - 5;

-I: Verifica-se que não existem indústrias nesta área, logo, devendo-se considerar um valor baixo. Valor WRASTIC - 1;

-C: A área está bastante (> 50%) coberta de florestas, sobreiros e outras plantas/árvores. Não apresenta grandes zonas urbanas. Valor WRASTIC- 1.

Para a bacia referente à albufeira da futura barragem de Odelouca verificou-se a seguinte atribuição dos parâmetros WRASTIC:

- W: No INSAAR-INAG verificou-se a presença de ETARs e descarga de águas residuais na área, para além da existência de suiniculturas de média e grande dimensão. Valor WRASTIC- 5;

-R: Para este parâmetro considerou-se que sendo a barragem de Odelouca para fins de reservatório para produção de água para consumo humano deverá ter o mesmo estatuto que a barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 4;

-A: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 5;

-S: Verificou-se que a área da bacia a Montante da albufeira de Odelouca é aproximadamente de 393 km². Valor WRASTIC - 4;

-T: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho: Valor WRASTIC - 5;

-I: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 1;

-C: Obteve-se o resultado semelhante à análise efectuada para a bacia da albufeira da barragem do Funcho. Valor WRASTIC - 1.

Os resultados finais obtidos para cada uma das bacias foram de 40 para a bacia a montante da estação hidrométrica da Casa Queimada (Arade e Funcho) e de 47 para a bacia a montante da estação hidrométrica de Monte do Pachecos (Odelouca). Ambos os valores são considerados valores de sensibilidade moderada. No entanto, retira-se conclusão semelhante à do caso de estudo de Melides, torna-se necessário prosseguir a análise devido à incerteza dos impactos das pressões nas bacias analisadas.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Julho de 2011

VISTOS

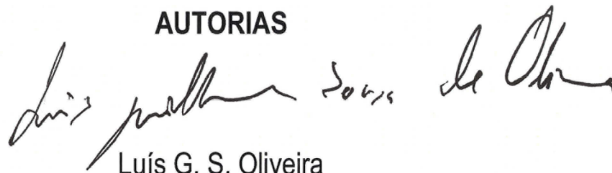


J.P. Cárcamo Lobo Ferreira
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas

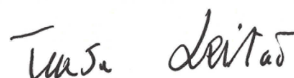


Rafaela de Saldanha Matos
Directora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente

AUTORIAS



Luís G. S. Oliveira
Mestre em Engenharia do Ambiente
Bolsheiro de Investigação
Núcleo de Águas Subterrâneas



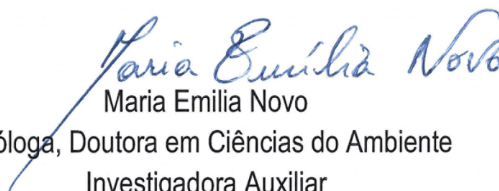
Teresa E. Leitão
Doutora em Hidrogeologia
Investigadora Principal com Habilitação
Núcleo de Águas Subterrâneas



J.P. Cárcamo Lobo Ferreira
Doutor Eng. Civil
Investigador-Coordenador
Núcleo de Águas Subterrâneas



Manuel Mendes Oliveira
Doutor em Hidrogeologia
Investigador Auxiliar
Núcleo de Águas Subterrâneas



Maria Emilia Novo
Geóloga, Doutora em Ciências do Ambiente
Investigadora Auxiliar
Núcleo de Águas Subterrâneas

Bibliografia

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998) – "Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements", FAO, Irrigation and Drainage Paper, nr. 56.

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo – CCDR Alentejo (2006) – "Fontes poluidoras: Bacia Hidrográfica de Melides". Trabalho desenvolvido pela brigada de fiscalização do litoral.

Lobo Ferreira, J.P. (1981, 1982) – "Mathematical Model for the Evaluation of the Recharge of Aquifers in Semiarid Regions with Scarce (Lack) Hydrogeological Data". Proceedings of Euromech 143/2-4 Setp.1981, Rotterdam, A.A. Balkema (Ed. A. Verruijt e F.B.J. Barends). Também: Memória N° 582, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1982.

Lobo Ferreira, J. P. C.; Leitão, T. E.; Oliveira, M. M.; Rocha, J. S.; Barbosa, A. E. (2009) - "Protecção das Origens Superficiais e Subterrâneas nos Sistemas de Abastecimento de Água". Série Guias Técnicos, 11, Edição IRAR e LNEC, ISBN 978-989-95392-6-6, 198 pp.

Lourenço N.; Machado, C.; Norberto, S.; Vilhena, J.; Pires, A. (2010) – "Água, ecossistemas aquáticos e actividade humana. Uma abordagem integrada e participativa na definição de estratégias inovadoras e prospectivas de gestão integrada de recursos hídricos no sul de Portugal – Prowaterman: Relatório de actividades desenvolvidas pela equipa da Universidade Atlântica". Barcarena.

Oliveira, L. (2007) - "Soluções para uma gestão adequada de bacias hidrográficas e de sistemas aquíferos, em cenários de escassez hídrica extrema. Aplicação ao sistema aquífero Querença-Silves (Algarve) no âmbito da Acção de Coordenação ASEMWaterNet". IST, Mestrado em Engenharia do Ambiente, 102 pp.

Oliveira, M.M. (2004, 2006) – "Recarga de águas subterrâneas: Métodos de avaliação". Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp., 2004. Também: Teses e Programas de Investigação - TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.

Oliveira, M.M. (2011) – "Conceptualização do processo de recarga e do balanço hídrico de sistemas aquíferos no planeamento de recursos hídricos por sub-bacias hidrográficas". 8º Seminário APRH sobre Águas Subterrâneas, FCUL, Lisboa, 10 e 11 de Março.

Oliveira, M.M., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P. (2008) – "Estimativa da recarga natural no sistema aquífero de Querença-Silves (Algarve) pela aplicação do modelo BALSEQ_MOD". 9.º Congresso da Água. 2 a 4 de Abril de 2008, Cascais, 15 pp.

New Mexico Environment Department - Drinking Water Bureau - NMED/DWB (2000) - "Source Water Assessment and Protection Program". Santa Fe (U.S.A), New Mexico Environment Department. Disponível na WWW: (http://www.nmenv.state.nm.us/dwb/Documents/SWAPP_2000.pdf) (Consultado em 16 Jul. 2007)

Novo, E. (2010) - "Água, ecossistemas aquáticos e actividade humana. Uma abordagem integrada e participativa na definição de estratégias inovadoras e prospectivas de gestão integrada de recursos hídricos no sul de Portugal – Prowaterman: Primeiro relatório temático- Caracterização geológica e hidrogeológica das áreas de estudo do Alentejo e Algarve". Relatório 285/2010 NAS. Lisboa.

ANEXO I – Relato da saída de campo de 22 e 23 de Fevereiro

a) Apontamentos do Eng. Luís Oliveira (LNEC)

1) Primeiro dia – 22 de Fevereiro de 2011

Todos os parceiros do projecto concentraram-se às 10h30 em Melides.

Após uma pequena introdução do Eng. Lobo Ferreira junto de um mapa turístico da região chegou-se à conclusão da necessidade de focar o estudo na bacia da ribeira de Melides. Neste ponto foi apresentada uma metodologia a aplicar à região no âmbito do projecto, metodologia esta que foi considerada em unanimidade pelos parceiros e novas ideias foram surgindo.

Seguidamente a visita de campo seguiu para a ponte na estrada Nacional N261 que intersecta a ribeira de Melides, havendo tempo para uma foto em grupo (Figura 42).



Figura 42 – Equipa do PROWATERMAN em Melides

A ponte sobre a ribeira de Melides tornou-se muito importante para uma visualização global da área e do problema:

1) Observou-se a coloração da ribeira, 2) identificaram-se os melhores locais para a implementação de diferentes monitorizações, 3) observou-se a presença das culturas na zona mais baixa e plana da bacia, 4) analisou-se a zona montanhosa a montante.

Seguindo ao longo da ribeira por um caminho pedonal, e para jusante, encontrou-se uma ponte sobre a ribeira. Nesta ponte encontrou-se por volta das 11h30 o senhor Manuel Sabino, habitante de Melides com mais de 80 anos.

Várias informações foram fornecidas pelo senhor Sabino:

- A mais importante “fonte de abastecimento” de água da ribeira de Melides é a Fonte de Olhos. Esta fonte, onde “a água vem da terra”, fornece água à população de Melides e ainda flui água em excesso para a ribeira.

- No Verão, quase não existe fluxo de água das montanhas e a ribeira, na zona a montante da Fonte dos Olhos, é alimentada na maioria pela água da fonte.

- Na sua juventude ia para a lagoa de Melides apanhar peixes.

- O senhor Sabino acha que não existe mais criação de gado bovino na região mas existem, ainda, algumas criações de gado caprino e ovino, nomeadamente em Vale Figueira.

- O senhor Sabino acha que este ano a água está mais turva que o ano passado.
- Os proprietários do arrozal junto à lagoa de Melides são os moradores dos montes Nogal e Lezíria, a Norte do arrozal;

Após o diálogo com Senhor Sabino e de alguma análise visual daquela parte da ribeira seguiu-se para montante até à Fonte dos Olhos. Na ponte da estrada Nacional, virados para montante, verificou-se a existência de dois “tipos” de água que se juntavam: Uma água com aspecto mais límpido que vinha da Fonte dos Olhos e uma água mais turva que vinha da ribeira principal, de montante.

Chegando à Fonte dos Olhos verificou-se que esta apresentava um aspecto de água limpa. Questionou-se a origem desta água, se seria do aquífero superior ou do inferior (Jurássico).

Seguindo mais para sudeste encontrou-se a ETAR de Melides. Tentou-se identificar a saída da ETAR, esta tarefa não foi possível devido à vasta vegetação à beira da ribeira.

Após esta primeira identificação da área seguiu-se o almoço, tendo antes ficado acordado, por todos os elementos do projecto, que a área de estudo seria a bacia da ribeira de Melides.

Antes de chegar ao local de almoço ainda houve oportunidade para identificar e caracterizar alguns poços da região.

Após almoço, e seguindo de carro, as equipas foram visitar os montes da Lezíria e Nogal. No monte Lezíria foi possível entrar em diálogo com os seus proprietários retirando-se algumas informações importantes:

- Quando existe caudal suficiente da ribeira de Melides utiliza-se a sua água, de forma repartida, para todos os agricultores junto à ribeira.
- Em Março é a altura de plantação dos Arrozais.

Seguidamente, a visita de campo fez-se por toda a bacia de forma a proceder às seguintes actividades:

- Analisar a geologia e morfologia da região;
- Identificar os melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos vários parceiros do projecto;
- Recolher amostras de solo da bacia;

Por volta das 18h30 terminou a visita de campo à bacia da ribeira de Melides e as equipas deslocaram-se para Faro, onde deram entrada no hotel, jantaram e terminaram o dia 22.

2) Segundo dia – 23 de Fevereiro de 2011

A concentração foi no *lobby* de entrada do hotel Alnacir em Faro às 9h00. Iniciou-se uma reunião tendo a palavra o Eng. Lobo Ferreira, coordenador do projecto. Durante cerca de uma hora e meia procedeu-se a uma discussão positiva sobre a forma de abordagem ao caso em estudo no Algarve. Por fim, chegou-se à conclusão que a metodologia de estudo deveria ser semelhante à da ribeira de Melides mas considerando que, em vez da recuperação de uma lagoa (neste caso, lagoa de Melides), o objectivo seria a obtenção na bacia do Arade de água com uma qualidade aceitável para recarga artificial. Foi então decidido que a visita de campo deveria começar pela Cruz da Assumada.

Chegando ao primeiro ponto o Professor José Paulo Monteiro desenvolveu uma explicação sobre a geologia, o modo de funcionamento, as interligações subterrâneas, as relações água superficial/subterrânea e outras características do sistema aquífero Querença-Silves.

Na Cruz da Assumada foi possível ter uma visão geral da zona em estudo do Algarve.

Após a explicação sobre características morfológicas e hidrogeológicas da região seguiu-se uma viagem de carro com paragem em vários pontos, que incluiu a Fonte Benémola. As paragens tiveram como principais objectivos:

- A análise das características geológicas da região;
- A análise da relação entre a água superficial e subterrânea;
- A visualização das características explicadas na Cruz da Assumada.

A hora do almoço foi realizada nas Nascentes de Alte.

Após almoço seguiu-se para as barragens do Arade e do Funcho (Figura 43). Chegando a uma zona elevada foi possível observar a região, as zonas em estudo e a relação entre as barragens e as possíveis zonas de recarga artificial.



Figura 43 – Vista geral da barragem do Arade

Com a impossibilidade, devido a obras, de chegar exactamente às barragens procedeu-se à viagem em sentido contrário. A viagem fez-se no sentido de atingir a zona de Fonte de Louseiros e a zona onde o estuário do Arade tem notória influência da água subterrânea do sistema aquífero Querença-Silves.

Durante o percurso foi possível proceder às seguintes actividades:

- Identificar os melhores locais para a monitorização necessária para as tarefas dos vários parceiros do projecto;
- Identificação de vários pontos de água subterrânea não-inventariados e registo dos seus principais parâmetros, tais como, localização em GPS, nível piezométrico e relação com água superficial;

Chegando à zona da ETA da Alcantarilha o Professor José Paulo Monteiro explicou a importância que os vários furos junto da ETA têm no abastecimento de água para consumo no Algarve e a grande importância que tiveram no ano de seca de 2004/2005.

Seguidamente viajou-se para a zona de Fonte de Louseiros, uma zona deprimida com muitos terrenos abandonados. Neste local pretende-se realizar estudos de recarga artificial de sistemas aquíferos.

Chegados ao local procedeu-se à análise da sua localização relativa com a barragem do Arade e à recolha de solos (Figura 44).



Figura 44 – Fonte de Louseiros

Antes da partida de regresso dos vários parceiros procedeu-se a uma pequena reunião em Fonte de Louseiros e garantiu-se coerência dos objectivos e das actividades a desenvolver entre todos os parceiros para o caso em estudo no Algarve.

Os elementos da Universidade do Algarve, da Universidade Atlântica e da Faculdade de Ciências de Lisboa terminaram a visita de campo em Fonte de Louseiros. Os elementos do Núcleo de Águas Subterrâneas, antes de seguirem para Lisboa, foram até ao estuário do Arade onde foi possível analisar a relação entre a água subterrânea e a água superficial. Nesta zona verificou-se, na mesma secção de rio, diferentes estilos de vegetações em cada lado do rio, uma vegetação mais usual em água doce e outra em água salgada.

b) Apontamentos da Dra. Emília Novo (LNEC)

1. Melides:

A. Montante de Valinho da Estrada – A zona de cabeceira da bacia hidrográfica é de xisto, havendo contacto por falha com Terciário ao início da Serra de Grândola, sendo visível na barreira da estrada que vai para Melides após a saída da auto-estrada para o Algarve.

A montante de Valinho da Estrada a ocupação do solo é de sobreiral, matos, pinhais interm misturados com matos e, imediatamente antes de Valinho, eucaliptal (ver Figura 45).

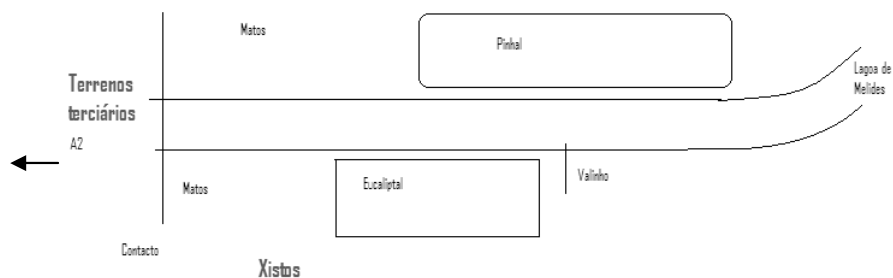


Figura 45 – Contacto entre formações terciárias e xistos e ocupação vegetal na envolvente de Valinho da Estrada (esboço não à escala)

B. Valinho da Estrada – O contacto entre o xisto e as formações de cobertura terciária do Terciário de Melides ocorre praticamente no final da povoação de Valinho sendo detectável na barreira da estrada. Nesta estrada de Valinhos o contacto faz-se directamente entre o Maciço Antigo e o Terciário, nunca aflorando Jurássico (ver Figura 46).

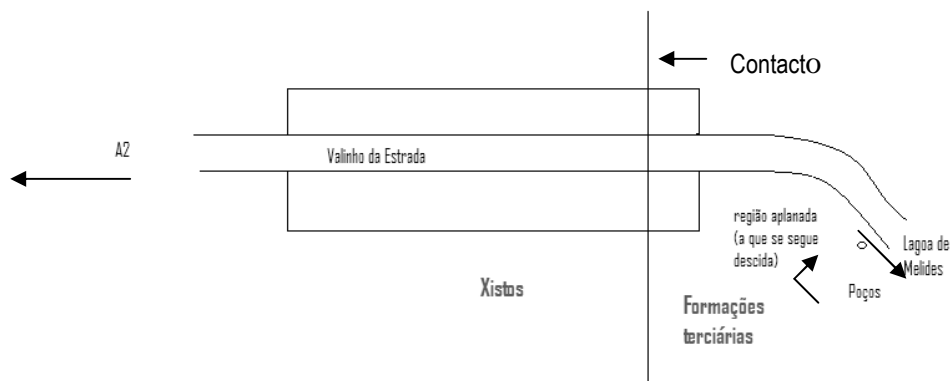


Figura 46 – Contacto entre xistos e formações terciárias na região de Valinho da Estrada

Na zona terminal de Valinho da Estrada e sector imediatamente a jusante existe uma zona aplanada, sita já em terrenos terciários, ocupada por agricultura (pastos, etc.) e por matos e floresta.

C. Melides: Fonte dos Olhos (zona da 1ª paragem) – sita a montante da zona baixa de várzea, delimitando aproximadamente o seu extremo de montante, encontra-se no vale da ribeira de Melides, a jusante imediato da povoação (ver Figura 47). A localização da Fonte dos Olhos está em continuação com a falha que se prolonga desde trás da ETAR (sita a montante desta Fonte) e define o vale da ribeira de Melides, criando um ressalto na margem direita, em que o bloco abatido contém a ribeira e o bloco elevado a povoação (ver Figura 48 e Figura 49). A geologia deste local é constituída por depósitos terciários, que são aqui representados por areias muito finas amareladas, pouco argilosas (ao esfarelamento nos dedos), muito friáveis; no bloco abatido, em frente à ETAR, parece aflorar xisto. Colocou-se a dúvida se este afloramento seria devido aos trabalhos de terraplanagem para a ETAR ou estaria já a aflorar antes dos trabalhos. Questionou-se ainda se seria material trazido de fora e que ficou muito enterrado aquando da construção. No entanto, tinha aspecto de ser *in situ*. O ponto da falha/ETAR tem as coordenadas GPS = 29S 053709; 422 2300. A Fonte dos Olhos tem um caudal bastante significativo e a água parece ter temperatura acima dos 15 °C (avaliação por mergulho da mão no caudal de saída).

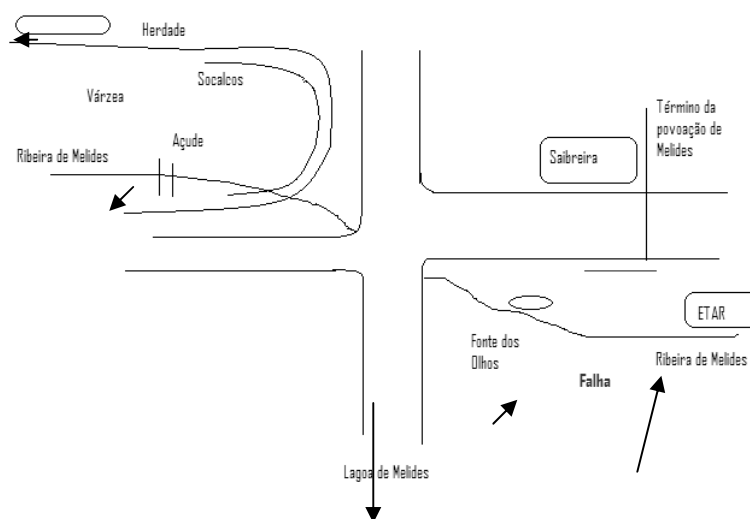


Figura 47 – Várzea a jusante da povoação de Melides e que se estende até à Lagoa de Melides

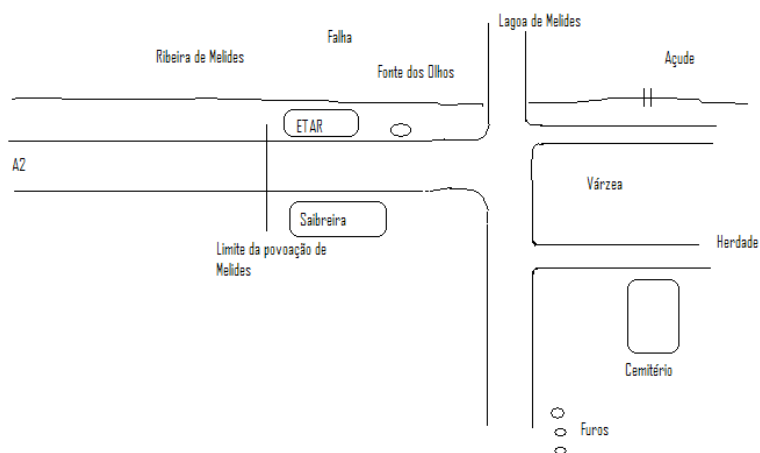


Figura 48 – Localização da nascente, ETAR, cemitério, furos e falha



Figura 49 – Aspecto da possível falha em Melides

De acordo com a informação do Sr. Manuel Sabino, a ribeira de Melides, há 45 anos, corria o ano inteiro, incluindo na zona de xisto; agora corre sempre de Melides para baixo (ou seja a jusante de Fonte dos Olhos) mas não corre no xisto nos períodos de não chuva. Este senhor refere que houve redução do caudal da ribeira ao longo dos anos, sendo que hoje o caudal é inferior ao do passado. A Fonte dos Olhos abastece 170 ha de campos agrícolas e basicamente define o caudal da ribeira a jusante. A ETAR descarrega para a ribeira. A Lagoa de Melides, no passado (há mais de 50 anos) estava sempre cheia e havia muitos pássaros e peixes e a água era limpa; depois a lagoa açoreou e a qualidade da água degradou muito, hoje em dia já não tem eiroses.

Foi referido que a herdade situada na margem direita da ribeira de Melides (ver esboços 3 e 4) tinha muitos porcos há 30 anos.

As observações de campo a 22/2/2011, menos de 1 semana após um período de chuva, mostram que as águas na ribeira são sempre algo enevoadas com uma espécie de carga em suspensão esbranquiçada, não apenas na zona de Melides mas ao longo de toda a bacia, incluindo a zona de xisto. Também, nesta data, o fluxo ocorria não apenas a jusante da Fonte dos Olhos mas em toda a zona de xisto. O Prof. José Paulo Monteiro diz que muito pouco tempo após o fim dos períodos de chuva a água deixa de correr no xisto, passando a ocorrer só nos terrenos a jusante.

D. Aldeia e laranjais a caminho da barra da Lagoa – zona de ocupação agrícola na área baixa, com sementeiras e laranjais (estes junto ao núcleo habitacional). É alcançada tomando a estrada que vira à esquerda no cruzamento assinalado na Figura 47, e que se dirige para o Parque de Campismo e Lagoa de Melides. Nesta zona há um conjunto de poços e foram medidos nestes poços níveis de água (cf. Quadro 1, data 22/2/2011; ver Figura 50):

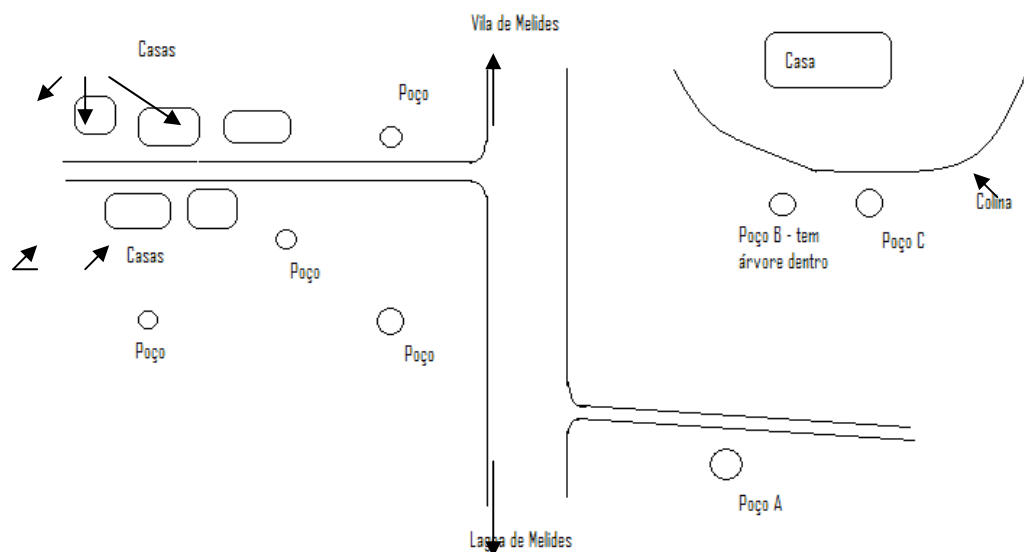


Figura 50 – Localização dos poços

E. Lagoa de Melides/Zona da Barra – A 22/2/2011 a Lagoa tinha a ligação com o mar aberta, devido a um temporal poucos dias antes (diziam as pessoas locais que eram vagas de até 10 m), o qual abriu a barra – não houve portanto intervenção humana (o abrir da barra por máquinas é chamado pelas pessoas com “a Lagoa ir ao mar”) – e a Lagoa estava com o nível de água muito rebaixado, na realidade essencialmente convertida em sapal.

F. Caveira – na estrada de caveira ocorre um conjunto de poços sitos à beira desta estrada, do lado direito na direcção de quem segue para Melides.

G. Ponto P5 – regressando de Melides, a montante, na direcção de regresso à auto-estrada A2 e já a montante de Valinho da Estrada, a poucas dezenas de metros da margem esquerda da ribeira de Melides onde esta passa um dos portões da propriedade do Monte da Várzea. Nesta zona, situada já em terreno de xisto, a montante do contacto com o terciário de Melides, há um poço com as seguintes características apresentadas no Quadro 1 (data 22/2/2011).

Para se alcançar este poço, vira-se na estrada à esquerda, ao princípio de Valinho da Estrada, e após paragem das camionetas (de quem vai na direcção de Melides), havendo uma placa a indicar, para a direita, a povoação de Queimada. Nesta região, segundo informação de habitante local, os furos de captação atingem no geral os mais ou menos 30 m de profundidade.

H. Monte da Várzea (Ponto A1) – regressando do ponto P6 em direcção à estrada de Melides-A2 passa-se a ribeira e junto ao portão da propriedade de Monte da Várzea foi colhida amostra de solo (margem direita da ribeira), designada por A1 – Monte da Várzea. O terreno é de xisto embora na zona de recolha da amostra ocorram pequenos depósitos de aluvião grosseiro (cascalheiras) intermisturado com material argilo-arenoso.

2. Querença-Silves:

A. Cruz da Assumada – O Prof. José Paulo Monteiro falou da falha de Paderne, que passa por S. Bartolomeu da Serra e divide o sistema aquífero na metade ocidental e oriental. A falha do Algibre funciona como impermeável e define o limite S do sistema aquífero. De acordo com o Professor José Paulo Monteiro, a água que se encontra nas ribeiras ao fim de 24 horas após o fim duma chuvada é de origem subterrânea pois o tempo de escoamento máximo registado nas ribeiras da região ocorre na Ribeira de Querença (esta ribeira tem 50 km de comprimento) e é de 12 horas.

B. Barragem do Funcho – barragem para abastecimento doméstico, implantada em terrenos de Xisto, e situada a montante da barragem do Arade. A ocupação vegetal da região é de matos – parecendo corresponder à vegetação típica de pós-fogo – e manchas dispersas de sobreirais e de

pinhais de pinheiro manso. A 23/2/2011 a água desta barragem está acastanhada (aparentemente por significativo acarreo de sedimentos e possivelmente nitratos).

C. Barragem do Arade – barragem para rega. As águas estão também com cor denunciativa de má qualidade, turva.

D. Fonte de Louseiros – na zona deprimida junto da estrada que vai para Silves, foi colhida amostra de solos, no ponto com as coordenadas: 29S 0557721; 4116612.

E. Quinta do Mata Mouros – junto a Silves ocorrem descargas do aquífero para o rio Arade. Na margem esquerda observam-se poços com nível similar ao do rio, com água doce quando no rio a água é salobra. A diferença é também assinalada na vegetação, que na margem esquerda é dominada por canaviais, silvados e outra vegetação ripícola e na margem direita (Silves) é dominada por áreas de sapal.

ANEXO II – Relato da saída de campo de 7 de Abril de 2011

O Eng. Luís Oliveira e a Dra. Maria José partiram para Melides às 9h30 tendo chegado à zona de estudo vindo de Norte pela Nacional 120. A chegada à zona em estudo foi feita por volta das 11h00. O primeiro ponto a ser procurado foi o ponto P19. Para se chegar a este ponto é necessário sair da N120 para uma estrada de terra batida a Oeste, junto da saída para Melides, e seguir o seguinte croqui exposto em Croqui 1.



Croqui 1 – Caminho para P19 (escala aproximada)

O ponto P19 é um poço abandonado, por baixo de uma árvore e que fica a cerca de 50 m da estrada de terra batida. A água aparentava boa qualidade e no poço apenas flutuavam algumas folhas de árvores. Todos os dados quantitativos e qualitativos de todos os pontos registados estão nas tabelas do capítulo 3. Junto a este ponto retirou-se uma amostra de solo para análise. Esta zona é maioritariamente argilosa.

De seguida seguiu-se para Melides (pelo caminho passou-se por Valinho da Estrada) virando numa estrada de terra batida, após Samoca, para os pontos P16 e P17. Entretanto também se encontrou um ponto extra que passou a ser denominado de P17A. Para se chegar a estes pontos é necessário seguir o seguinte croqui exposto em Croqui 2.



Croqui 2 – Caminho para P17, P17A e P16

O ponto P17 está a 100 m da estrada para Este numa zona de desnível da estrada – o ponto vê-se da estrada, está abandonado e é de fácil acesso (Figura 51).



Figura 51 – Zona envolvente do poço P17

A água deste poço estava turva e com alguns batráquios. A zona à volta do poço era um terreno arenoso.

Seguindo a estrada de terra batida encontram-se várias casas de ambos os lados. Junto a um laranjal a 20 metros a Este da estrada encontra-se o poço P17A (Figura 52).



Figura 52 – Zona envolvente do poço P17A

O poço P17A está dentro de uma pequena herdade coberta por arame farpado e pertence à família Pereira, constituída pela senhora Deolinda Pereira e o senhor Elias Gamito Pereira. Apesar do arame farpado o poço é de fácil acesso junto à estrada pois existem zonas mais abertas.

Dialogando com a senhora Deolinda obteve-se algumas informações:

- A família já não utiliza o poço;
- Possuem um furo na zona mais baixa da herdade;
- A herdade tem alguns animais: gado bovino, ovino e galinhas;
- Podemos aceder ao poço 17A sem problemas.
- Naquela zona existem muitos outros poços;

Após medições no ponto P17A seguiu-se estrada acima, virando à esquerda até ao ponto P16. O poço P16 encontra-se mesmo à beira da estrada num descampado (fácil acesso - Croqui 3). Pertence à senhora Dulce Batista que não se encontrava em casa pois estava no emprego (segundo a vizinha).



Croqui 3 – Acesso ao poço P16

Este é o poço mais a Norte da bacia da ribeira de Melides.

A água do ponto P16 apresentava-se ligeiramente turva, apresentava uma ligeira transparência até 1 m de profundidade, batráquios e algas junto à borda do poço.

Junto ao ponto retirou-se uma amostra de solo para análise. Esta zona é muito arenosa. Seguindo pela estrada de terra batida, para Oeste, encontrou-se um cruzamento com a Nacional 261 onde existe um restaurante e onde se almoçou.

Por volta das 15:00 seguiu-se caminho para o ponto P15, descendo a N261 em direcção a Melides, passando por Caveira.

O P15 fica em propriedade privada a Este da estrada Nacional (Croqui 4 e Croqui 5). O poço pertence à Sra. Lina Pereira que referiu que o poço quase não é utilizado e no Verão seca. Por estes motivos, os proprietários daquele terreno decidiram fazer um furo para as suas colheitas.



Croqui 4 – Acesso ao poço P15



Croqui 5 – Acesso ao poço P15

O poço apresentava a superfície coberta de algas verdes e batráquios. A água do poço P15 é meio turva numa cor acastanhada.

A zona à volta do P15 é uma zona de cultivo com muitos poços (Figura 53).



Figura 53 – Zona envolvente ao poço P15

Seguindo a mesma Nacional para Sul encontrou-se à entrada de Melides uma estrada para Oeste que indicava o cemitério. Deixando o cemitério no lado direito seguiu-se a estrada de terra batida em procura do ponto P13. Encontrando o P13, que se encontra dentro de uma propriedade privada, verificou-se que este estava totalmente vedado com arame e, em diálogo com os proprietários do poço, percebeu-se que o poço já tinha secado e tinha sido feito um furo.

Segundo os proprietários do poço (família Rocha, proprietários do mercado Rocha em Melides) a água deste estava a cerca de 1 m de profundidade há 15 anos mas com o assoreamento a Sul o nível baixou muito. Assim, foi-nos indicado novo poço numa zona mais alta e a Norte.

O novo poço encontrado passou a ser denominado de P13. Este poço está abandonado, escondido no meio de vegetação, fica a 50 m de uma casa de madeira que aparenta estar abandonado e junto a cactos (Figura 54).



Figura 54 – Vista geral do poço P13

O novo ponto P13 não é de fácil acesso para um automóvel. Apesar de se ter seguido outro percurso na saída de campo aconselha-se o croqui a seguir apresentado (Croqui 6). O novo ponto P13 apresenta um nível piezométrico muito profundo e ao se retirar água verificou-se que esta é meio turva.



Croqui 6 – Acesso ao poço P13

De seguida tentou-se encontrar o ponto P14 (perto do cemitério), no entanto, tal não foi possível. Encontrou-se, em alternativa, uma estrutura abandonada semelhante a uma fonte.

Decidiu-se analisar um outro poço que se denominou inicialmente por P14A e passará a ser designado de P14.

O poço P14 está dentro de uma propriedade e está seco.

De seguida seguiu-se para o ponto P9, passando em Melides para uma pequena pausa na Fonte dos Olhos. Para se chegar ao ponto P9 é necessário seguir pela N261 até perto de Sancha e depois virar para Sul na bomba de gasolina da AVIS (Croqui 7).



Croqui 7 – Acesso ao poço P9

O ponto encontra-se abandonado num descampado relativamente perto da estrada de alcatrão.

Verificou-se que a água no ponto P9 também estava totalmente coberta à superfície com algas verdes e diferentes animais.

Após medições do P9 voltou-se para trás para a N261 para se seguir para o ponto P10.

Para se atingir o P10 é necessário virar para NO na nacional para uma estrada de terra batida (Croqui 8). Esta estrada vai dar à zona dos arrozais.



Croqui 8 – Acesso ao poço P10

O ponto P10 encontra-se do lado esquerdo da estrada quando nos deslocamos no sentido do arrozal e fica ao lado de uma casa. O P10 está meio fechado mas há acesso à água. Possui, ainda, uma “bomba” manual da água. A água estava meia turva.

Voltando para trás à procura do P20 encontrámos alguns moradores que nos informaram que não existia nenhum poço naquela zona e por isso desistiu-se de procurar o ponto P20 e assumiu-se que este poço já não existia. Decidiu-se, portanto, pela procura do poço P5.

Para aceder ao ponto P5 é necessário seguir a N216 e virar à direita na estrada que segue para a foz da lagoa de Melides. Assim que se entrar nessa estrada há uma herdade do lado esquerda denominada “Monte da Avermeira” e do lado direito da estrada existe uma estrada de terra de batida. Entrando nessa estrada de terra batida, o P5 fica a 50 m a Oeste da estrada, no entanto, aconselha-se o estacionamento do automóvel uns 10 m antes do visionamento do poço (Croqui 9 e Croqui 10).



Croqui 9 – Acesso ao ponto P5



Croqui 10 – Acesso ao poço P5

O poço P5 também aparentava estar abandonado e estava meio fechado (Figura 55). Removendo uns tijolos é possível ter-se acesso à sua água.



Figura 55 – Zona envolvente do poço P5

Seguindo a estrada de ligação à foz da lagoa de Melides passa-se algumas localidades, nomeadamente o Cerro da Vinha. Entrou-se numa estrada de terra batida à direita (sentido Melides – Lagoa) e chegou-se a uma pequena comunidade (diferentes famílias) que partilham um poço (Croqui 11). Passou-se a designar esse poço como sendo o poço P4.



Croqui 11 – Acesso ao poço P4

O P4 encontra-se em bombagem e estava quase totalmente fechado (Figura 56). Devido a uma pequena fuga na canalização foi possível fazer-se as análises químicas *in-situ* mas não se procedeu à medição do nível visto que as senhoras donas do poço não sabiam o caudal da bomba. Mas segundo a senhora o “seu marido sabia qual a força da bomba” e achava que o poço tinha, aproximadamente, 7 m de profundidade.



Figura 56 – Imagem do poço P4

Após medições qualitativas do poço P4 seguiu-se em procura do ponto P21.

A entrada para o P21 é numa estrada de terra batida que fica à direita (junto de restaurantes) da estrada de alcatrão (sentido Melides – Lagoa) a cerca de 1 km das Sesmarias.

Na estrada de terra batida encontra-se o poço do lado direito (a 20 m) após se ter andando uns 100 m. O P21 encontra-se junto a casas abandonadas e no fim da estrada de terra batida existe uma casa em bom estado mas que parecia inabitada na altura (Croqui 12).

O poço está abandonado e de fácil acesso. A superfície da água estava cheia de batráquios e coberta de algas verdes.



Croqui 12 – Acesso ao poço P21

A medição do P21 foi feita às 19h20.

Anexo IV – Relato da saída de campo de 9 a 11 de Maio de 2011

a) Dia 09 de Maio de 2011

A partida fez-se no LNEC por volta das 11h30 e às 13h00 estava-se a chegar à zona de Melides. O primeiro ponto de paragem foi o ponto PX, um ponto subterrâneo que tinha sido identificado na saída de campo de 22 e 23 de Fevereiro.

De seguida seguiu-se para o ponto P17. Este ponto localiza-se num pequeno descampado numa zona de desnível.

Devido ao avançar da hora – eram 14h30 – o Eng. Luís Oliveira e a Dra. Maria José Henriques foram ter com a equipa de campo da FCUL e da UATLA ao centro de Melides para almoçar e reunir sobre os possíveis locais para monitorização de água superficial. Nesta primeira reunião não foram identificados os pontos, no entanto, ficou delineado o plano de trabalho para os próximos dias e ficou acordado que à noite, durante o jantar, se decidiriam os 10 pontos de água superficial.

De tarde, devido à proximidade do centro de Melides, procedeu-se à amostragem do excedente da água da Fonte dos Olhos, uma fonte que abastece a população de Melides. De seguida, seguiu-se para o ponto P17A, onde se efectuou a amostragem às 16h10.

De seguida, seguiu-se para o ponto P15, um poço que tinha sido identificado na saída de campo anterior.

Com o intuito de identificar o efeito na qualidade da água subterrânea na zona Norte dos arrozais procurou-se um poço nessa zona e foi identificado um novo poço, que passou a ser designado de P22, procedendo-se à respectiva amostragem por volta das 19h20.

O último poço amostrado foi o poço P13, que já tinha sido identificado previamente. Devido à sua localização não foi possível proceder à amostragem de mais nenhum ponto nesse dia.

A noite foi dedicada à viagem para Grândola e ao jantar no centro de Grândola juntamente com uma reunião com os elementos da FCUL e UATLA, onde ficaram identificados os 10 pontos de amostragem.

Neste dia, as amostragens realizadas visavam todos os parâmetros à excepção das amostras para análise dos parâmetros microbiológicos, dos fosfatos e dos bicarbonatos. Procedeu-se, igualmente, à verificação de parâmetros *in-situ*, neste caso, temperatura, pH, condutividade eléctrica e oxigénio dissolvido.

b) Dia 10 de Maio de 2011

O dia 10 de Maio começou muito cedo em Grândola de forma a se conseguir obter um dia mais produtivo que o anterior.

Seguindo para Melides procedeu-se à amostragem do primeiro ponto superficial, que correspondia ao primeiro ponto do dia, o ponto SUP1, localizado perto do poço PX. Esta amostragem foi feita às 9:20.

Seguindo para jusante da ribeira de Melides amostrou-se os pontos superficiais SUP2, SUP3 e SUP4, que se localizavam perto um dos outros visto que esta zona corresponde à confluência de dois rios num só, sendo o ponto SUP4 o ponto onde se amostrou a mistura dos dois rios (cf. Figura 57)

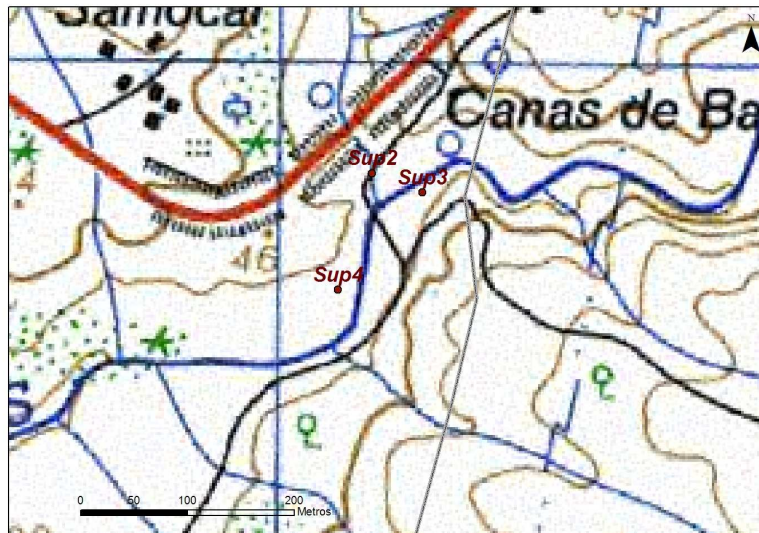


Figura 57 – Localização dos pontos SUP2, SUP3 e SUP4

Após as amostragens superficiais iniciais seguiu-se para o ponto P9, um ponto que já tinha sido identificado na saída de campo de 7 de Abril. A amostragem realizou-se às 11h00.

De seguida, procedeu-se à amostragem de mais dois pontos superficiais, o SUP5 e o SUP6, estando estes localizados a Nordeste de Vale Figueira e na zona Sul de Melides, – por baixo de uma ponte – respectivamente (cf. Figura 58).

Antes da hora de almoço procedeu-se à amostragem do ponto subterrâneo P18.

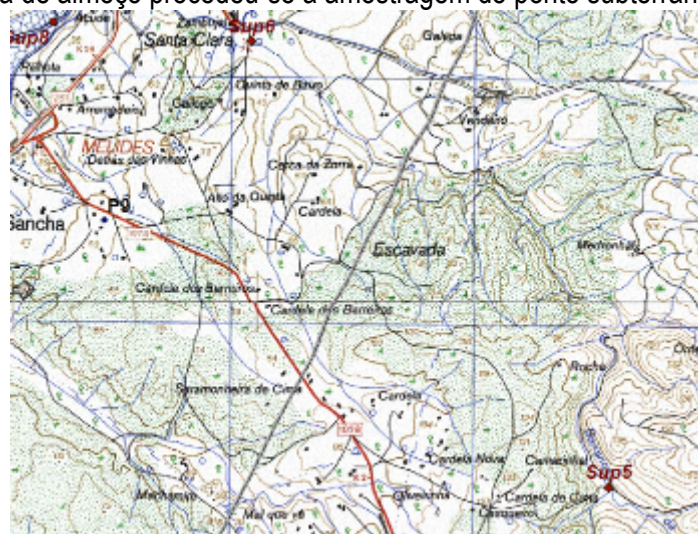


Figura 58 – Localização dos pontos SUP5 e SUP6

Após almoço, que se realizou em Melides, amostraram-se três pontos subterrâneos que já tinham sido identificados na saída de 7 de Abril. Os pontos foram o P10, P5, P4 e P21. O ponto P4 pertence a uma comunidade familiar e, como tal, este encontra-se bem resguardado e com uma bomba que permite a utilização pontual da água para limpeza do asfalto ou automóveis familiares e para a rega. O último dos quatro pontos foi amostrado às 17:05.

Visto que o ponto P21 é junto à lagoa de Melides decidiu-se amostrar a lagoa passando, dessa forma, um ponto na margem Sul da lagoa a ser designado de SUP7. Este ponto foi amostrado por volta das 18h30.

Em seguida, procedeu-se à procura de um ponto que ainda não tinha sido identificado em campo, o P3. Este ponto localiza-se na zona Sul da bacia da ribeira de Melides e dentro da área abrangida pelo sistema aquífero de Sines. Verificou-se, pelo diálogo com os habitantes locais, que todos os poços nessa zona com profundidade inferior a 50 metros encontravam-se secos. No entanto, tendo havido um estudo prévio no LNEC sobre a base do aquífero superior do sistema aquífero de

Sines, havia a noção que naquela zona a base estaria a mais de 100 m de profundidade. Assim decidiu-se utilizar um furo de um habitante local – que segundo este tinha a bomba localizada a 70 m de profundidade – e amostrou-se esse furo que se passou a designar de P3.

O último ponto subterrâneo amostrado foi o ponto P23 que se localiza junto a um laranjal e perto de uma ribeira.

Para finalizar o dia amostrou-se dois pontos superficiais na zona principal da ribeira de Melides, junto à vila. O ponto SUP8 foi amostrado junto à ponte onde decorreu o diálogo com o Sr. Albino na primeira saída de campo e o ponto SUP9 foi junto à saída de água da ETAR de Melides.

Tal como no primeiro dia também a amostragem visava todos os parâmetros à exceção das amostras para análise dos parâmetros microbiológicos, dos fosfatos e dos bicarbonatos, e procedeu-se às análises *in-situ*.

Antes da dormida que foi feita em Grândola, a Dra. Maria José Henriques conseguiu, em diálogo com os Bombeiros Voluntários de Grândola, arranjar um espaço nas suas instalações para mantermos todas as amostras frescas até à entrega ao laboratório competente.

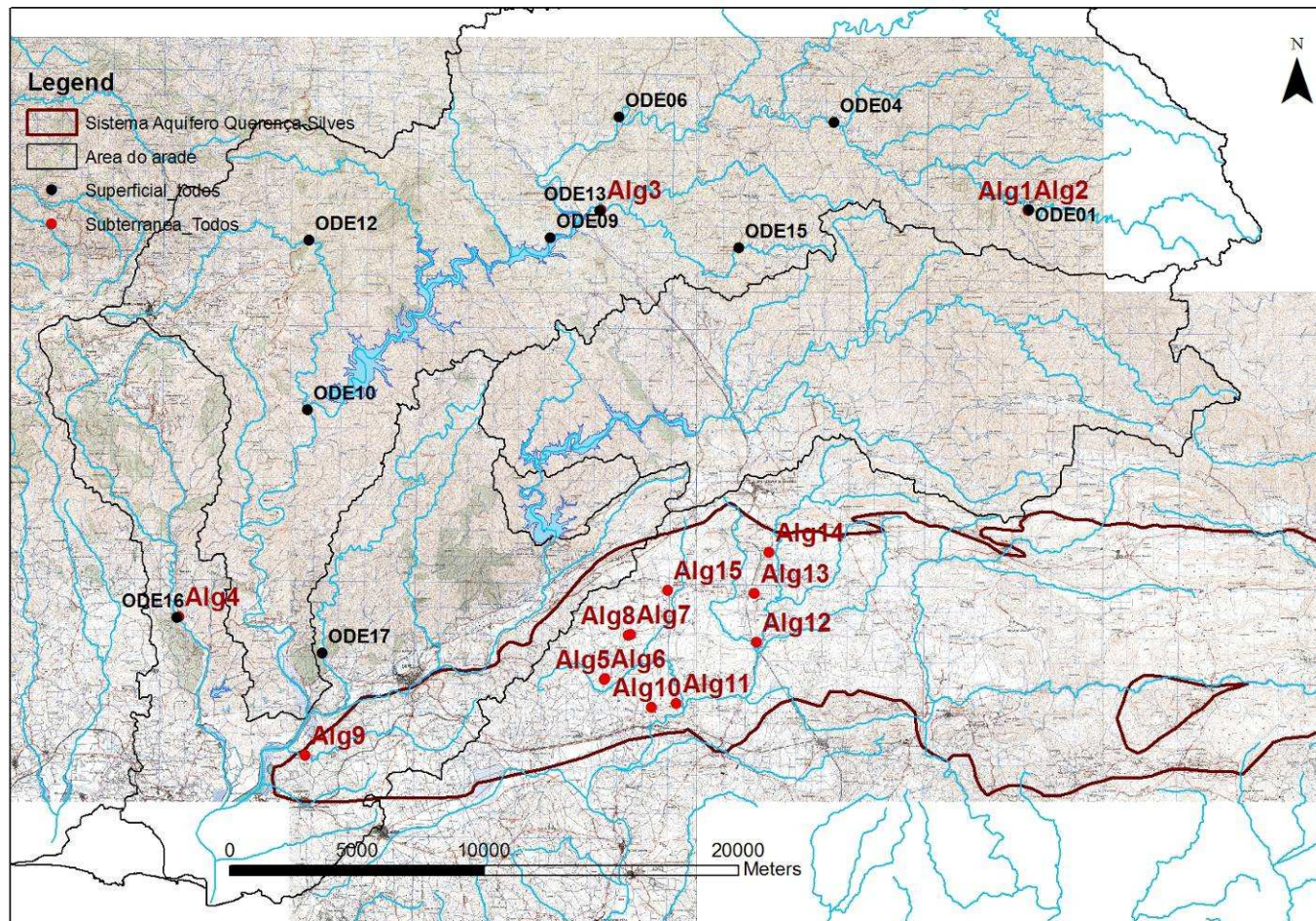
c) Dia 11 de Maio de 2011

Este dia teve de começar muito cedo pois era intenção da equipa conseguir retirar amostras dos 24 pontos visitados nos dois dias anteriores para os parâmetros ainda não amostrados (microbiológicos, fosfatos e bicarbonatos) e retirar amostras para todos os parâmetros para um ponto de água superficial (SUP10) que fica na parte principal da ribeira de Melides.

O ponto que estava em falta com todos os parâmetros (SUP10) foi amostrado às 9h30.

Por volta das 11h30 todos os pontos estavam devidamente amostrados e seguiu-se para a estação de serviço de Alcácer do Sal na A2. Chegando a essa estação de serviço, por volta das 12h15, a equipa esteve à espera do técnico do laboratório que iria tratar das análises. Após a chegada do técnico procedeu-se à troca das amostras para o veículo do laboratório e a equipa do LNEC seguiu viagem para Lisboa tendo chegado ao LNEC por volta das 17h00.

Anexo V – Localização dos pontos amostrados no Algarve



Anexo VI – Relato da saída de campo de 16 e 17 de Maio de 2011

a) Dia 16 de Maio de 2011

A concentração da equipa formada pelo Eng. Lobo Ferreira, a Doutora Teresa Leitão e o Eng. Luís Oliveira foi no LNEC. Às 9h30 a equipa estava de partida para o Algarve.

Às 12h48 estava-se a chegar ao primeiro ponto superficial, que passou a ser denominado de ODE1, localizando-se este ao pé da vila de São Barnabé. Junto a este ponto encontra-se uma nascente onde se procedeu a dois conjuntos de amostras, passando estas a ser designadas de Alg1 e Alg2.

De seguida seguiu-se para o ponto superficial ODE04, que se localiza junto a um conjunto de aldeias a Este da autoestrada A2, e procedeu-se à sua amostragem às 13h25.

Passando por debaixo da A2 chegou-se, através de estradas regionais, ao ponto superficial ODE06 que se localiza junto à estrada IC1. As amostras foram retiradas às 14h03 e de, após essa acção, seguiu-se para almoço num restaurante à beira do Itinerário Complementar 1.

Após almoço o seguinte ponto a ser amostrado foi o ponto superficial ODE13, que fica próximo de um poço de largo diâmetro. Assim amostrou-se o ODE13 e o poço, que passou a ser designado de Alg3. Estas duas amostragens foram feitas perto das 15h20.

Seguindo por estradas regionais amostrou-se os pontos superficiais ODE15, ODE9, ODE12 e ODE10, pontos estes que pertencem a bacia hidrográfica de Odelouca. O último ponto foi amostrado às 18h00.

Seguindo mais para Sul chegou-se a uma pequena ribeira da bacia hidrográfica do Arade, ribeira da Boina. Nesta ribeira e a 2 km a Sul da vila de Rasmalho procedeu-se à amostragem do ponto superficial ODE16, seguido do ponto Alg4, um poço junto à ribeira.

Para finalizar o dia amostrou-se o ponto superficial ODE17 às 19h15. Este ponto localiza-se na ribeira do Falancho a 3 km a Noroeste de Silves.

De forma a poder-se garantir uma boa qualidade das amostras era necessário que as estas ficassem num ambiente fresco e assim, com o apoio das águas do Algarve, conservou-se as amostras nos frigoríficos da ETA de Alcantarilha.

O dia terminou com a ida para Faro. Foi possível marcar uma reunião para o dia seguinte com o Professor José Paulo Monteiro e a Dra. Edite Reis da ARH do Algarve.

Devido à distância entre os pontos procedeu-se à amostragem de todos os parâmetros, que estavam previstos, em todos os pontos amostrados nesse dia.

b) Dia 17 de Maio de 2011

A manhã de dia 17 de Maio ficou marcada com uma reunião com o Professor José Paulo Monteiro e a Dra. Edite Reis da ARH do Algarve no hall principal do hotel. Nessa reunião falou-se dos objectivos propostos para o caso de estudo do PROWATERMAN no Algarve, da importância do apoio da ARH e, consecutivamente, chegaram-se a várias conclusões: a) existem locais no sistema aquífero Querença-Silves que já foram apontados como possíveis locais para recarga artificial, b) existem alguns lugares, nomeadamente ao longo da ribeira de Alcantarilha, em que a recarga artificial é muito favorável por questões geológicas, c) ao longo da história alguns habitantes procederam à recarga artificial utilizando pequenas barragens na ribeira de Alcantarilha, de forma a aumentar o tempo de permanência da água na ribeira e aumentar a taxa de recarga, d) a ligação entre a barragem de Odelouca, barragem do Funcho e a ETA de Alcantarilha é favorável aos objectivos do PROWATERMAN, e) existe uma equipa em Espanha, com boas ligações com o Professor José Paulo Monteiro, que se encontra a especializar em teste de traçadores.

Após a reunião delinear-se algumas zonas que seriam fundamentais proceder-se à amostragem de água subterrânea.

Assim, durante parte da manhã e a tarde de dia 17 procedeu-se à amostragem dos pontos de água subterrânea de designação Alg5 ao Alg15.

Os pontos analisados, na sua maioria, são furos privados onde se pediu autorização aos seus donos para se proceder à amostragem. O ponto Alg8 é uma nora abandonada e o ponto Alg9 corresponde às nascentes de Estombar.

Todos os pontos de água subterrânea amostrados neste dia, com excepção das nascentes de Estombar, localizam-se a Oeste do troço principal da ribeira de Alcantarilha e a Este da aldeia de Vale da Vila.

O primeiro ponto amostrado foi às 12h17 e o último – Alg15 – às 18h30 e, à semelhança do primeiro dia, procedeu-se à amostragem de todos os parâmetros, que estavam previstos, em todos os pontos amostrados nesse dia.

Aposto a ultima amostragem seguiu-se para a ETA de Alcantarilha de forma a recolher as amostras que lá tinham ficado guardadas e seguiu-se para Lisboa.

A chegada ao LNEC foi por volta das 21h30.

As amostras foram recebidas no dia seguinte (dia 18 de Maio) pelo laboratório responsável pela sua análise.

Anexo VII – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo em Melides – Água superficial

Parâmetro	Unidade	LQ	111100178	111100179	111100180	111100181	111100183	111100184	111100190	111100193	111100194	111100195
Anionic Surfactants as MBAS	mg/L	0,020	0,415	0,054	0,096	0,488	0,064	0,057	0,464	0,173	0,369	0,122
Alumínio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,049	0,051
Antimonio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsênio	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	mg/L	0,00050	0,0142	0,0432	0,0255	0,0322	0,0102	0,0166	0,0236	0,0287	0,0248	0,0332
Berílio	mg/L	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bório	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	0,011	<LQ	0,012	0,639	<LQ	0,020	<LQ
Cádmio	mg/L	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	mg/L	0,0050	31,0	46,9	37,5	41,7	17,4	42,5	85,4	55,6	54,4	60,7
Cromio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ferro	mg/L	0,0020	0,0139	0,238	0,0063	0,0543	0,0048	0,0104	0,0170	0,0081	0,0724	0,103
Chumbo	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0052	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0171	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	mg/L	0,0030	14,4	16,6	13,8	15,0	13,2	13,0	201	9,10	12,3	9,48
Manganês	mg/L	0,00050	0,0264	0,0201	0,00160	0,00314	0,00148	0,00292	0,00124	0,0117	0,0364	0,0454
Molibdênio	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0061	0,0023	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fósforo	mg/L	0,010	<LQ	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,017	0,040	0,479	0,044
Potássio	mg/L	0,015	1,03	2,12	1,19	1,46	1,79	1,77	115	2,34	6,13	2,64
Selênio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	mg/L	0,030	36,7	64,4	49,9	55,5	43,7	49,2	2030	46,6	61,9	46,8
Enxofre	mg/L	0,060	7,58	9,38	8,00	8,23	7,75	7,78	136	10,4	9,67	6,75
Tálio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetro	Unidade	LQ	111100178	111100179	111100180	111100181	111100183	111100184	111100190	111100193	111100194	111100195
Zinco	mg/L	0,0020	0,0124	0,0062	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0082	<LQ
Acidity pH 4.5	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidity pH 8.3	mmol/L	0,150	1,62	1,15	0,780	0,833	0,190	<LQ	0,221	0,160	0,169	<LQ
Aggressive CO2	mg/L	0	45,6	29,8	22,2	23,0	6,9	0	6,1	0,9	0	0
Alkalinity pH 4.5	mmol/L	0,150	2,48	2,91	2,55	2,66	1,42	2,74	2,08	2,80	3,10	3,04
Alkalinity pH 8.3	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ammonia and ammonium ions	mg/L	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,145	0,261	0,186	0,222
Ammonia as N	mg/L	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,113	0,203	0,144	0,173
Carbonetos	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chemical Oxygen Demand (CBO5)	mg/L	0,50	2,01	6,04	1,38	3,08	1,16	1,50	5,92	0,94	3,10	1,41
Cloretos	mg/L	1	53,4	118	66,8	83,2	69,5	71,0	3370	66,9	75,2	70,0
Free Carbon Dioxide as CO2	mg/L	0	71,2	50,7	34,4	36,7	8,3	4,3	9,7	7,1	7,4	3,8
Hydrogen carbonates	mg/L	0	152	178	156	162	86,9	167	127	170	189	185
Nitrate as N	mg/L	0,500	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,67	<LQ	1,72
Nitratos	mg/L	2,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7,39	<LQ	7,60
Nitrite as N	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0176	0,0281	0,0130	0,0345
Nitritos	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0579	0,0925	0,0426	0,113
Fosfatos	mg/L	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,141	0,047	0,130
Fosfatos (P)	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,046	0,015	0,042
Total Petroleum Hydrocarbons	µg/L	5	24,6	30,9	25,0	27,0	24,8	26,1	487	22,8	26,9	23,3
Sulfatos - SO4 2-	mg/L	0	181	179	147	154	71,0	125	101	130	144	137
Total Carbon Dioxide as CO3	mg/L	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bactérias Coliformes	NMP/100ml	2	3,5×10 ²	6,3×10 ²	3,5×10 ³	2,4×10 ³	4,9×10 ²	7,9×10 ²	4,3×10 ¹	2,4×10 ³	2,8×10 ³	7,9×10 ³
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2	2,7×10 ¹	3,5×10 ²	7,0×10 ²	6,3×10 ²	7,0×10 ¹	1,8×10 ²	4	4,9×10 ³	6,3×10 ²	3,3×10 ³

ANEXO VIII – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo em Melides – Água subterrânea

Parâmetros	Unidade	LQ	111100171	111100172	111100173	111100174	111100175	111100176	111100177	111100182	111100185
Anionic Surfactants as MBAS	mg/L	0,020			0,398			0,139		0,049	0,228
Alumínio	mg/L	0,010	<LQ	0,016	<LQ	<LQ	0,042	0,043	0,012	0,040	<LQ
Antimônio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsênio	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0074	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	mg/L	0,00050	0,0229	0,0284	0,0310	0,0348	0,0199	0,0110	0,0366	0,188	0,0314
Berílio	mg/L	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,00024	<LQ
Boro	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,011
Cádmio	mg/L	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	0,00056	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	mg/L	0,0050	37,7	2,91	55,1	13,0	26,8	8,93	21,1	26,6	43,7
Cromio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	0,0062	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/L	0,0020	0,0032	<LQ	<LQ	0,0029	0,0062	0,0039	<LQ	<LQ	<LQ
Ferro	mg/L	0,0020	<LQ	0,0200	<LQ	0,0372	0,0508	0,0195	0,160	<LQ	<LQ
Chumbo	mg/L	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	mg/L	0,0010	0,0016	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	mg/L	0,0030	15,8	3,99	6,94	7,09	7,19	3,10	6,83	12,5	13,4
Manganês	mg/L	0,00050	0,00683	0,00982	<LQ	1,18	0,0729	0,00142	0,393	0,0475	0,00261
Molibdênio	mg/L	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0026	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/L	0,0020	0,0027	<LQ	<LQ	<LQ	0,0033	<LQ	0,0038	<LQ	<LQ
Fósforo	mg/L	0,010	0,036	<LQ	0,046	<LQ	0,590	0,020	0,162	<LQ	<LQ
Potássio	mg/L	0,015	1,06	2,31	2,57	2,92	6,69	3,08	3,16	10,9	1,24
Selênio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	mg/L	0,030	38,8	11,8	40,5	15,5	35,1	20,0	31,0	18,4	50,1
Enxofre	mg/L	0,060	9,34	3,82	6,55	6,38	9,58	6,06	1,20	6,65	8,46
Tálio	mg/L	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	mg/L	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0016	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco	mg/L	0,0020	0,0266	0,0328	<LQ	0,0188	0,0264	0,0250	0,0067	0,0261	0,0178
Acidity pH 4.5	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidity pH 8.3	mmol/L	0,150	0,384	0,536	1,16	0,287	0,687	0,480	1,03	0,450	0,358

Parâmetros	Unidade	LQ	111100171	111100172	111100173	111100174	111100175	111100176	111100177	111100182	111100185
Aggressive CO2	mg/L	0	0	23,2	30,9	11,9	25,6	20,8	35,8	19,4	9,4
Alkalinity pH 4.5	mmol/L	0,150	5,03	0,155	2,80	0,860	1,41	0,164	1,67	0,347	2,45
Alkalinity pH 8.3	mmol/L	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ammonia and ammonium ions	mg/L	0,050	0,071	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,344	2,12	0,055	<LQ
Ammonia as N	mg/L	0,040	0,055	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,267	1,65	0,043	<LQ
Carbonetos	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chemical Oxygen Demand (CBO5)	mg/L	0,50	2,80	1,54	<0,50	4,15	11,6	11,8	17,1	1,00	0,94
Cloretos	mg/L	1,00	50,5	26,5	62,7	32,2	52,7	44,3	48,6	33,3	83,8
Free Carbon Dioxide as CO2	mg/L	0	16,9	23,6	50,9	12,6	30,2	21,1	45,4	19,8	15,8
Hydrogen carbonates	mg/L	0	307	9,5	171	52,5	85,9	10,0	102	21,2	150
Nitrate as N	mg/L	0,500	<LQ	0,570	2,64	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	24,2	<LQ
Nitratos	mg/L	2,00	<LQ	2,52	11,7	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	107	<LQ
Nitrite as N	mg/L	0,0020	0,0118	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0023	0,0082	0,0182	<LQ
Nitritos	mg/L	0,0050	0,0386	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0075	0,0269	0,0600	<LQ
Sulfatos - SO4 2-	mg/L	5	30,2	11,7	20,8	17,2	28,1	20,9	<5,00	22,2	27,4
Total Carbon Dioxide as CO2	mg/L	0	238	30,4	174	50,5	92,2	28,3	119	35,1	124
Total Petroleum Hydrocarbons	mg/L	0,050			<LQ			<LQ		<LQ	<LQ
Bactérias Coliformes	NMP/100ml	2	4,9×10 ²	3,5×10 ²	1,7	1,7×10 ²	7,9×10 ²	7,0×10 ²	1,1×10 ³	1,1	4,9×10 ²
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2	1,2×10 ²	7	<LQ	2,3×10 ¹	2,4×10 ²	3,4×10 ¹	1,8×10 ²	2	1,8×10 ²

ANEXO IX – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo em Melides – Água subterrânea (Continuação)

Parâmetros	Unidade	111100186	111100187	111100188	111100189	111100191	111100192
Anionic Surfactants as MBAS	mg/L	0,331	0,442	0,482	0,460		
Alumínio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,014	<LQ	0,023
Antimonio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsênio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	mg/L	0,0370	0,0940	0,0797	0,0525	0,0664	0,0286
Berílio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Boro	mg/L	0,022	0,015	0,013	0,011	<0,010	<0,010
Cádmio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	mg/L	18,8	23,1	19,1	17,4	5,14	19,3
Cromio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	mg/L	0,0022	0,0040	0,0070	0,0030	0,0058	0,0064
Ferro	mg/L	0,0034	<LQ	0,0162	0,0679	<0,0020	0,118
Chumbo	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	mg/L	3,11	14,7	12,8	8,74	12,1	6,47
Manganês	mg/L	0,00130	0,00162	0,00955	0,00666	0,0232	0,183
Molibdênio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	mg/L	<LQ	0,0031	<LQ	<LQ	0,0028	<LQ
Fósforo	mg/L	0,716	0,279	0,045	0,010	<0,010	0,662
Potássio	mg/L	11,8	12,0	12,3	4,59	4,04	10,1
Selênio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	mg/L	11,6	31,0	34,8	56,9	50,1	21,5
Enxofre	mg/L	5,32	5,74	6,60	7,40	2,09	4,49
Tálio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0015
Zinco	mg/L	0,0128	0,0284	0,0436	0,0321	0,0358	0,0443
Acidity pH 4.5	mmol/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetros	Unidade	111100186	111100187	111100188	111100189	111100191	111100192
Acidity pH 8.3	mmol/L	0,231	0,313	0,459	0,239	0,614	0,546
Aggressive CO2	mg/L	9,6	12,4	18,3	9,6	26,4	20,8
Alkalinity pH 4.5	mmol/L	0,859	1,14	1,09	1,07	<0,150	1,32
Alkalinity pH 8.3	mmol/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ammonia and ammonium ions	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,207	<LQ	0,137
Ammonia as N	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	0,160	<LQ	0,107
Carbonetos	mg/L	0	0	0	0	0	0
Chemical Oxygen Demand (CBO5)	mg/L	1,78	2,60	0,85	6,36	<0,50	7,39
Cloretos	mg/L	14,4	48,7	55,6	96,7	64,4	57,3
Free Carbon Dioxide as CO2	mg/L	10,2	13,8	20,2	10,5	27,0	24,0
Hydrogen carbonates	mg/L	52,4	69,6	66,6	65,2	8,4	80,9
Nitrate as N	mg/L	6,52	14,6	8,84	<0,500	22,8	1,68
Nitratos	mg/L	28,8	64,5	39,2	<2,00	101	7,42
Nitrite as N	mg/L	<LQ	0,0094	<LQ	0,0041	<LQ	0,0054
Nitritos	mg/L	<LQ	0,0310	0,0065	0,0136	<LQ	0,0178
Sulfatos - SO4 2-	mg/L	16,9	18,2	21,0	22,7	6,98	15,0
Total Carbon Dioxide as CO2	mg/L	48,0	64,0	68,2	57,6	33,1	82,3
Total Petroleum Hydrocarbons	mg/L	v	<0,050	<0,050	<0,050		
Bactérias Coliformes	NMP/100ml	6,3×10 ²	3,3×10 ²	7,9×10 ²	2,4×10 ²	3,4×10 ¹	2,8×10 ²
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	7	6,3×10 ¹	2,2×10 ²	<LQ	<LQ	4,3×10 ¹

Anexo X – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo no Algarve – Água superficial*

Parâmetro	LQ	111100196	111100199	111100200	111100201	111100203	111100204	111100205	111100206	111100207	111100209
Detergentes (substâncias tensoactivas aniónicas)	0,020	0,264		0,660			1,04		0,190	0,149	
Alumínio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,012	<LQ
Antimónio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsénio	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	0,00050	0,00372	0,00274	0,00318	0,00631	0,0110	0,00554	0,00837	0,00651	0,0121	0,00468
Berílio	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bóro	0,010	0,018	0,020	0,021	0,028	0,031	0,025	0,018	0,021	0,025	0,030
Cádmio	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	0,0050	9,03	10,1	11,7	24,6	40,0	16,4	11,6	12,8	14,8	5,72
Crómio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0023	<LQ	<LQ
Ferro	0,0020	0,0206	<LQ	0,0213	0,0119	0,0127	0,0612	0,0346	0,187	0,0278	0,0564
Chumbo	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	0,0010	0,0034	0,0078	0,0055	0,0185	0,0385	0,0089	<LQ	0,0011	0,0011	0,0143
Magnésio	0,0030	11,0	13,6	14,2	27,6	33,1	19,4	5,96	6,67	8,14	10,7
Manganês	0,00050	0,0127	0,00175	0,00884	0,0126	0,0190	0,0133	0,00425	0,00073	0,00134	0,00418
Molibdénio	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0021	<LQ	<LQ
Níquel	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fósforo	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,087	0,624	0,045	<0,010
Potássio	0,015	0,784	1,06	1,37	1,41	1,81	1,55	2,22	4,42	3,07	1,42
Selénio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	0,030	20,0	27,4	28,9	46,7	58,4	36,9	18,4	21,3	36,6	29,4
Tálio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetro	LQ	111100196	111100199	111100200	111100201	111100203	111100204	111100205	111100206	111100207	111100209
Zinco	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidez pH 4.5	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Acidez pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Agressividade CO2	0	4,2	3,4	3,2	3,8	4,3	3,4	4,0	5,2	0	3,2
Alcalinidade pH 4.5	0,150	0,765	0,811	1,00	1,26	1,47	1,11	0,789	1,08	1,26	0,647
Alcalinidade pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amônia em amônio iões	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,02	<LQ	<LQ
Amonia as N	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,792	<LQ	<LQ
Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0
Carência Química Oxigênio (COD)	0,50	0,81	0,78	1,08	1,14	1,37	1,24	1,30	3,26	0,82	0,79
Cloretos	1,00	35,6	45,2	47,5	77,5	92,4	60,6	24,9	27,5	39,2	45,4
Dióxido Carbono livre em CO2	0	4,4	3,6	3,6	4,5	5,5	3,9	4,2	5,8	0	3,3
Hidrogeno carbonatos		46,7	49,5	61,0	77,0	89,5	67,6	48,1	66,2	72,0	39,5
Nitrato em N	0,500	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,26	0,722	0,847	<LQ
Nitratos	2,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,58	3,20	3,75	<LQ
Nitrito em N	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0023	0,104	0,0025	<LQ
Nitritos	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0074	0,342	0,0081	<LQ
Fosfatos	0,040			<LQ						0,123	
Fosfatos (P)	0,010			<LQ						0,040	
Sulfatos - SO4 2-	5,00	33,5	47,2	53,2	125	173	74,2	21,7	21,5	27,3	32,8
Dióxido Carbono Total em CO2	0	38,1	39,3	47,5	60,1	70,1	52,7	38,9	53,6	53,6	31,8
Hidrocarbonetos Totais	0,050	<LQ		<LQ			<LQ		<LQ	<LQ	
Bactérias Coliformes	2	1,1×10 ²	1,7×10 ²	7,9×10 ¹	2,4×10 ²	3,5×10 ²	3,3×10 ²	7,9×10 ²	1,6×10 ⁴	1,7×10 ²	3,3×10 ¹
Coliformes Termo tolerantes	2	3,3×10 ¹	9	5	4,9×10 ¹	7,0×10 ¹	4,9×10 ¹	2,4×10 ²	9,2×10 ³	1,1×10 ¹	2

* as unidades são as mesmas que apresentadas nos anexos VII a IX

Anexo XI – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo no Algarve – Água subterrânea*

Parâmetros	LQ	111100197	111100198	111100202	111100208	111100210	111100211	111100212
Detergentes (substâncias tensoactivas aniónicas)	0,020							
Alumínio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antimónio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsénio	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	0,00050	<LQ	<LQ	0,00651	0,0236	0,0133	0,0136	0,0283
Berílio	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bóro	0,010	0,015	0,014	0,033	0,032	0,027	0,027	0,028
Cádmio	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	0,0050	8,43	8,50	30,5	18,7	107	111	127
Crómio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	0,0020	<LQ	<LQ	0,0033	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Ferro	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	0,0010	0,0410	0,0412	0,0169	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	0,0030	15,6	15,7	32,0	11,2	43,2	44,4	62,8
Manganês	0,00050	0,00373	0,00376	0,0877	<LQ	<LQ	<LQ	0,00214
Molibdénio	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	0,0020	0,0080	0,0081	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fósforo	0,010	0,020	0,022	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,059
Potássio	0,015	0,599	0,582	1,01	4,33	1,20	1,25	2,78
Selénio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	0,030	15,1	15,0	46,5	41,1	46,5	47,6	46,2
Tálio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco	0,0020	0,0042	0,0037	0,0216	0,0256	0,0122	0,0079	0,0386
Acidez pH 4.5	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetros	LQ	111100197	111100198	111100202	111100208	111100210	111100211	111100212
Acidez pH 8.3	0,150	0,342	0,277	0,360	0,225	0,328	0,362	0,299
Agressividade CO2	0	14,7	11,9	12,7	7,7	0	0	0
Alcalinidade pH 4.5	0,150	0,498	0,504	1,94	1,65	6,16	6,18	6,71
Alcalinidade pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amônia em amônio iões	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amonia as N	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0
Carência Química Oxigênio (COD)	0,50	0,55	<LQ	1,08	<LQ	<LQ	0,54	7,49
Cloretos	1,00	27,3	27,4	77,2	40,8	198	105	70,0
Dióxido Carbono livre em CO2	0	15,1	12,2	17,2	9,9	14,4	16,0	13,2
Hidrogeno carbonatos		30,4	30,7	120	100	376	377	409
Nitrato em N	0,500	<LQ	<LQ	<LQ	1,54	12,4	7,05	19,7
Nitratos	2,00	<LQ	<LQ	<LQ	6,80	55,0	31,2	87,3
Nitrito em N	0,0020	<LQ	<LQ	0,0056	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nitritos	0,0050	<LQ	<LQ	0,0185	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fosfatos	0,040							
Fosfatos (P)	0,010							
Sulfatos - SO4 2-	5,00	66,0	67,7	119	32,2	96,6	52,7	95,9
Dióxido Carbono Total em CO2	0	37,0	34,3	104	82,4	286	288	308
Hidrocarbonetos Totais	0,050							
Bactérias Coliformes	2	5	<LQ	4,9×10 ²	7,9×10 ¹	5	<LQ	9,2×10 ³
Coliformes Termo tolerantes	2	<LQ	<LQ	2,2×10 ²	2,3×10 ¹	2	<LQ	5,4×10 ³

* As unidades são as mesmas que apresentadas nos anexos VII a IX

ANEXO XII – Resultados dos parâmetros analisados em laboratório no caso de estudo no Algarve – Água subterrânea (Continuação)

Parâmetros	LQ	111100213	111100214	111100215	111100216	111100217	111100218	111100219	111100220
Detergentes (substâncias tensoactivas aniónicas)	0,020		0,106		0,098	0,106		0,030	0,117
Alumínio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Antimónio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsénio	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	0,00050	0,0164	0,0138	0,0168	0,0184	0,0217	0,0170	0,0459	0,0122
Berílio	0,00020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bóro	0,010	0,028	0,310	0,033	0,037	0,205	0,025	0,100	0,030
Cádmio	0,00040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cálcio	0,0050	116	129	119	113	119	158	119	127
Crómio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	0,0020	0,0021	<LQ	<LQ	0,0039	<LQ	<LQ	0,0033	<LQ
Ferro	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Lítio	0,0010	<LQ	0,0077	<0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Magnésio	0,0030	46,3	113	47,4	48,9	45,8	68,3	49,2	25,0
Manganês	0,00050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,00188	0,00344	0,00173	<LQ
Molibdênio	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0056	<LQ	<LQ
Fósforo	0,010	<LQ	<LQ	0,026	<LQ	<LQ	<0,010	<LQ	0,097
Potássio	0,015	1,26	49,0	1,79	1,80	9,58	1,90	2,19	1,26
Selênio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Prata	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Sódio	0,030	31,6	820	47,7	49,7	55,0	56,6	49,8	33,6
Tálio	0,010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Vanádio	0,0010	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0015
Zinco	0,0020	0,0239	<0,0020	0,0028	0,0323	0,0559	0,617	0,0084	<LQ
Acidez pH 4.5	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Parâmetros	LQ	111100213	111100214	111100215	111100216	111100217	111100218	111100219	111100220
Acidez pH 8.3	0,150	0,307	0,409	0,285	0,317	0,473	0,484	0,435	0,345
Agressividade CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidade pH 4.5	0,150	6,39	6,16	5,91	6,06	6,64	7,57	6,64	6,16
Alcalinidade pH 8.3	0,150	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Amônia em amônio iões	0,050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,281
Amonia as N	0,040	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,218
Carbonatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carência Química Oxigênio (COD)	0,50	0,51	2,56	0,60	0,63	0,60	0,73	0,54	<0,50
Cloretos	1,00	53,6	1720	113	110	72,8	187	86,6	62,8
Dióxido Carbono livre em CO2	0	13,5	18,0	12,6	14,0	20,8	21,3	19,1	15,2
Hidrogeno carbonatos		390	376	360	370	405	462	405	376
Nitrato em N	0,500	11,9	6,81	11,6	9,46	15,2	32,9	5,51	8,83
Nitratos	2,00	52,7	30,1	51,4	41,9	67,4	146	24,4	39,1
Nitrito em N	0,0020	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nitritos	0,0050	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fosfatos	0,040								
Fosfatos (P)	0,010								
Sulfatos - SO4 2-	5,00	72,6	263	93,1	92,0	83,3	48,8	133	27,3
Dióxido Carbono Total em CO2	0	295	289	272	281	313	354	311	286
Hidrocarbonetos Totais	0,050		<LQ		<LQ	<LQ		<LQ	<LQ
Bactérias Coliformes	2	2	8	<LQ	1,1×10 ¹	<LQ	<LQ	7,9×10 ²	<LQ
Coliformes Termo tolerantes	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	8	<LQ

* As unidades são as mesmas que apresentadas nos anexos VII a IX

