

RELATÓRIO

Delimitação de áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos no âmbito da Reserva Ecológica Nacional

(D.L. n.º 239/2012 de 2 de Novembro)



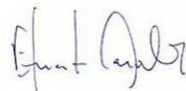
Sintra
Município

MEMÓRIA ESCRITA

Sintra

Abril 2013

Equipa Técnica

IDENTIFICAÇÃO	HABILITAÇÕES ACADÉMICAS	ASSINATURAS
Eduardo António Paralta	Doutor em Ciências de Engenharia (IST/UTL)	
Ilda Oliveira Calçada	Licenciada em Geologia Aplicada e do Ambiente (FCUL)	
Patrícia Isabel Santos	Licenciada em Geologia Aplicada e do Ambiente (FCUL)	

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Âmbito do estudo	1
1.2. Legislação.....	2
2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE OURÉM	3
2.1. Litoestratigrafia	5
2.2. Geomorfologia	14
2.3. Tectónica	17
3. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE OURÉM	18
3.1. Sistema Aquífero de Ourém	18
3.2. Sistema Aquífero do Maciço Calcário Estremenho.	25
3.3. Sistema Aquífero Pousos-Caranguejeira	29
3.4. Sistema Aquífero Sicó-Alvaiázere	30
4. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS ESTRATÉGICAS DE PROTECÇÃO E RECARGA DE AQUÍFEROS.....	33
4.1. Introdução.....	33
4.2. Legislação (DL N° 239/2012, de 2 de Novembro)	33
4.3. Enquadramento Metodológico	35
4.3.1. Definição	35
4.3.2. Critérios de Delimitação	36
4.3.3. Fontes de Informação	37
4.4. Metodologia	37
4.4.1. Índice de Susceptibilidade	38
4.4.2. Índice EPIK.....	41
4.5. Resultados.....	44
4.5.1. Índice de Susceptibilidade	44
4.5.2. Índice EPIK.....	57
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	72
BIBLIOGRAFIA.....	74

ANEXOS

PEÇAS DESENHADAS

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Estações de monitorização de piezometria de águas subterrâneas no Sistema Aquífero de Ourém. Fonte: http://snirh.pt/	21
Quadro 2 – Estações de monitorização de qualidade de águas subterrâneas no Sistema Aquífero de Ourém. Fonte: http://snirh.pt/	24
Quadro 3 – Valores paramétricos dos intervalos de profundidade da zona não saturada.....	39
Quadro 4 – Intervalos de recarga e valores paramétricos correspondentes.	39
Quadro 5 – Classes de natureza geológica e valores paramétricos correspondentes.	40
Quadro 6 – Intervalos de declives e valores paramétricos correspondentes.	40
Quadro 7 – Classificação da Vulnerabilidade segundo o Índice de Susceptibilidade Intrínseco. Fonte: RCM (2012).	41
Quadro 8 – Classificação do parâmetro E.....	42
Quadro 9 – Classificação do parâmetro P.....	42
Quadro 10 – Classificação do parâmetro I.	43
Quadro 11 – Classificação do parâmetro K.....	43
Quadro 12 – Classificação da Vulnerabilidade segundo o Índice EPIK. Fonte: RCM (2012).....	44
Quadro 13 – Classificação do parâmetro R - Recarga Aquífera.	49
Quadro 14 – Classificação do parâmetro A – Geologia do Aquífero.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa geológico do município de Ourém com localização das captações de abastecimento público. Fonte: LNEG/Município de Ourém.....	4
Figura 2 - Depósito de cobertura miocénica em Valada (Caxarias).....	7
Figura 3 - Afloramento de calcário margoso (Cenomaniano). Vértice geodésico da Pimenteira.	8
Figura 4 - Depósitos cretácicos (Formação da Figueira da Foz) em Caxarias.	10
Figura 5 - Calcários do Jurássico médio na margem esquerda do rio Nabão na zona da Nascente do Agroal (Formigais).	13
Figura 6 - Cortes geológicos na bacia de Ourém. Adaptado de Paralta (1995).	16
Figura 7 - Perfil morfoestrutural interpretativo da bacia cretácica da Estremadura. Legenda: 1-Macizo Hespérico; 2- hemigraben oriental; 3-depressão central, 4- hemigraben ocidental; 5-horst marginal. Adaptado de Rey, J. (1982).	17
Figura 8 - Enquadramento hidrogeológico do município de Ourém com indicação das captações registadas no SNIRH.....	19
Figura 9 - Mapa piezométrico da bacia cretácica de Ourém, com indicação do sentido de fluxo dominante (Setembro 2007). Adaptado de Nascimento (2012).....	22
Figura 10 - Calcários carsificados na encosta da Nascente do Agroal (Formigais).....	30
Figura 11 - Nascente do Agroal (Formigais). Data: Junho 2011.	31
Figura 12 - Mapa do parâmetro D para as formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém.....	47
Figura 13 - Mapa da precipitação média anual do concelho de Ourém.	48
Figura 14 - Mapa do parâmetro R para as formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém.....	50
Figura 15 - Mapa do parâmetro A para as formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém.....	52
Figura 16 - Mapa do parâmetro T para as formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém.	53
Figura 17 - Mapa final do Índice IS para as formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém.....	55
Figura 18 - Mapa de áreas preferenciais de recarga das formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém, segundo a método IS.	56
Figura 19 - A - Dolina com solo e ocupação agrícola (classe E1). B – Dolina e relevo com lapiás no horizonte (classe E1).	58
Figura 20 - Mapa do parâmetro E para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.	59
Figura 21 - Lombas de Fátima (classe P2).....	61
Figura 22 - Mapa do parâmetro P para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.	62
Figura 23 - Mapa de ocupação do solo (componente agrícola) dos aquíferos cársicos do concelho de Ourém. Fonte: COS 2007.....	64
Figura 24 - Mapa de declives dos aquíferos cársicos do concelho de Ourém segundo a classificação do modelo EPIK.....	65
Figura 25 - Mapa do parâmetro I para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.	66
Figura 26 - Mapa do parâmetro K para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.	68
Figura 27 - Mapa final do Índice EPIK para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém	70
Figura 28 - Mapa de áreas preferenciais de recarga dos aquíferos cársicos do concelho de Ourém, segundo a método EPIK.....	71

1. INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO DO ESTUDO

O presente estudo de delimitação das **Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga de Aquíferos** do Município de Ourém, insere-se na adaptação da Reserva Ecológica Nacional (REN) municipal à legislação em vigor, no âmbito da Revisão do Plano Director Municipal de Ourém.

Apresenta-se o enquadramento legislativo e a caracterização geológica e hidrogeológica geral do município.

Descreve-se a abordagem metodológica para delimitação das Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga de Aquíferos conforme orientações do Decreto-lei nº 166/2008, de 22 de Agosto, alterado pelo Decreto-lei nº 239/2012, de 2 de Novembro e recomendações da Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro.

A metodologia apresentada representa o estado da arte académico-científico e as recentes orientações metodológicas do Esquema Nacional de Referência (Secção V) da Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro.

O abastecimento público do Município de Ourém depende maioritariamente das águas subterrâneas, exploradas a partir de 17 captações dispersas por todo o concelho, o que é indicador da importância a atribuir aos aspectos relacionados com a caracterização hidrogeológica e com a protecção das áreas de recarga, para sustentabilidade futura dos recursos aquíferos.

De acordo com a informação da CGEP - Delegação de Ourém, em 2010 estavam registados 24 240 utilizadores e foram aduzidas ao sistema de distribuição de água 3 621 733 m³, dos quais 58.4% de origem subterrânea e 41.6% provenientes da EPAL, para abastecimento da freguesia de Fátima.

1.2. LEGISLAÇÃO

O Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto, que estabelecia o regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN), revogou o Decreto-Lei n.º 93/90 de 19 de Março.

O Decreto-lei nº 166/2008, de 22 de Agosto, foi recentemente alterado pelo Decreto-lei nº 239/2012, de 2 de Novembro e pela Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro, que aprova as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional, que consubstanciam as diretrizes e critérios para a delimitação das áreas integradas na REN a nível municipal.

A delimitação das Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga de Aquíferos da REN municipal deverá articular-se com a legislação específica sobre recursos hídricos e com os instrumentos de gestão territorial regionais.

Legislação / Planos Relacionados:

- Lei n.º 58/2005 de 29/12 (Lei da Água)
- D.L. n.º 226-A/2007 de 31/05 (utilizações dos recursos hídricos e respectivos títulos)
- Portaria 1356/2008 de 28/11 (condições para a viabilização dos usos da REN)
- D.L. n.º 382/99 de 22/09 (perímetros de protecção de captações públicas)
- Planos de Gestão de Região Hidrográfica (Tejo)
- Quadro de referência regional da REN-OVT
- Instrumentos de gestão territorial do PROT-OVT
- Instrumentos de gestão municipal (PDM)
- Condicionantes legais

2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE OURÉM

Apresentam-se as principais características geo-tectónicas e morfológicas do município de Ourém, de acordo com a bibliografia consultada, nomeadamente os estudos e cartografia geológica das cartas 23-C (Teixeira, C. & Zbyszewski, G., 1968) e 27-A (Manuppella *et al.*, 2000), complementada com a cartografia geológica de Portugal na escala 1:500 000 (Oliveira, J. T. *et al.*, 1992).

O concelho de Ourém, em termos geológicos, enquadra-se maioritariamente na carta 23C-Leiria (Teixeira *et al.*, 1968) e, parcialmente, na carta 27A-Vila Nova de Ourém (Manuppella *et al.*, 2000). O sector Este do concelho reparte-se pelas cartas geológicas 23-D e 27-B que ainda não se encontram publicadas.

O mapa geológico baseia-se na carta lito-estratigráfica na escala 1:25 000 da autoria do LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.) e fornecida pela autarquia em formato vectorial. A figura 1 representa o mapa geológico do município de Ourém.

Descreve-se, de forma resumida, os principais termos geológicos e as respectivas características litológicas, estruturais e estratigráficas, de acordo com a bibliografia publicada. A nomenclatura usada na descrição da litoestratigráfica do concelho de Ourém é a mais recente, utilizada pelo LNEG (ex-Instituto Geológico e Mineiro).

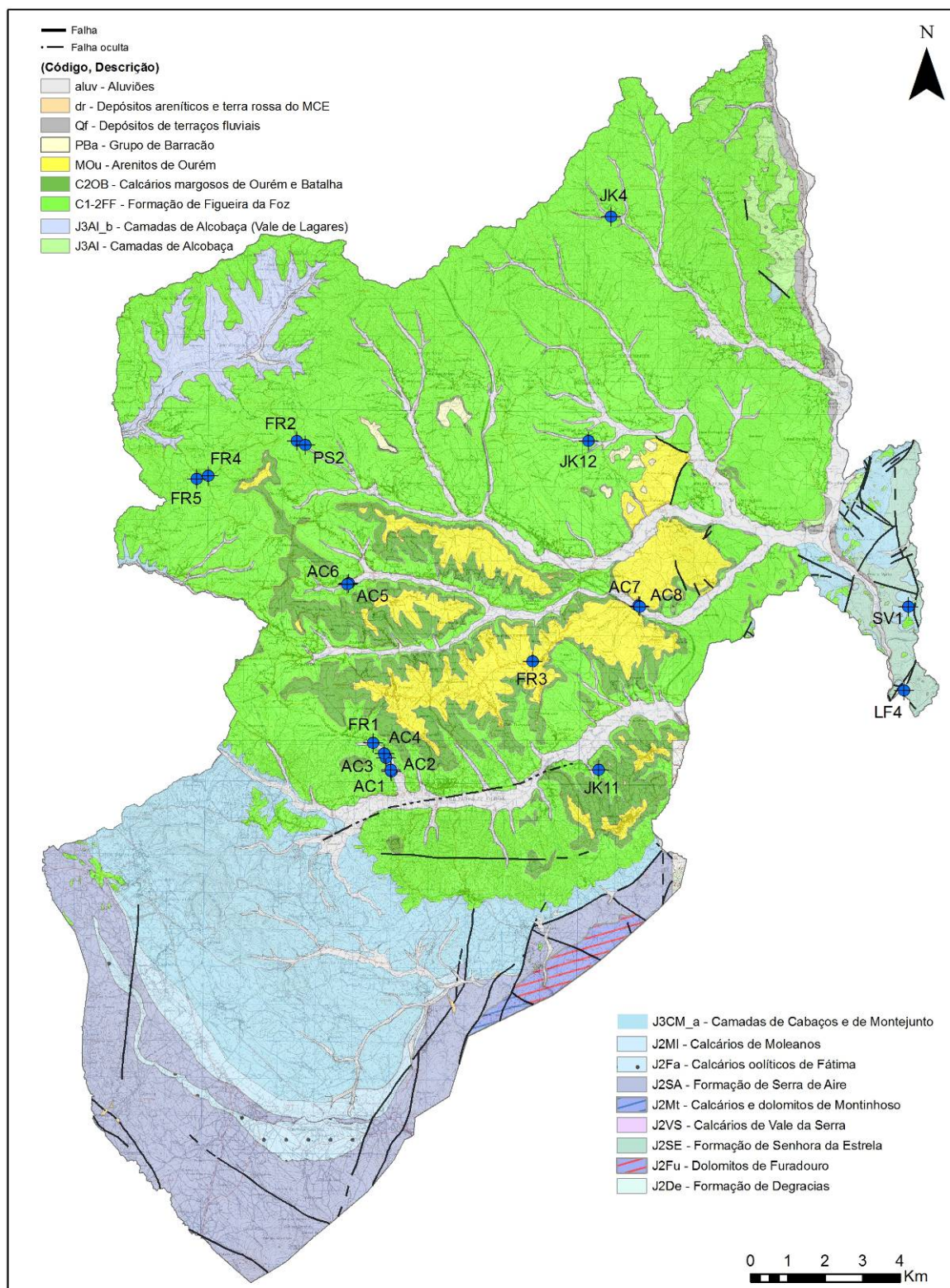


Figura 1- Mapa geológico do município de Ourém com localização das captações de abastecimento público. Fonte: LNEG/Município de Ourém.

2.1. LITOESTRATIGRAFIA

Holocénico

a – aluviões, areias de fundo de vale

Os depósitos modernos distribuem-se ao longo das principais linhas de água pertencentes à rede tributária do rio Nabão, representada pelas ribeiras de Caxarias, de Seiça, do Olival, do Fárrio, etc. A Ribeira de Espite, pertencente à bacia hidrográfica do rio Lis, também apresenta aluviões mas com menor desenvolvimento.

As aluviões que se situam nos vales que se estendem do Planalto de Fátima para a bacia de Ourém, estão primeiramente associadas aos sedimentos de natureza carbonatada do planalto de Fátima e, depois, aos siliciclásticos do Cretácico de Ourém. Sobre o Cretácico, as aluviões são de maior largura e profundidade, como na ribeira de Seiça. A sua composição é variável (argilosa, arenosa ou cascalhenta, conforme os locais).

Pliocénico

P – Pliocénico

Na região de Caxarias foram consideradas como pliocénicas as cascalheiras com grandes calhaus rolados sobrepostas aos arenitos do Miocénico. Estes cobrem os altos dos Sapatos, do Chão da Cabeça e da Fonte da Moura, situados a NW e a NE de Caxarias.

Em relação com os depósitos pliocénicos e, sem dúvida, originados por acções transgressivas que ocorreram durante esse período encontram-se dispersos alguns blocos de grandes dimensões, considerados como residuais e pseudo-erráticos (Teixeira, 1952). A espessura dos depósitos pliocénicos é variável, entre 10 a 30 metros.

Miocénico

M_{Ou} – Arenitos de Ourém

Na carta geológica 23-C apresentam a denominação de “M - Miocénico Continental”, na carta geológica 27-A tem a denominação de “M⁵⁻⁶_{Ab} - Arenitos de Alburitel” e na carta geológica 1/500 000 a denominação de “MP - Areias e Argilas de Pombal e Redinha”.

É representado por um complexo amarelado ou acastanhado, rosado ou mesmo avermelhado, constituído por arenitos mais ou menos argilosos, com intercalações de argilas, e às vezes por arenitos siliciosos, mais ou menos grosseiros, com seixos mal rolados.

Os afloramentos miocénicos ocupam a parte superior dos três planaltos situados, respectivamente, entre Urqueira, Olival e Caxarias; entre Óbidos, Gondemaria, Boeiro e Tomareis e, finalmente, entre Gondemaria, Pinheiro, Vale Travesso e Caxarias. A Este deste último, os terrenos miocénicos são afectados pela passagem de várias falhas e podem inclinar, localmente, para NE.

Numa sondagem realizada na área da mina no cabeço de Fonte da Moura (NE de Caxarias) revelou uma formação constituída pela alternância de areias, de diversos calibres, com argilas e inúmeras intercalações lignitosas. Esta formação deu 11 leitos carbonosos, dos quais 6 com interesse industrial, de onde se extraíram 42 mil toneladas de carvão entre 1946 e 1955.

A espessura desta formação aumenta de W para E, variando entre 25m em Óbidos e mais de 80m a E de Caxarias.

A figura 2 ilustra um depósito areno-conglomerático da cobertura miocénica em Valada (Caxarias).



Figura 2- Depósito de cobertura miocénica em Valada (Caxarias).

Cretácico

Cretácico superior

C^2_{OB} – *Calcários Margosos de Ourém e Batalha*

Na carta geológica 23-C esta formação tem a designação de “ C^{2-3} – Turoniano, incluindo as camadas com *Neolobites vibrayeanus* e *Pterocera incerta*”, do Cenomaniano superior e na carta 27-A apresenta-se como “ C^3_{OB} – Calcários margosos de Ourém e Batalha” e na cartografia geológica 1/500 000 a denominação de “ C^2 – Calcários com Rudistas”.

A unidade inicia-se por alternância de calcários margosos com arenitos finos com tendência ao domínio carbonatado para o topo. São cada vez mais frequentes camadas de calcários e margas onde se intercalam às vezes, arenitos. Esta formação é rica em conteúdo fossilífero onde já foram realizados alguns estudos, como por exemplo os primeiros nanoplânctones descritos em Portugal. Calcula-se que esta formação tenha uma espessura entre os 10 e os 30m.

Estes afloramentos formam no concelho de Ourém uma série de pequenos planaltos e de relevos residuais, geralmente cobertos por depósitos do Terciário. Constitui os cabeços de Sapatos, Chã da Cabeça e onde está instalado o castelo de Ourém e os planaltos que se desenvolvem respectivamente entre Urqueira, Olival e Caxarias; entre Óbidos, Gondemaria, Boeiro e Tomareis; entre Gondemaria, Pinheiro, Vale Travesso e Caxarias; e entre Alburitel e Fontainhas. A figura 3 ilustra um afloramento.



Figura 3- Afloramento de calcário margoso (Cenomaniano). Vértice geodésico da Pimenteira.

Cretácico inferior

C¹⁻²_{FF} - Formação de Figueira da Foz

Na carta 23-C de Leiria esta formação apresenta a designação de “C¹⁻² – Cretácico inferior”, na carta 27-A de Ourém, surge como “C²⁻³_{CA} – Conglomerados de Caranguejeira” e na cartografia 1/500 000 como “C¹_A – Arenitos do Carrascal”.

Constitui um espesso complexo arenítico com algumas intercalações argilosas, por vezes com restos de vegetais fósseis que assentam sobre os sedimentos jurássicos por descontinuidade angular.

Os arenitos e areias do Cretácico Inferior tomam grande desenvolvimento entre Formigal, Urqueira, Olival, Caxarias, Gondemaria, Ourém, Seiça, Freixianda.

Na área de Espite, esta formação é constituída por areias e arenitos argilosos pouco consolidados, amarelos ou acinzentados, com calhaus mal rolados. Na base da formação existem camadas lenticulares de argilas vermelhas, exploradas para cerâmica, que podem atingir os 2m de espessura. A parte superior do maciço gresoso é constituída, em geral, por camadas bem estratificadas de areia fina, alternantes com outras de arenito e de areias grosseiras. A Norte de Ourém as camadas com elementos finos tem cerca de 50m.

Na área de Caxarias, o complexo Cretácico contém intercalações mais ou menos importantes de cascalheiras com calhaus rolados do tamanho de um punho e às vezes blocos muito mais volumosos. O cimento é amarelo, acinzentado ou cor de tijolo (Fig. 4).



Figura 4- Depósitos cretácicos (Formação da Figueira da Foz) em Caxarias.

Nos conglomerados consolidados por cimento argiloso, como ao longo da linha de caminho de ferro e nos barrancos a Norte de Caxarias, existem calhaus rolados de quartzitos do tamanho de uma cabeça e podem atingir 0.5m, dispostos em camadas lenticulares.

Na zona de Peras Ruivas, a Sul da Rib. de Seiça, esta formação aflora sob a forma de areias mais ou menos grosseiras e conglomeráticas com elementos maiores na base e areias mais finas para o topo, onde se podem ver estratificação entrecruzada. A espessura média dos arenitos cretácicos oscila entre 100 a 200m, diminuindo para a periferia do sinclinal.

Jurássico

Jurássico Superior

J^3_{bc} – *Lusitaniano superior (Kimeridgiano inferior). Complexo de Vale de Lagares*

Esta denominação é a referida na carta 23-C de Leiria. Trata-se de um complexo de arenitos de grão fino, alternantes com argilas cinzentas, com vegetais fósseis e, às vezes, com algumas intercalações de calcários areníticos, cinzentos com restos carbonosos e pequenos moluscos indetermináveis.

No concelho de Ourém, este complexo aflora nas proximidades de Espite associados à erosão da rede de drenagem da ribeira de Espite. Na zona de Espite, esta formação contém vários níveis de carvões (lignitos), mas a sua exploração foi abandonada.

J^3_{CM} – *Camadas de Cabaços e Montejunto*

Na carta 23-C tem a denominação de “ J^3_{ab} – Lusitaniano inferior”, na carta 27-A “ J^3_{CM} – Camadas de Cabaços e Montejunto” e na carta geológica na escala 1/500 000 aparece com a designação “ J^3 – Jurássico superior”.

As Camadas de Cabaços na Depressão de Vila Nova de Ourém são constituídas por uma espessa série de calcários margosos e margas de água doce a salobra. Sondagens realizadas nesta área mostram que estas camadas são constituídas por Calcários, microconglomerados, conglomerados, calcários argilo-xistoso, calcário micrítico, argilas calcárias ferruginosas e biomicrite.

As Camadas de Montejunto assentam em continuidade sobre as Camadas de Cabaços que, progressivamente, se iam abrindo a influências marinhas, desenvolve-se uma série monótona de calcários micríticos com intercalações de calcários argilosos e de calcários micríticos intraclásticos. Estas camadas podem atingir a espessura de cerca 270m.

As Camadas de Cabaços são atribuídas ao Oxfordiano médio e as Camadas de Montejunto são atribuídas ao Oxfordiano superior.

Jurássico médio

J^2_{MI} – *Calcários de Moleano*.

Esta unidade aflora no concelho de Ourém apenas na carta 27-A numa mancha em forma crescente para Sul, grosso modo paralela à dos Calcários Oolíticos de Fátima, mas de maior extensão (desde as proximidade da Cova de Iria até Outeiro das Matas).

A formação em causa (com cerca de 150m de espessura) é constituída por calcários clásticos geralmente de cor branca ou creme, com intercalações de calcários muito fossilíferos.

J^2_{Fa} – *Calcários Oolíticos de Fátima*

Esta unidade aflora apenas na carta 27-A. Os Calcários Oolíticos de Fátima formam uma área aproximadamente em forma de crescente, com a convexidade para sudoeste, que se estende desde um pouco a sudoeste da Cova da Iria até ao Bairro. Apresenta uma espessura de 40-50m constituídos por *grainstones* bem calibrados ou com clastos de dimensão média a grosseira, oolíticos, com pelóides e bioclastos finos associados.

J^2_{SA} – *Calcários micríticos de Serra de Aire*

Afloram apenas na área correspondente à carta 27-A. Em quase toda a totalidade da Serra de Aire aflora esta unidade apresentando uma espessura da ordem de 350-400m. Esta formação é datada entre o Batoniano inferior e o Batoniano superior.

Um local de fácil acesso e conhecido por se ter tornado Monumento Natural, devido à existência de um importante conjunto de pegadas de dinossáurios saurópodes é a Pedreira do Galinha, localizada a sudoeste de Fátima, no

flanco ocidental da Serra de Aire. Os níveis aflorantes nesta região correspondem à base da unidade em consideração. Trata-se de cerca de 14m de calcários micríticos coesos, de cor creme, de modo geral bem estratificados e com inclinação regular de 15°N.

Na região do Planalto de Fátima – S. Mamede, observam-se em diversos locais sequências cíclicas de calcários micríticos fenestrados, com gastrópodes e lamelibrânquios, separadas entre si por paleossolos e paleocarsos. Fig 5



Figura 5- Calcários do Jurássico médio na margem esquerda do rio Nabão na zona da Nascente do Agroal (Formigais).

J^2_{Mt} – Calcários e Dolomitos de Montinhoso e J^2_{Fu} – Dolomitos de Furadouro

No concelho de Ourém, ambas as formações afloram apenas na carta 27-A. Nos Calcários e Dolomitos de Montinhoso (J^2_{Mt}) ocorre a alternância de dolomitos e calcários calciclásticos dolomitizados. A espessura desta unidade é da ordem dos 90-100m. Esta formação está atribuída entre o Bajociano inferior a médio (?) até ao Bajociano superior.

Os Dolomitos de Furadouro (J^2_{Fu}), constituem uma série predominantemente dolomítica. Afloram no extremo nordeste da Serra de Aire (zona do vértice de Penedo Gordo), estando cartograficamente separados dos Calcários e Dolomitos de Montinhoso por falha. Julga-se que a espessura desta formação seja de superior a 100m. A idade desta formação é atribuída ao Bajociano inferior.

2.2. GEOMORFOLOGIA

Do ponto de vista geomorfológico, o concelho de Ourém é constituído pelo Planalto de São Mamede, a Serra de Aire (pertence ao Maciço Calcário Estremenho) e a bacia de Ourém.

O Planalto de S. Mamede tem a sua altura máxima entre Mira de Aire e S. Mamede (nos concelhos de Porto de Mós e Batalha, respectivamente) e desce em degraus até à Bacia de Ourém, a nascente. Neste planalto pode-se identificar duas extensas superfícies de aplanção em que uma delas é a Plataforma de Fátima, a cerca de 340m de altitude (Manupella, G. *et al*, 2000).

Na plataforma de Fátima, as grandes depressões estão ausentes, mas a superfície, onde os depósitos detritos são frequentes, está entalhada uma densa rede de vales desorganizados por dolinas, ou pequenas depressões fechadas isoladas (Manupella, G. *et al*, 2000).

A Serra de Aire é um relevo anticlinal alongado na direcção ENE, cortado por falhas transversais que orientam alguns vales de direcção NW-SE, dos quais o mais profundo é o Vale Garcia. A serra de Aire tem 678m de altitude cujo ponto geodésico faz o limite mais a sul do concelho.

Longitudinalmente, a serra constitui um empolamento, abatendo-se assimetricamente a favor de degraus estruturados nas falhas NW-SE. No concelho de Ourém podem-se observar parte do bloco de Aire (o mais elevado onde está o ponto geodésico), do degrau de Ucha larga e o degrau da Lagoa

que são separados pelas falhas do Vale Garcia e pela falha do Pedreira do Galinha, respectivamente (Manupella, G. *et al.*, 2000).

Toda a superfície da serra é um extenso lapiás, nalguns locais dificilmente penetrável. Podem-se também observar alguns algares e lapas, como por exemplo a lapa do Sobral que é um vestígio de colector fóssil truncado pelo recuo da vertente (Manupella, G. *et al.*, 2000).

A Bacia de Ourém, na área do respectivo concelho, caracteriza-se por relevos mais ou menos ondulados cujas altitudes oscilam em geral entre 250 e 340m.

Pontualmente, elevações de natureza residual ou estrutural atingem cotas mais elevadas como sejam Óbidos (362m), Homem Morto (358m) e Castelo de Ourém (329m). A altimetria é gradualmente decrescente para Sul e para Este.

Genericamente, é possível observar de Norte para Sul, os Cabeços de Sapatos (330m) e de Chão da Cabeça (314m), situados respectivamente a Norte e NE de Urqueira e os três principais planaltos com desenvolvimento E - W:

- entre Urqueira, Olival e Caxarias
- entre Óbidos, Gondemaria , Boieiro e Tomareis
- entre Gondemaria, Pinheiro, Vale Travesso e Sorieira

A Sul da Ribeira de Seiça dominam a paisagem o Castelo de Ourém e o planalto de Alburitel (250m).

A rede hidrográfica no concelho de Ourém tem maioritariamente drenância para Este, em direcção ao rio Nabão, afluente do Zêzere, um dos tributários do Tejo. A ribeira de Espite, é a única que tem drenância para Oeste, em direcção à ribeira de Caldelas, que acaba por afluir ao rio Lis.

A figura 6 ilustra dois cortes geológicos na bacia cretácica de Ourém.

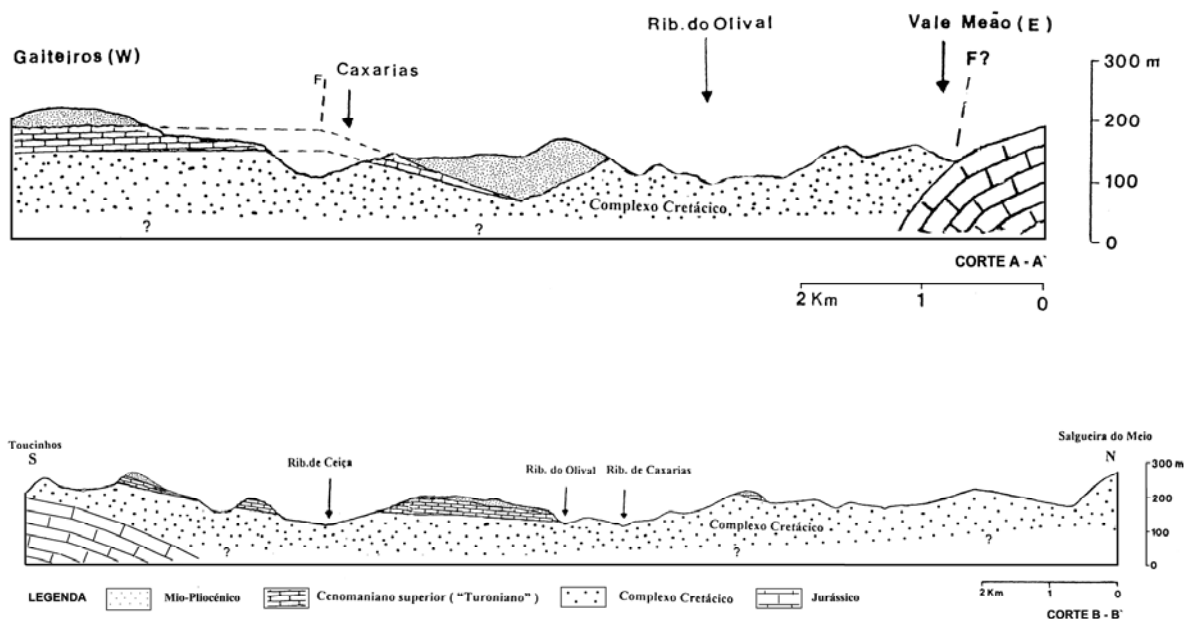


Figura 6- Cortes geológicos na bacia de Ourém. Adaptado de Paralta (1995).

As ribeiras principais da Bacia de Ourém (ribeira de Caxarias, ribeira do Fárrio e a ribeira de Seiça) são pouco caudalosas e de regime temporário. Curiosamente essa situação foi alterada nas últimas décadas com a abertura de furos repuxantes, que alimentam continuamente as principais linhas de água, que nunca chegam a secar (Partal, 1995).

A rede de drenagem é bem organizada, de tipo dendrítico, com predomínio de troços rectilíneos e ligeiramente sinuosos. Verifica-se a tendência para canais anastomosados divagantes nos sectores mais a jusante das principais ribeiras.

Nas zonas onde os afloramentos turonianos ocupam maior extensão, como no planalto de Alburitel, desenvolve-se um padrão aproximadamente paralelo, em virtude das anisotropias preferenciais que os calcários apresentam (idem).

Os vales são relativamente largos e pouco profundos, de fundo plano preenchido por aluviões. O leito de estiagem é bem marcado na planície aluvial e corresponde ao canal de escoamento para anos hidrológicos “normais”, usualmente pouco profundo e de largura reduzida (Partal, 1995).

2.3. TECTÓNICA

Em termos geo-tectónicos, o município de Ourém insere-se na Bacia Lusitaniana, cuja abertura coincide com os primeiros estádios da abertura do Atlântico e apresenta sedimentos acumulados na zona axial, que podem atingir cerca de 5 km de espessura.

A Bacia Lusitaniana encontra-se individualizada do Maciço Hespérico pela falha Porto-Coimbra-Tomar; a sul pelo ramo desta fractura, com direcção NNE, que se estende até ao canhão de Setúbal; e a ocidente por um horst hercínico, actualmente materializado pelos granitos e rochas metamórficas do arquipélago da Berlengas (Figura 7).

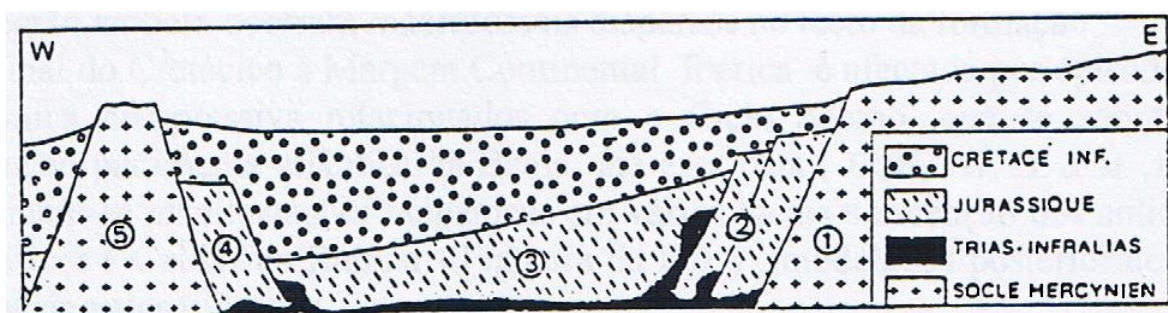


Figura 7- Perfil morfoestrutural interpretativo da bacia cretácica da Estremadura.
Legenda: 1-Macijo Hespérico; 2- hemigraben oriental; 3-depressão central, 4- hemigraben ocidental; 5-horst marginal. Adaptado de Rey, J. (1982).

A depressão de Ourém, foi originada por uma deformação de grande raio de curvatura, do tipo bacia, que afectou terrenos cretácicos e cenozóicos. A bacia de Ourém corresponde, portanto, a uma bacia sinclinal com cerca de 15km de diâmetro, no interior do qual as camadas estão sub-horizontais, com leves inclinações de 2-5° E.

O bordo Este desta estrutura, na proximidade do contacto cavalgante do Maciço Calcário Estremenho sobre a bacia do Tejo, está afectado por um conjunto de acidentes sub-paralelos ao carreamento principal NE-SW e cujos planos de falha inclinam levemente para NW (Dinis, 1991).

3. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE OURÉM

Apresentam-se as principais características hidrogeológicas do município de Ourém, de acordo com a bibliografia consultada e o conhecimento de campo dos autores.

Foram ainda analisadas as fichas de caracterização aquífera dos aquíferos de Ourém, Pousos-Caranguejeira, Maciço Calcário Estremenho e Sicó-Alvaiázere disponíveis no SNIRH (Almeida *et al.*, 2000) e no PGRH Tejo (2012). Adicionalmente foram consultados estudos sobre a hidrogeologia do aquífero de Ourém da autoria de Nascimento (2012) e Paralta (1995) e Paralta & Silva (1999).

No concelho de Ourém podem reconhecer-se áreas incluídas ao Sistema Aquífero do Maciço Calcário Estremenho (a Sul) e ao Sistema Aquífero de Ourém na zona central do município. O Sistema Aquífero Pousos-Caranguejeira está representado por uma pequena área a NW e o Sistema Aquífero do maciço Sicó-Alvaiázere está representado por uma pequena área no extremo Este (Fig. 8).

3.1. SISTEMA AQUÍFERO DE OURÉM

O sistema aquífero cretácico de Ourém ocupa uma área de 258 km² no município, correspondente a 62% da sua extensão. Dado que o sistema aquífero é o suporte de abastecimento público deve ser objecto de caracterização mais pormenorizada.

É constituído por um complexo detrítico cretácico, a que se seguem depósitos do Cenomaniano, do Miocénico e Pliocénico. O substrato é constituído pelo Complexo de Vale de Lagares (Kimeridgiano inferior), formado por arenitos de grão fino, alternando com argilas cinzentas e com algumas intercalações calcárias.

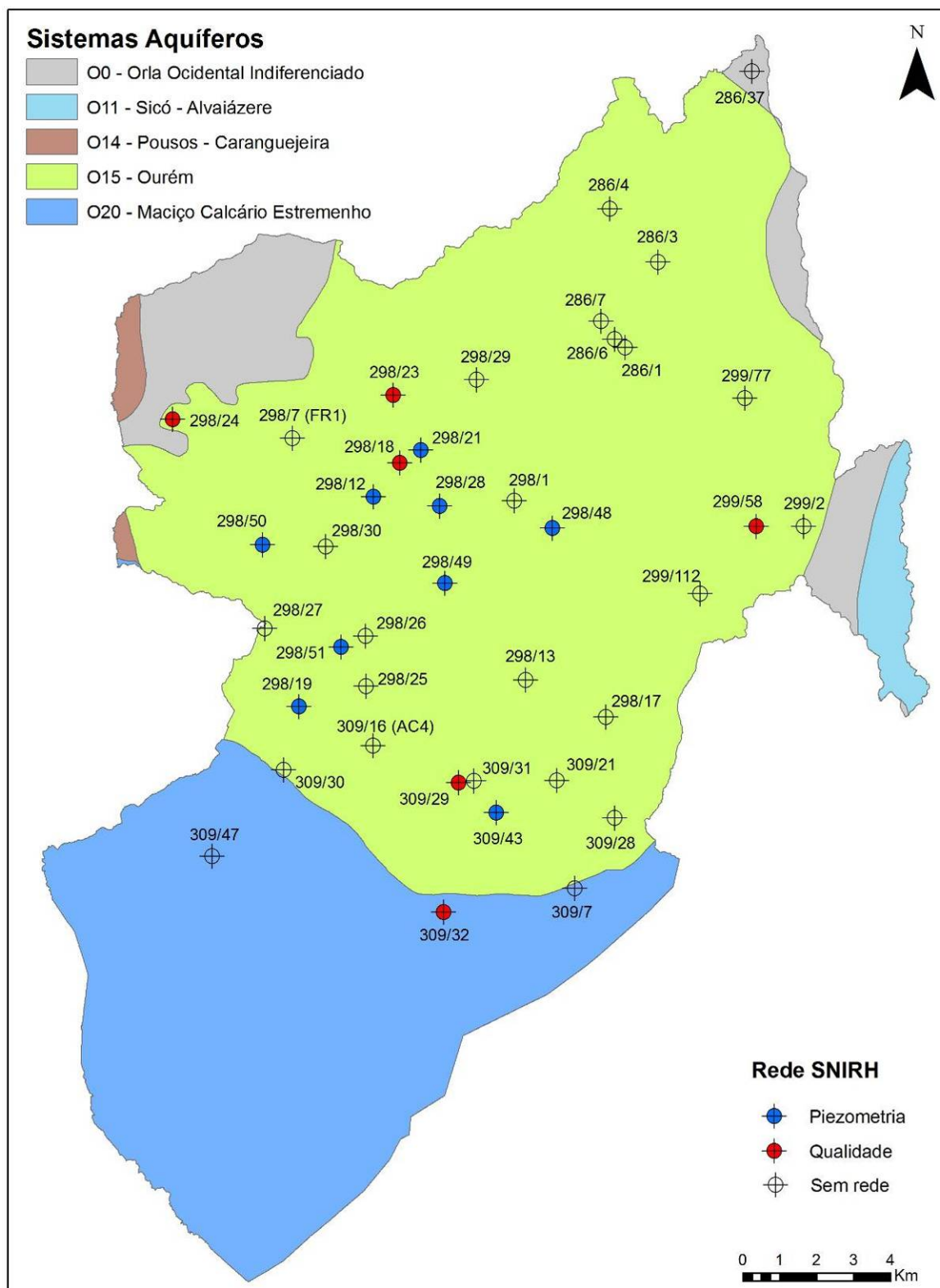


Figura 8- Enquadramento hidrogeológico do município de Ourém com indicação das captações registadas no SNIRH.

O complexo detrítico cretácico (Formação da Figueira da Foz), é constituído por arenitos mais ou menos grosseiros e conglomerados, de matriz argilosa, amarelada, avermelhada ou cinzenta. A espessura deste complexo na área do concelho de Ourém varia entre 50 e 200 metros.

Trata-se de um sistema aquífero multicamada, predominantemente confinado, mas livre a semi-confinado nas áreas de afloramento das formações grosseiras à superfície. A formação aquífera mais importante são os Arenitos do Carrascal (também designados Conglomerados de Caranguejeira). No entanto, os depósitos detríticos mio-plio-quadernários e os calcários do Cenomaniano superior podem ser também explorados, isoladamente ou em conjunto com os arenitos cretácicos.

Uma das regiões mais produtivas situa-se no Vale da Caridade e Ribeira de Seiça, nas proximidades de Ourém e na área de Caxarias. É relativamente comum nos vales das principais linhas de água ocorrerem furos artesianos, alguns deles repuxantes e debitando o caudal espontâneo desde a sua construção (Paralta, 1995).

Parâmetros Hidráulicos e Produtividade

A produtividade, obtida a partir de 57 dados de caudal aponta para valores médios de 7.1 L/s, mediana de 4.5 L/s e máximos de 25 L/s (INAG, 2000).

Os valores de Transmissividade estimados a partir de valores de caudal específico de 34 captações variam entre 3 e 527 m²/dia com média de 82 m²/dia e mediana de 47 m²/dia. O Coeficiente de Armazenamento obtidos em dois ensaios com piezómetros (JK5 e JK7) é da ordem de 10⁻⁵ (Paralta, 1995).

Hidrodinâmica

Em termos gerais, a rede piezométrica instalada não permite esboçar um mapa da superfície piezométrica do Aquífero de Ourém. No entanto, dispõem-se de 10 estações do SNIRH que permitem inferir as principais tendências locais da piezometria, em termos plurianuais e avaliar a recarga do aquífero (Quadro 1).

Quadro 1– Estações de monitorização de piezometria de águas subterrâneas no Sistema Aquífero de Ourém. Fonte: <http://snirh.pt/>.

Ref. SNIRH	Local	Prof. (m)	Mer (m)	Par (m)	Cota (m)	Período de Monitorização	Tendência
298/12	Lavadouro	51	160120	306540	190	2001-2012	Descida
298/18	Amieira	74	161390	307800	183	2001-2012	Descida
298/19	Favacas	-	158100	300900	220	2002	-
298/28	Quintal - Mata Norte	60	161900	306300	182	2001-2012	Descida
298/48 (Furo RA2)	Carvoeira	150	164948	305707	190	2003-2008	Descida
298/49 (Furo RA3)	Casais de Carcavelos	150	162048	304222	150	2003-2012	Estável
298/50 (Furo RA4)	Barrocária	144	157115	305248	232	2003-2008	Estável
298/51 (Furo RA5)	Folgado	140	159234	302502	187	2003-2009	Descida
299/112 (Furo RA6)	Barreira	105	168944	303932	108	2003-2008	Subida
309/43 (Furo RA1)	Ourém	130	163435	298049	143	2003-2008	Subida

De acordo com a informação disponível, verifica-se que no triângulo Urqueira Caxarias e Pederneira a tendência geral é de esvaziamento do aquífero, que pode estar relacionado com o decréscimo da precipitação e da recarga e/ou ligeira sobreexploração local do aquífero.

Ao nível da hidrodinâmica, dispõem-se de mapas piezométricos de estudos académicos de Paralta (1995) e Nascimento (2012) que indicam as principais direcções do fluxo hídrico subterrâneo e permitem definir os gradientes à escala regional (Figura 5).

O potencial hidráulico regional do aquífero é gradualmente decrescente para Sul e para Este, variando entre 1 e 4%. A principal área de descarga é a zona SE do aquífero, verificando-se uma convergência do fluxo para a região de Caxarias.

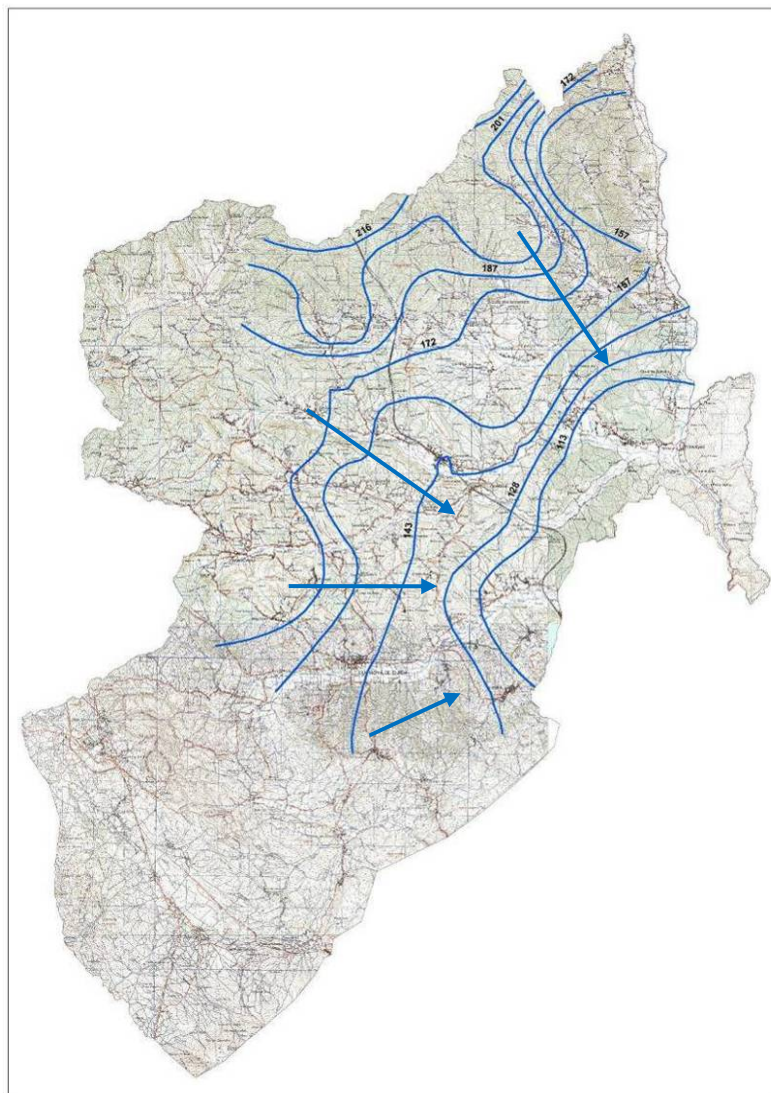


Figura 9- Mapa piezométrico da bacia cretácica de Ourém, com indicação do sentido de fluxo dominante (Setembro 2007). Adaptado de Nascimento (2012).

O aquífero pode ser dividido em três sectores, apresentando as seguintes direcções de fluxo:

- Sector central – de W para E;
- Sector norte – de NW para SE;
- Sector sul – de SW para NE.

Almeida *et al.* (2000) considera que é possível que ocorra conexão hidráulica entre o aquífero de Ourém e o de Pousos-Caranguejeira, no limite NW do município.

Recarga Aquífera e Balanço Hídrico

A precipitação média anual na região de Ourém é da ordem de 900-1000mm e a temperatura média anual próxima de 15 °C .

A recarga provem fundamentalmente das zonas altas a Norte e NW por infiltração directa nos terrenos cretácicos. Também se poderá e admitir infiltração diferida a partir dos calcários do Cenomaniano médio e superior que cobrem parcialmente os terrenos cretácicos.

Em Paralta (1995) admite-se uma recarga aquífera entre 10 a 15% da precipitação média anual. Em Almeida *et al.* (2000) considera-se que a recarga real deverá ser inferior a 10% da precipitação média anual. No PGRH Tejo (2012) aponta-se para uma recarga de 19%.

Qualidade da Água

Em termos hidroquímicos a água do aquífero Cretácico (s.s.) pode ser classificada em termos gerais como essencialmente cloretada, hipossalina, com reacção ácida e por vezes com elevado teor relativo em sílica (Paralta, 1995).

Relativamente à avaliação da qualidade da água subterrânea para consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei nº306/2007, de 27 de Agosto, dispõem-se de cinco estações de qualidade monitorizadas pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH).

Do ponto de vista hidroquímico, as águas captadas neste sistema apresentam-se com boa qualidade química, à excepção do Ferro e pH, normalmente de características ácidas devido à circulação da água em formações psamíticas. Segundo o SNIRH, relativamente à componente bacteriológica, a água

subterrânea apresenta-se frequentemente desconforme com a legislação (Quadro 2). Esta situação será resultado da deficiente concepção das captações, não sendo característica das águas subterrâneas do Aquífero Cretácico de Ourém.

Quadro 2– Estações de monitorização de qualidade de águas subterrâneas no Sistema Aquífero de Ourém. Fonte: <http://snirh.pt/>.

Ref. SNIRH	Local	Prof. (m)	Mer (m)	Par (m)	Período de Monitorização	Nº Parâmetros Analisados	Parâmetros Desconformes
298/21 (Furo)	Vale Junco	102	160820	307460	2001-2010	167	pH, bacteriologia e ferro (pontual)
298/23 (Furo)	Amieira	58	160650	309280	2001-2011	163	pH e bacteriologia
298/24 (Furo)	Matas	80	154690	308630	2001-2008	79	pH, bacteriologia e zinco (pontual)
299/58 (Furo)	Lameiras	78	170460	305750	2001-2011	162	pH, bacteriologia, nitratos e ferro (pontual)
309/31 (Furo)	Rua D. N. Alvares Pereira	45	162410	298850	2001-2011	168	pH e bacteriologia
309/32 (Furo)	Vilar dos Prazeres	171	162010	295370	2001-2011	167	Bacteriologia e fluoretos

De acordo com informações fornecidas pela CGEP - Delegação de Ourém, a qualidade da água em 16 captações de abastecimento público em 2011 era na maioria dos casos conforme com a legislação. Apenas a captação PS2 apresentou o valor mínimo de coliformes e a captação FR2 um valor excessivo em Ferro. Os valores elevados em Ferro são situações normais em águas com circulação em formações psamíticas.

Vulnerabilidade à Poluição

A vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas no Aquífero Cretácico de Ourém foi estudada a partir de duas abordagens: (1) Método DRASTIC (Aller *et al.*, 1987) e (2) Classificação EPPNA (1998), conforme descrito no respectivo PBH Tejo (1999).

Segundo a metodologia DRASTIC obtêm-se valores de vulnerabilidade na ordem de 150 correspondente a vulnerabilidade média, como seria de esperar em sistemas maioritariamente confinados (PBH Tejo, 1999).

Segundo a Classificação EPPNA (1998) é atribuída uma classe de vulnerabilidade a cada formação litológica e hidrogeológica. O sistema cretácico de Ourém, inclui-se na classe V4 (Aquíferos em sedimentos não consolidados sem ligação hidráulica com a água superficial), a que corresponde uma vulnerabilidade média.

3.2. SISTEMA AQUÍFERO DO MACIÇO CALCÁRIO ESTREMEÑO.

O Sistema Aquífero do Maciço Calcário Estremeño (SAMCE) ocupa uma área de 120 km² no município, correspondente a 29% da sua extensão e abrangendo integralmente a freguesia de Fátima e, parcialmente, as freguesias de Atougua, N. S. das Misericórdias e Alburitel.

As formações aquíferas dominantes são os calcários e calcários dolomíticos carsificados do Jurássico médio (Dogger) e superior (Malm), em especial os termos do Bajociano, Batoniano e Caloviano (170 M.A. a 150 M. A.), correspondentes. Segundo Manuppella & Balacó (1975), o Dogger terá cerca de 700 metros na sua totalidade.

A carsificação do MCE é intensa, apesar de corresponder a um carso jovem. As estruturas cársicas podem ser megalapiás, lapiás de diversos tipos, geralmente pouco profundos, dolinas e mais raramente uvalas, algares e redes de galerias subterrâneas (Manuppella *et al.*, 1985).

O endocarso está representado por algares, galerias e condutas. As galerias e condutas surgem a profundidades variáveis, ocorrendo por vezes a 80 m abaixo do nível das nascentes (Almeida *et al.*, 1996).

Na área do Planalto de S. Mamede (Planalto de Fátima) e Serra de Aire podem reconhecer-se alguns algares importantes:

- Algar da Malhada de Dentro
- Algar da Lomba (- 150 m, atinge o nível de circulação actual),
- Algar da Água (- 90 m, atinge o nível de circulação actual).

e estruturas geomorfológicas de calcários do Jurássico superior, sob a forma de pequenos relevos ondulados conhecidos por *Lombas de Fátima*.

Parâmetros Hidráulicos e Produtividade

No MCE, as produtividades das captações são muito variáveis, dada a dificuldade de captar água através de furos, uma vez que a circulação se faz essencialmente através de galerias cársticas, inseridas em maciços rochosos de permeabilidade mais reduzida. Na maioria dos casos, os furos são pouco produtivos ou mesmo improdutos.

Para a globalidade do MCE, a partir de 28 dados de caudais de exploração obtiveram-se valores que podem atingir 20 L/s, com a maioria dos registos na ordem de 1 L/s. Os valores estimados de transmissividade são igualmente muito dispersos, dada a heterogeneidade do maciço cársico e o elevado grau de organização da drenagem subterrânea (Almeida *et al.*, 2000).

Para o sector integrado no concelho de Ourém não existe informação suficiente disponível sobre produtividade e parâmetros hidráulicos, dado o escasso número de captações existentes com relatórios técnicos.

Hidrodinâmica

Relativamente à caracterização piezométrica, os dados disponíveis não permitem elaborar cartas de fluxo. No entanto, os trabalhos de Crispim (1995),

relativos à monitorização dos caudais de inúmeras nascentes e utilização de traçadores químicos permitiram esboçar uma panorâmica das tendências principais das direcções e sentidos de fluxo do Planalto de São Mamede.

Este extenso planalto tem como nascentes principais o conjunto de nascentes do Lis, situadas a Norte, já no concelho de Leiria, e a nascente do Almonda, situada a Sul, no concelho de Torres Novas.

Recarga Aquífera e Balanço Hídrico

A estimativa da recarga aquífera, considerando a contribuição de diversos especialistas, situa-se entre 30 a 50% da precipitação média anual, distribuída de forma irregular pela área do maciço calcário, de acordo com a aptidão aquífera das formações aflorantes (Almeida *et al.*, 2000).

Segundo o PBHRO (2012), admite-se uma recarga anual média na ordem de 60%, correspondente a aproximadamente 600 mm/ano.

Dado que as extracções particulares são pouco importantes, a maioria dos recursos hídricos subterrâneos renováveis anualmente, vai alimentar o conjunto das nascentes do interior e da periferia do maciço, fora do município de Ourém.

Qualidade da Água

A análise da composição físico-química das águas subterrâneas provenientes do sistema do MCE indica que a fácies hidroquímica predominante é bicarbonatada cálcica, mediantemente mineralizadas e duras a muito duras ou seja com apreciável concentração de carbonato de cálcio (Almeida *et al.*, 2000).

Relativamente à qualidade química para consumo humano, as águas do SAMCE são globalmente de boa qualidade, embora possam ocorrer algumas excepções, nomeadamente em relação à Condutividade eléctrica e de contaminações súbitas de excesso de gorduras, hidrocarbonetos, metais

pesados e bacteriológica, relacionados com as deficientes condições de saneamento básico e a elevada vulnerabilidade do aquífero.

Para a caracterização hidroquímica do sistema na área do município de Ourém, não se dispõe de informação suficiente.

Vulnerabilidade à Poluição

Uma questão extremamente importante que se levanta com a circulação de águas em maciços cársicos é a contaminação das águas subterrâneas, ou seja, a vulnerabilidade deste tipo de aquíferos à poluição.

As zonas cársicas são altamente sensíveis às actividades poluentes porque na maioria dos casos, a infiltração dá-se de uma forma muito rápida para o aquífero sem que os poluentes sejam depurados, decompostos ou retidos pelo solo.

A fragilidade dos sistemas aquíferos cársicos face à poluição (e a sua protecção) resulta da existência de galerias e condutas de acesso directo entre a superfície e os níveis de circulação activa, como por exemplo, os algares ou o próprio diaclasamento dos maciços.

Acontece, por vezes, que os algares são usados, como depósito de resíduos domésticos e efluentes industriais. Este tipo de acções contribui para a degradação da qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo, nomeadamente do ponto de vista bacteriológico.

De acordo com a metodologia EPPNA (1998) e o conhecimento hidrogeológico das formações, classifica-se a área correspondente ao Sistema Aquífero do MCE como área de alta vulnerabilidade (Classes V1 e V2).

Segundo o método DRASTIC (Aller *et al.*, 1987) aplicado no Plano de Bacia do Tejo (PBH Tejo, 1999), a vulnerabilidade média das formações calcárias do MCE é de 171, ou seja equivalente a vulnerabilidade elevada.

3.3. SISTEMA AQUÍFERO POUSOS-CARANGUEJEIRA

O sistema aquífero cretácico de Pousos-Caranguejeira ocupa apenas uma área de 2.7 km² nas freguesias de Matas e Espite, pelo que não representa um reservatório importante para o abastecimento municipal.

Em termos muito resumidos, o sistema aquífero cretácico de Pousos-Caranguejeira na área do município de Ourém é constituído por um complexo detrítico cretácico (Formação da Figueira da Foz), que se localizam na periferia do sinclinal de Pousos-Caranguejeira. O substrato é constituído pelo Complexo de Vale de Lagares (Jurássico superior), formado por arenitos de grão fino, alternando com argilas cinzentas e algumas intercalações calcárias.

Trata-se de um aquífero multicamada, predominantemente confinado, em que é frequente furos repuxantes. A produtividade, obtida a partir de 30 dados de caudal aponta para valores médios de 7.7 L/s, mediana de 5.1 L/s e máximos de 25 L/s. Os valores de Transmissividade estimados a partir de valores de caudal específico de 25 captações variam entre 30 e 150 m²/dia com média de 37 m²/dia e mediana de 18 m²/dia (Almeida *et al.*, 2000).

A rede de monitorização de quantidade do SNIRH não permite esboçar um mapa da superfície piezométrica.

A precipitação média anual nas freguesias de Matas e Espite situa-se entre 900 a 1000mm. Admite-se uma recarga aquífera de 10% da precipitação média anual (Almeida *et al.*, 2000) equivalente a 95 mm/ano.

Em termos hidroquímicos a água do aquífero de Pousos tem mineralização total moderada, dureza baixa, fácies cloretada sódica ou bicarbonatada cálcica. Por vezes ocorrem teores naturais elevados de Ferro pH abaixo dos valores recomendados (Almeida *et al.*, 2000).

3.4. SISTEMA AQUÍFERO SICÓ-ALVAIÁZERE

O sistema aquífero Sicó-Alvaiázere ocupa apenas uma área de 7 km² na freguesia de Formigais, pelo que não representa um reservatório importante para o abastecimento municipal de Ourém.

Em termos muito resumidos, o sistema aquífero Sicó-Alvaiázere na área do município de Ourém é constituído por calcários e dolomitos do Jurássico médio (Batoniano e Bajociano), com alguma carsificação (Fig. 10).

Trata-se de um aquífero com funcionamento tipicamente cársico, estando a drenagem subterrânea organizada em torno de um número pequeno de nascentes permanentes com caudal elevado e, outras, com caudais mais modestos, permanentes ou temporárias (Almeida *et al.*, 2000).

No sector oriental do sistema conhece-se um grupo de nascentes permanentes, situadas no extremo sul: Agroal (Fig. 11) e Mendacha. A norte do Agroal também se assinalam nascentes temporárias com caudais de ponta significativos (Almeida *et al.*, 2000).



Figura 10- Calcários carsificados na encosta da Nascente do Agroal (Formigais).



Figura 11- Nascente do Agroal (Formigais). Data: Junho 2011.

A nascente do Agroal é uma exsurgência cársica permanente que brota em calcários do Batoniano (Dogger) e apresenta variações sazonais mas normalmente superior a milhar de litros por segundo. É responsável pelo caudal de estiagem do rio Nabão. A água é mediantemente mineralizada, bicarbonatada cálcica, muito dura e de condutividade média, com pH aproximadamente neutro (Paralta, 1995).

A produtividade do aquífero de Sicó-Alvaiázere, obtida a partir de 13 dados de caudal aponta para valores médios de 10 L/s, mediana de 4 L/s e máximos de 60 L/s. Os valores de Transmissividade estimados a partir de valores de caudal específico de 13 captações variam entre 4 e 570 m²/dia (Almeida *et al.*, 2000).

A rede de monitorização de quantidade do SNIRH não permite esboçar um mapa da superfície piezométrica. A análise espacial mostra a existência de subsistemas independentes, cada um caracterizado por superfícies piezométricas próprias. No sector oriental os níveis decrescem no sentido N-S, o que indica um

escoamento no sentido das nascentes mais meridionais, do Agroal e Mendacha (Almeida *et al.*, 2000).

A precipitação média anual na freguesia de Formigais situa-se entre 900 a 1000mm. Admite-se uma recarga aquífera de 40% da precipitação média anual (Oliveira & Lobo Ferreira, 1994), equivalente a 380 mm/ano.

Em termos hidroquímicos a água do aquífero cársico tem fácies bicarbonatada sódica. Por vezes ocorrem evidências de contaminação bacteriológica, devido à elevada vulnerabilidade do sistema à poluição.

4. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS ESTRATÉGICAS DE PROTECÇÃO E RECARGA DE AQUÍFEROS

4.1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Decreto-Lei nº 93/90, de 19 de Março, no que se refere à delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN), esta era definida como "áreas em que, devido à natureza do solo e do substrato geológico e ainda às condições de morfologia do terreno, a infiltração das águas apresenta condições favoráveis, contribuindo assim para a alimentação de lençóis freáticos".

O Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto de 2008, clarifica e objectiva as tipologias de áreas integradas na REN, revogando o Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de Março. Recentemente foi publicada a Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro e o Decreto-lei nº 239/2012, de 2 de Novembro que revoga e actualiza algumas normas.

4.2. LEGISLAÇÃO (DL Nº 239/2012, DE 2 DE NOVEMBRO)

As áreas afectas à REN classificadas como "cabeceras das linhas de água" e "áreas de máxima infiltração" no Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de Março, são actualmente, classificadas com "áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos" (Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto e Decreto-lei nº 239/2012, de 2 de Novembro).

O Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto de 2008, clarifica e objectiva as tipologias de áreas integradas na REN, estabelecendo os critérios para a sua delimitação, assinalando as respectivas funções e identificando os usos e as acções que nela são admitidos e as respectivas servidões. O Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto de 2008 revoga o Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de

Março e foi recentemente alterado e actualizado pelo Decreto-lei nº 239/2012, de 2 de Novembro.

Relativamente aos aspectos relacionados com os aquíferos (águas subterrâneas), o Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de Novembro refere que a delimitação das “áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos” visa:

a) “Proteger os recursos naturais água e solo, bem como salvaguardar sistemas e processos biofísicos associados ao litoral e ao ciclo hidrológico terrestre, que asseguram bens e serviços ambientais indispensáveis ao desenvolvimento das actividades humanas;”

b) “Prevenir e reduzir os efeitos da degradação da recarga de aquíferos, dos riscos de inundação marítima, de cheias, de erosão hídrica do solo e de movimentos de massa em vertentes, contribuindo para a adaptação aos efeitos das alterações climáticas e acautelando a sustentabilidade ambiental e a segurança de pessoas e bens”.

De acordo com o Anexo I, Secção II, alínea d) do Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de Novembro 2012, as áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos são “áreas geográficas que, devido à natureza do solo, às formações geológicas aflorantes e subjacentes e à morfologia do terreno, apresentam condições favoráveis à ocorrência de infiltração e recarga natural dos aquíferos e se revestem de particular interesse na salvaguarda da quantidade e qualidade da água a fim de prevenir ou evitara sua escassez ou deterioração.”

A delimitação das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos deve considerar o “funcionamento hidráulico do aquífero, nomeadamente no que se refere aos mecanismos de recarga e descarga e ao sentido do fluxo subterrâneo e eventuais conexões hidráulicas, a vulnerabilidade à poluição e as pressões existentes resultantes de actividades e ou instalações, e os seus principais usos, em especial a produção de água para consumo humano.”

Nas áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos “só podem ser realizados os usos e as acções que não coloquem em causa, cumulativamente, as seguintes funções” (cit.):

- i) Garantir a manutenção dos recursos hídricos renováveis disponíveis e o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos subterrâneos;
- ii) Contribuir para a protecção da qualidade da água;

- iii) Assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea, com particular incidência na época de estio;
- iv) Prevenir e reduzir os efeitos dos riscos de cheias e inundações, de seca extrema e de contaminação e sobreexploração dos aquíferos;
- v) Prevenir e reduzir o risco de intrusão salina, no caso dos aquíferos costeiros;
- vi) Assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas de águas subterrâneas, principalmente nos aquíferos cársicos, como por exemplo invertebrados que ocorrem em cavidades e grutas.

O Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de Novembro apresenta, no Anexo II (a que se refere o artigo 20º), uma lista de “Usos e acções compatíveis com os objectivos de protecção ecológica e ambiental e de prevenção e redução de riscos naturais de áreas integradas na REN”.

Constata-se que, ao nível de certas actividades económicas, as autorizações e licenças ficam dependentes de comunicação prévia ou autorização da tutela e/ou da autarquia, conforme a tipologia dos empreendimentos

4.3. ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

4.3.1. Definição

As **áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos** são as áreas geográficas que, devido à natureza do solo, às formações geológicas aflorantes e subjacentes e à morfologia do terreno, apresentam condições favoráveis à ocorrência de infiltração e recarga natural dos aquíferos e se revestem de particular interesse na salvaguarda da quantidade e da qualidade da água a fim de prevenir ou evitar a sua escassez ou deterioração.

4.3.2. Critérios de Delimitação

A delimitação das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos deve considerar os seguinte pressupostos:

- sistemas aquíferos inventariados pelo INÁG;
- outros sistemas que não sendo economicamente exploráveis o possam vir a ser, havendo possibilidade de recuperação, desde que sejam importantes para a prevenção e redução de situações de cheias e inundação e de seca extrema, bem como para a sustentabilidade de sistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea;
- Funcionamento hidráulico do aquífero, nomeadamente no que se refere, aos mecanismos de recarga e descarga e ao sentido do fluxo subterrâneo e eventuais conexões hidráulicas;
- Estado da arte e as recomendações técnicas da Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro (RCM, 2012);
- Pressões existentes resultantes de actividades e ou instalações;
- Principais usos, em especial a reserva de água para consumo humano.

Consideram-se como importantes para a delimitação desta tipologia as seguintes informações:

- Fontes bibliográficas (cartas geológicas e respectivas notícias explicativas, cartas de solos, teses de mestrado e doutoramento, estudos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos, planos de bacia hidrográfica e artigos científicos publicados em revistas especializadas, inventário de captações e relatórios de sondagem);
- Características das formações geológicas (enquadramento geológico, incluindo, identificação e descrição das unidades litoestratigráficas existentes

e das principais estruturas tectónicas e perfis geológicos) com destaque para as que conferem maior permeabilidade;

- Caracterização dos sistemas aquíferos incluindo, entre outros, fluxos, vulnerabilidade à poluição e salinidade;
- Declive do terreno.

4.3.3. Fontes de Informação

O Município de Ourém disponibilizou a cartografia de base digital fornecida pelas respectivas entidades:

- Cartografia base (série M888 25K do IGeoE): 286, 287, 298, 299, 308, 309, 310, e 319.
- Altimetria (escala 1:10 000)
- Ocupação do Solo (COS 2007)
- Ortofotomapas a escala adequada;
- Cartografia geológica do LNEG (escala 1: 25 000)
- Cartografia dos sistemas aquíferos de Portugal Continental, Instituto da Água (INAG)/Centro de Geologia da FCUL (disponíveis em <http://snirh.pt>);
- Cartografia hidrogeológica; dados de base das redes de monitorização de águas subterrâneas (SNIRH); inventário de furos, reconhecimento de campo, etc.
- Cartografia actualizada, em suporte digital e, sempre que existente, em estrutura vectorial.

4.4. METODOLOGIA

A metodologia para determinação das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos baseou-se nas recomendações técnicas da Resolução do Conselho

de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro (RCM, 2012) e no conhecimento pericial e bibliográfico dos autores, relativamente à geologia e hidrogeologia do concelho de Ourém.

A delimitação das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos incidiu sobre todo o concelho, com especial pormenor nos sistemas aquíferos inventariados pelo INAG/APA. I.P. com interesse para abastecimento público (i.e. Sistema Aquífero de Ourém) e com vulnerabilidade média/alta à poluição (i.e. Sistema Aquífero do Maciço Calcário Estremenho).

Aplicou-se a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade à poluição/áreas de recarga através do *Índice de Susceptibilidade (IS)*, da autoria de Ribeiro (2005) para o Sistema Aquífero de Ourém, Pousos-Caranguejeira e áreas indiferenciadas de génese porosa/detrítica e não integradas em aquíferos cársicos.

Para as áreas de maciço calcário do planalto de Fátima e de Formigais, apesar do seu reduzido interesse aquífero, aplicou-se a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade à poluição/áreas de recarga através do *Índice EPIK* da autoria de Doerfliger & Zwahlen (1997).

4.4.1. Índice de Susceptibilidade

O *Índice de Susceptibilidade (IS)* foi definido por Ribeiro (2000; 2005), como abordagem à vulnerabilidade específica.

Exemplos de aplicação do IS original a casos particulares de estudo estão descritos em Paralta & Francés (2000ab) e Paralta *et al.* (2001; 2005).

O Índice de Susceptibilidade original foi adaptado ao estudo da REN, sendo calculado agora a partir da soma ponderada dos parâmetros originais, sem considerar a Ocupação do Solo, a saber: a profundidade da zona não saturada (D), a taxa anual de recarga (R), a natureza geológica do aquífero (A) e o declive do terreno (T), de acordo com os ponderadores da seguinte expressão:

$$IS= 0.24D+ 0.27R+ 0.33A + 0.16T \quad (\text{Eq. 1})$$

O valor final do Índice de Susceptibilidade varia entre 0 e 100 (da mais baixa para a mais alta susceptibilidade).

O parâmetro D, **profundidade da zona não saturada**, determina a distância que um contaminante tem de percorrer até chegar ao aquífero, existindo maior probabilidade de um contaminante sofrer atenuação para profundidades maiores (Quadro 3).

Quadro 3– Valores paramétricos dos intervalos de profundidade da zona não saturada

Profundidade (m)	<1,5	1,5-4,6	4,6-9,1	9,1-15,2	15,2-22,9	22,9-30,5	>30,5
Parâmetro D	100	90	70	50	30	20	10

A **recarga do aquífero (R)** é um dos conceitos mais polémicos para a avaliação da vulnerabilidade, pois pode contribuir de modo negativo ou positivo para a contaminação dos aquíferos através dos mecanismos de transporte vertical, de dispersão e de diluição dos poluentes.

De uma maneira geral, tende a considerar-se que quanto maior for a taxa de recarga maior será a quantidade de contaminantes lixiviados para a zona saturada (Quadro 4).

O valor da recarga pode ser estimado por métodos que utilizam a equação de balanço hídrico do solo ou a partir da bibliografia da especialidade e registos da APA, I. P..

Quadro 4– Intervalos de recarga e valores paramétricos correspondentes.

Recarga (mm/ano)	<51	51-102	102-178	178-254	>254
Parâmetro R	10	30	60	80	90

A **geologia do aquífero (A)** refere-se à capacidade de atenuação do aquífero, que é função do material que o constitui. Quanto mais permeável for o material dos aquíferos maiores são as hipóteses de contaminação das águas subterrâneas. Os factores considerados preponderantes para a parametrização

de cada litologia são indicados no Quadro 5 e a respectiva pontuação típica entre parêntesis.

Quadro 5– Classes de natureza geológica e valores paramétricos correspondentes.

Material do Aquífero	Parâmetro A
Balastro	20 – 100 (90)
Areia e balastro	40 – 90 (80)
Calcário maciço	40 – 90 (80)
Arenito maciço	40 – 90 (60)
Arenito, calcário e argilito estratificados	50 – 90 (60)
“Till” glacial	40 – 60 (50)
Rocha metamórfica/ígnea alterada	30 – 50 (40)
Rocha metamórfica/ígnea	20 – 50 (30)
Xisto argiloso, argilito	10 – 30 (20)

O **topografia** (T) define os declives do terreno, que quanto mais elevados forem, mais favorecem a escorrência superficial e a erosão, em prejuízo da infiltração. Deste modo, declives mais atenuados promovem uma maior infiltração e, também, o transporte dos contaminantes para as águas subterrâneas (Quadro 6).

Quadro 6– Intervalos de declives e valores paramétricos correspondentes.

Declive (%)	<2	2-6	6-12	12-18	>18
Parâmetro T	100	90	50	30	10

Após a classificação dos vários parâmetros (D, R, A e T) é efectuada a soma ponderada de acordo com a Equação 1, para o cálculo do IS. Quanto maiores são os valores finais de IS obtidos, tanto maior é a probabilidade de determinada área ser mais vulnerável à contaminação das águas subterrâneas.

No Quadro 7 pode observar-se a classificação dos valores de IS em função da sua vulnerabilidade. Para efeitos de delimitação da REN dos aquíferos porosos devem considerar-se os valores de IS correspondentes às classes de extremamente vulnerável a elevada (RCM, 2012).

Quadro 7– Classificação da Vulnerabilidade segundo o Índice de Susceptibilidade Intrínseco.
Fonte: RCM (2012).

IS	Vulnerabilidade
> 90	Extremamente vulnerável
80 - 90	Muito elevada
70 - 80	Elevada
60 - 70	Moderada a Alta
50 - 60	Moderada a Baixa
40 - 50	Baixa
30 - 40	Muito Baixa
< 30	Extremamente Baixa

4.4.2. Índice EPIK

Na delimitação das áreas de recarga aquífera dos aquíferos cársicos (maciços calcários carsificados) poderá aplicar-se o índice de vulnerabilidade EPIK (Doerfliger & Zwahlen, 1997), como recomendado na Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro.

Este índice considera a geologia cársica dos aquíferos, a geomorfologia e as características hidrogeológicas. O índice é construído com base nos seguintes parâmetros: epicarso (E), cobertura de proteção (P), condições de infiltração (I) e grau de desenvolvimento da rede cársica (K).

A cada parâmetro é atribuído um valor segundo uma classificação que tem em conta o impacto potencial da poluição, de acordo com a seguinte expressão:

$$F = 3 Ei + Pj + 3 Ik + 2 KI \quad (\text{Eq. 2})$$

O valor final do Índice EPIK varia entre 9 e 36 (da mais alta para a mais baixa vulnerabilidade).

O parâmetro E, relativo à **geomorfologia cársica** varia entre 1 e 4, existindo maior probabilidade de contaminação/recarga nas situações de escoamento centrípeto e elevada fracturação das rochas calcárias (Quadro 8).

Quadro 8– Classificação do parâmetro E.

Profundidade	Aspectos de Geomorfologia Cársica	Classificação
E1	Sumidouros, dolinas, afloramentos muito fraturados	1
E2	Zonas intermediárias no alinhamento de dolinas, vales secos, afloramentos com fracturação média	3
E3	Ausência	4

O parâmetro P, relativo à **cobertura de protecção**, corresponde à espessura de solo que cobre as formações calcárias, existindo maior probabilidade de contaminação/recarga nas situações de ausência ou reduzida espessura de cobertura (Quadro 9).

Quadro 9– Classificação do parâmetro P.

Cobertura de Protecção	Espessura de solo acima do aquífero cársico (m)	Classificação
P1	0 - 0,2	1
P2	0, 2 - 1	2
P3	1 - 8	3
P4	> 8	4

O parâmetro I, relativo às **condições de infiltração**, corresponde à contribuição do escoamento superficial para a infiltração subterrânea, existindo maior probabilidade de contaminação/recarga nos cursos de água influentes (Quadro 10).

Quadro 10– Classificação do parâmetro I (Doerfliger & Zwahlen, 1997).

Condições de Infiltração	Tipo	Classificação
I1	Cursos de água de carácter perene ou temporário que alimentam sumidouros e dolinas	1
I2	Áreas em bacias hidrográficas com inclinação > 10 % em áreas cultivadas e > 25 % em prados e pastagens	2
I3 (a)	Áreas em bacias hidrográficas com inclinação < 10 % em áreas cultivadas e < 25 % em prados e pastagens	3
I3 (b)	Áreas fora das bacias hidrográficas com inclinação > 10 % em áreas cultivadas e > 25 % em prados e pastagens	
I4	A restante área da bacia hidrográfica	4

O parâmetro K, relativo à **rede cárstica** varia entre 1 e 3 e representa o desenvolvimento de galerias, condutas e grutas subterrâneas, susceptíveis de constituir escoamentos rápidos em direcções preferenciais existindo maior probabilidade de contaminação/recarga nas situações de escoamento centrípeto e elevada fracturação das rochas calcárias (Quadro 11).

Quadro 11– Classificação do parâmetro K.

Rede Cárstica	Grau de Desenvolvimento	Classificação
K1	Moderado a muito desenvolvido	1
K2	Fraco	3
K3	Aquíferos sem carsificação	4

Após a classificação dos vários parâmetros (E, P, I e K) é efectuada a soma ponderada de acordo com a Equação 2. Quanto menores são os valores finais de EPIK, tanto maior é a probabilidade de determinada área ser mais vulnerável à contaminação das águas subterrâneas e mais favorável à recarga de aquíferos.

Para efeitos de delimitação da REN consideram-se as áreas mais vulneráveis à poluição dos aquíferos cársicos tomando os valores de EPIK correspondentes às classes de vulnerabilidade muito alta a alta (Quadro 12).

Quadro 12– Classificação da Vulnerabilidade segundo o Índice EPIK. Fonte: RCM (2012).

Índice EPIK (F)	Vulnerabilidade
≤ 19	Muito alta
$19 < F < 25$	Alta
> 25	Moderada a baixa

4.5. RESULTADOS

Os resultados obtidos com a aplicação do Índice de Susceptibilidade (IS) e com o Índice EPIK para a município de Ourém apresentam-se de forma simplificada, assim como a justificação teórica da selecção dos parâmetros.

Em anexo apresentam-se as Peças Desenhadas a escala apropriada. Os resultados obtidos são disponibilizados em formato digital para integração em SIG.

4.5.1. Índice de Susceptibilidade

Na aplicação do Índice de Susceptibilidade (IS) foi considerado o estado da arte relativamente à geologia e hidrogeologia dos aquíferos detríticos porosos, cenomaniano superior e unidades hidrogeológicas indiferenciadas presentes no município de Ourém, com especial atenção ao Sistema Aquífero de Ourém, responsável pelo abastecimento público.

Adoptou-se uma malha do modelo de 10x10m para maior rigor espacial. A cada malha de 100 m², corresponde um valor obtido da média ponderada dos parâmetros do método, segundo a sua importância relativa. O processamento foi realizado em SIG.

A justificação teórica da classificação dos parâmetros IS apresenta-se seguidamente.

Parâmetro D - Profundidade da zona não saturada

Relativamente ao parâmetro D (**profundidade da zona não saturada**), a classificação baseia-se no conhecimento da aptidão hidrogeológica e consulta dos 17 perfis geológicos das captações municipais de Ourém.

O Complexo de Vale de Lagares que aflora no vale da ribeira de Espite não tem potencialidade aquíferas pelo que não se considera como aquífero, sendo atribuído uma classificação de 30, correspondente ao parâmetro D superior a 15m.

A bacia hidrográfica correspondente à ribeira de Espite foi classificada com 50, correspondente a profundidade da zona vadosa entre 9.1 e 15.2m, incluindo pequenos afloramentos do cretácico de Pousos-Caranguejeira sem interesse aquífero para o município. Esta classificação é confirmada pelos perfis geológicos das captações FR4 e FR5 que indicam até profundidade da zona vadosa na ordem de 20m. A área assinalada não tem contribuição para a recarga do sistema da bacia cretácica de Ourém pois é provável que apresente escoamento subterrâneo para Este.

A área dos arenitos cretácicos de Ourém foi classificada com 90, correspondente a profundidade da zona vadosa entre 1.5 e 4.6m. Esta abordagem é mais defensiva para o aquífero pois as camadas arenosas mais grosseiras e conglomeráticas onde ocorre a recarga directa do aquífero ocorrem dispersas pelas encostas, interflúvios e vales, sendo posteriormente captadas a várias profundidades pelos furos artesianos.

As aluviões e vales das principais ribeiras foram classificados com 100, correspondente a profundidade da zona vadosa inferior a 1.5m, para discriminar positivamente da restante área do aquífero. Esta classificação é confirmada pelos perfis geológicos das captações instaladas nos vales que

indicam que o topo do aquífero superior está muito próximo da superfície (Vale da Caridade, Vale Sobreiro, Vale da Meda, Caxarias e Carvalhal).

Com esta metodologia pretende-se proteger o aquífero superior nos vales e as camadas grosseiras que afloram de forma dispersa em toda a bacia cretácica, responsáveis pela recarga do aquífero em profundidade (multicamada).

Os calcários do cenomaniano superior e respectiva cobertura miocénica e pliocénica que afloram no topo dos principais interflúvios atribui-se classe 70, correspondente a profundidade da zona vadosa entre 4.6 e 9.1m, devido à existência de pequenos poços (aquífero freático sub-superficial), embora não apresentem interesse aquífero regional ou municipal, à excepção de abastecimentos de subsistência.

A figura 12 representa a cartografia do parâmetro D da metodologia IS aplicada às formações não incluídas em aquíferos cársicos.

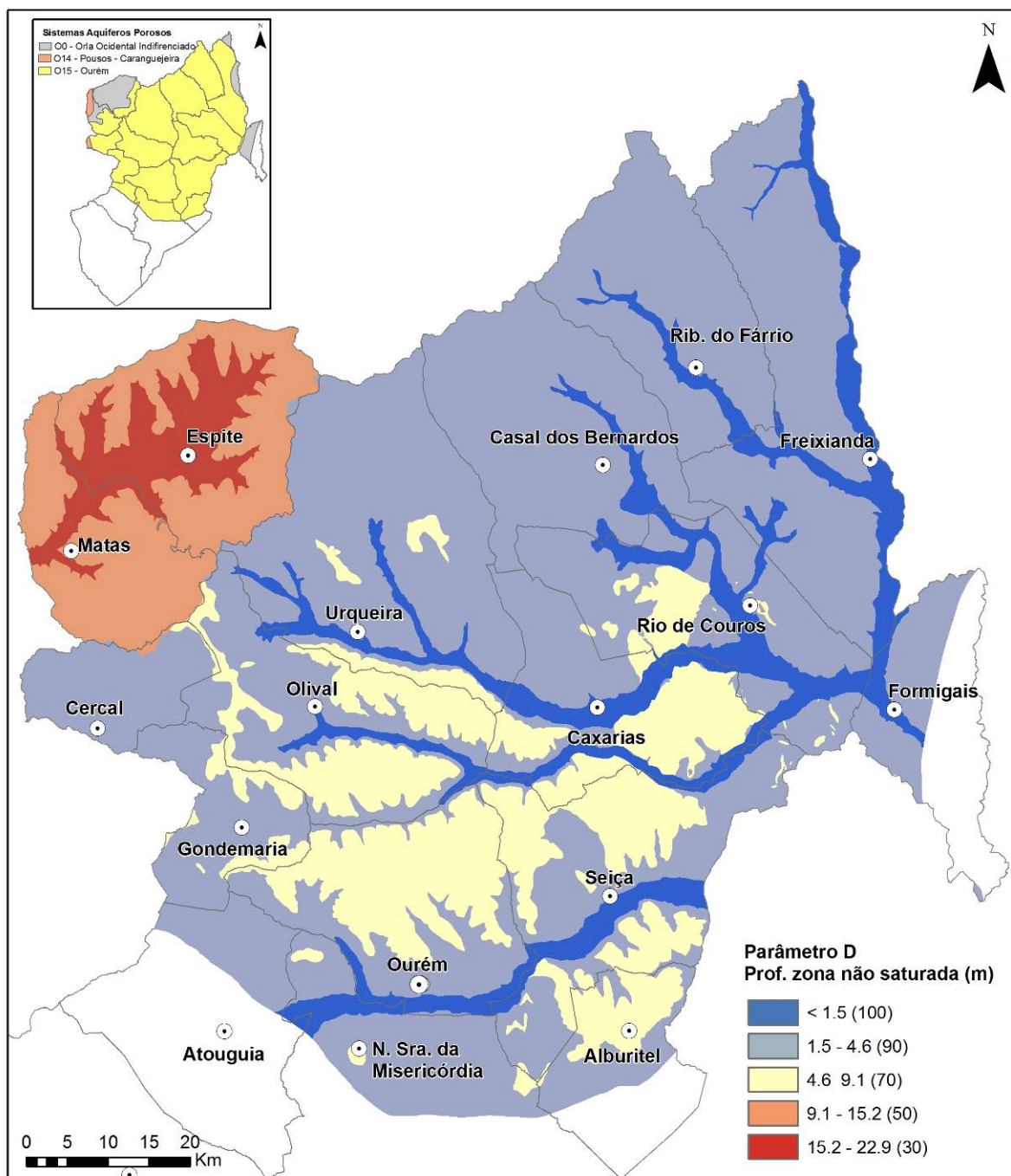


Figura 12- Mapa do parâmetro D para as formações não integradas em aquíferos cársticos do concelho de Ourém.

Parâmetro R – Recarga do aquífero

Relativamente ao parâmetro R (**recarga do aquífero**), a classificação baseia-se nas referências bibliográficas e registos do SNIRH/APA, IP para formações semelhantes. Por ser mais defensivo para o aquífero, **consideram-se os valores superiores dos intervalos médios descritos na bibliografia** da especialidade.

Previamente, foi elaborada a carta de precipitação média anual correspondente ao período de 1951-80 (Fig. 13), com base nas séries de 30 anos das seguintes estações meteorológicas (INMG, 1991):

- Pombal (P= 1004.8 mm/ano)
- Leiria (P= 922.7 mm/ano)
- Freixianda (P= 1014.8 mm/ano)
- Tomar (P= 787.9 mm/ano)
- Minde (P= 1201.5 mm/ano)

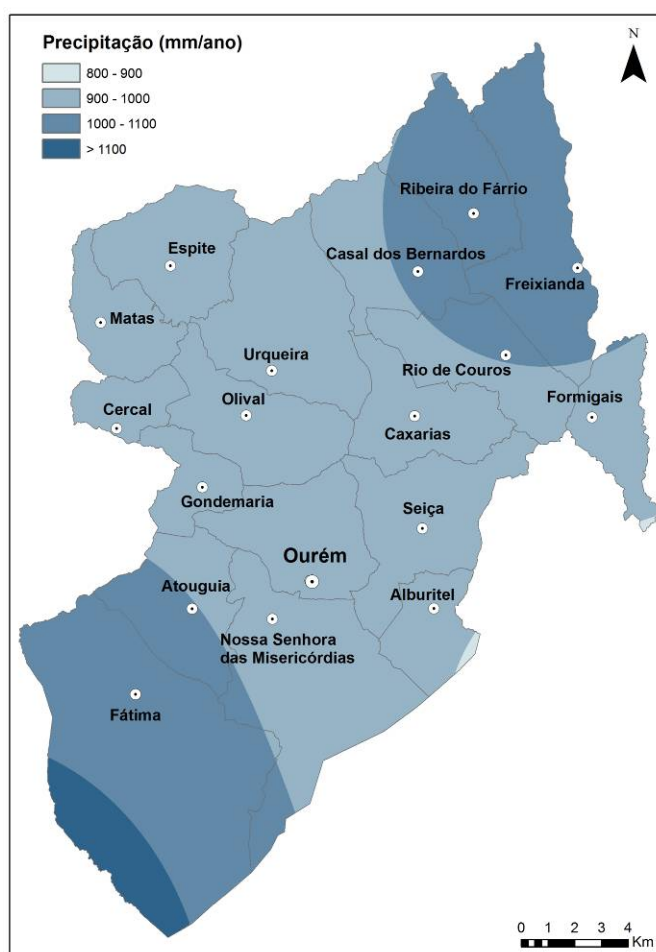


Figura 13- Mapa da precipitação média anual do concelho de Ourém.

Os valores atribuídos à recarga das formações geológicas do município de Ourém, não incluídas nos sistemas cársicos, apresentam-se no Quadro 13.

Quadro 13– Classificação do parâmetro R - Recarga Aquífera.

Geologia	Recarga Média Anual (%)	Valor Paramétrico	Fonte
Aluviões	50	90	Almeida <i>et al.</i> (2000)
Terraços	50	90	Almeida <i>et al.</i> (2000)
Grupo de Barracão (Pliocénico)	30	80	Almeida <i>et al.</i> (2000)
Arenitos de Ourém (Miocénico)	20	80	Almeida <i>et al.</i> (2000)
Calcários margosos de Ourém e Batalha (Cretácico)	20	80	Almeida <i>et al.</i> (2000)
Arenitos cretácicos /Formação da Figueira da Foz (aquífero)	20	80	PGRH Tejo (2012)
Camadas de Alcobaça (Jurássico superior)	10	30	Almeida <i>et al.</i> (2000)
Camadas de Cabaços e Montejunto (Jurássico sup.)	60	90	Almeida <i>et al.</i> (2000)
Formação da Srª da Estrela (Jurássico médio)	60	90	Almeida <i>et al.</i> (2000)

A figura 14 representa a cartografia do parâmetro R da metodologia IS aplicada às formações geológicas do município de Ourém, não incluídas nos sistemas cársicos.

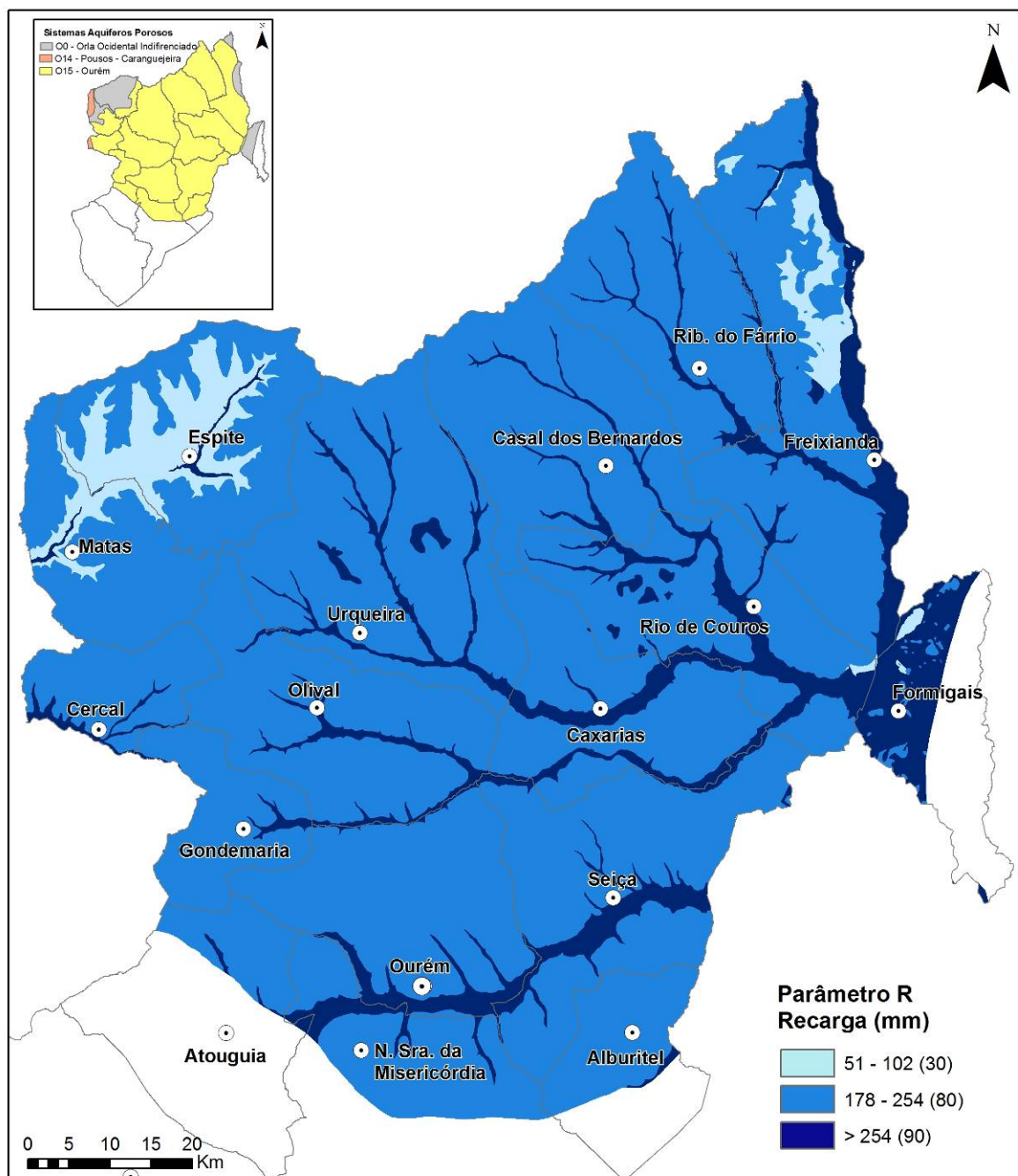


Figura 14- Mapa do parâmetro R para as formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém.

Parâmetro A – Geologia do aquífero

Relativamente ao parâmetro A (**geologia do aquífero**), a classificação baseia-se na carta lito-estratigráfica na escala 1:25 000 da autoria do LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.) e fornecida pela autarquia em formato vectorial.

A cartografia geológica disponibilizada representa o estado da arte, editada pelo organismo público com competência para a cartografia geológica e mineira de Portugal.

A correspondência entre a litologia e as classes do método IS e respectivo valor para as formações geológicas do município de Ourém, não incluídas nos sistemas cárnicos, apresentam-se no Quadro 14.

Quadro 14– Classificação do parâmetro A – Geologia do Aquífero.

Geologia	Valor Paramétrico
Aluviões	80
Terraços	80
Grupo de Barracão (Pliocénico)	80
Arenitos de Ourém (Miocénico)	60
Calcários margosos de Ourém e Batalha (cretácico)	70
Arenitos cretácicos /Formação da Figueira da Foz (aquífero)	60
Camadas de Alcobaça (Jurássico superior)	50
Camadas de Cabaços e Montejunto (Jurássico sup.)	70
Formação da Sr ^a da Estrela (Jurássico médio)	90

A figura 15 representa a cartografia do parâmetro A da metodologia IS aplicada às formações geológicas não incluídas nos sistemas cárnicos.

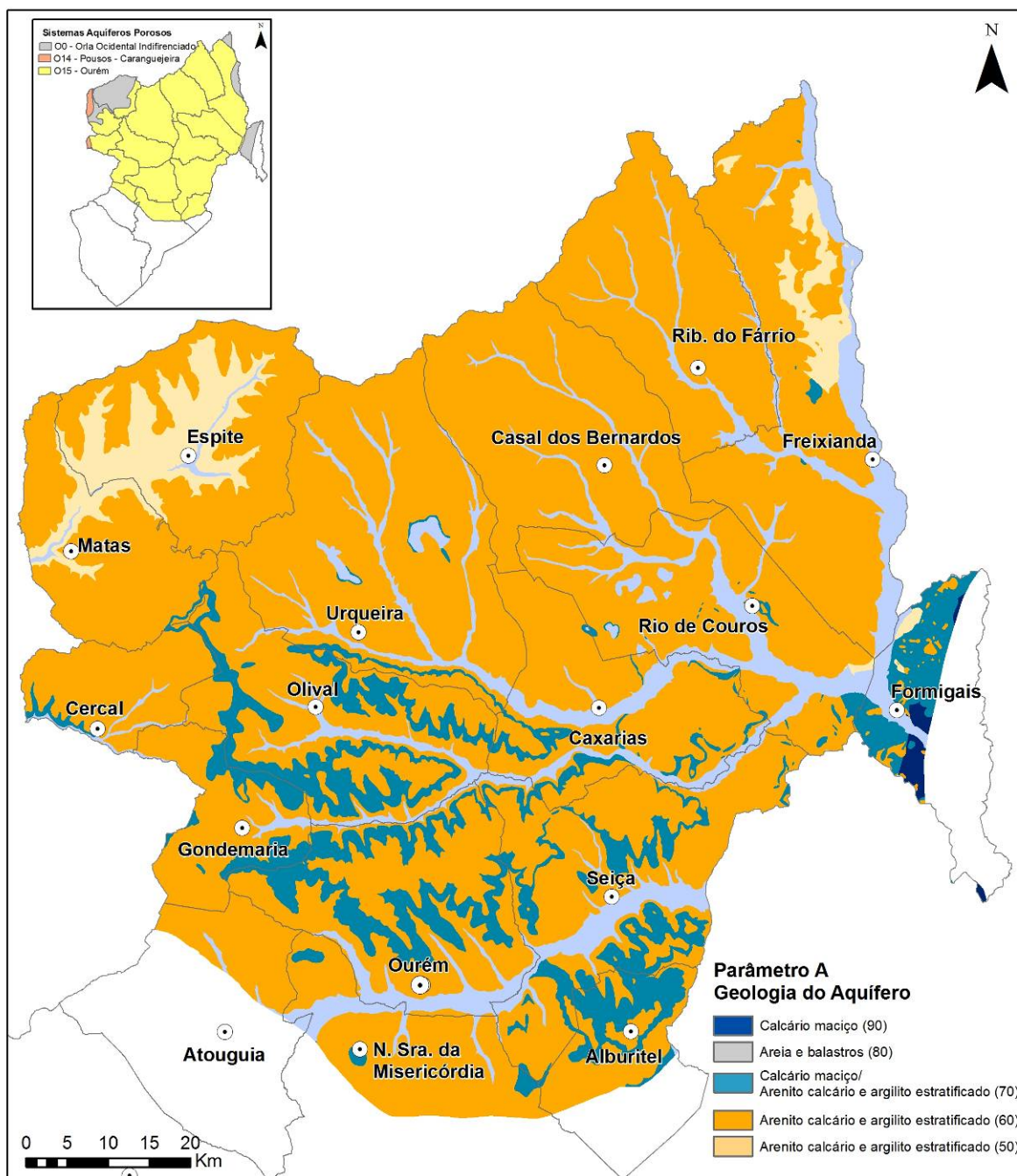


Figura 15- Mapa do parâmetro A para as formações não integradas em aquíferos cársticos do concelho de Ourém.

Parâmetro T – Topografia

Relativamente ao parâmetro T (**topografia**), a classificação das classes de declive (%) foi elaborada com base no modelo numérico de elevação, a partir da cartografia na escala 1:10 000 fornecida pela autarquia em formato vectorial.

A figura 16 representa a cartografia do parâmetro T da metodologia IS aplicada às formações geológicas não incluídas nos sistemas cársicos.

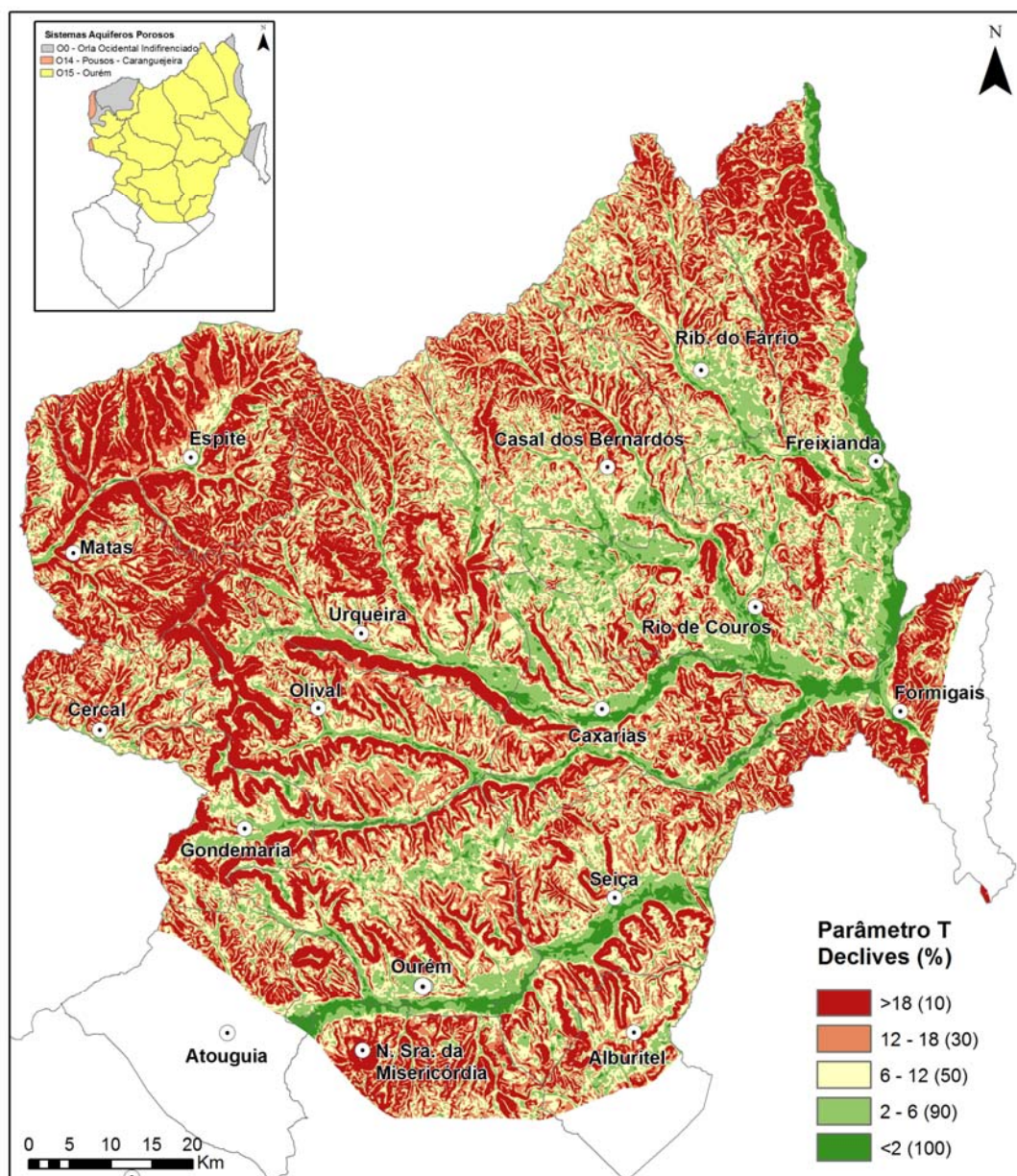


Figura 16- Mapa do parâmetro T para as formações não integradas em aquíferos cársicos do concelho de Ourém.

Resultado Final

O resultado obtido com a média ponderada dos parâmetros do Índice de Susceptibilidade (IS), considerando as opções mais conservativas/defensivas para o aquífero, apontam para uma área favorável à recarga de 123 km², correspondente a 30% da área do município.

As áreas mais favoráveis à recarga aquífera correspondem às áreas de vulnerabilidade superior a 70%. Na maioria, correspondem aos afloramentos de arenitos cretácicos (Formação da Figueira da Foz) e zonas aluvionares dos principais vales, o que está de acordo com o conhecimento hidrogeológico do aquífero apresentado anteriormente.

A figura 17 representa a cartografia da vulnerabilidade segundo as classes do Índice IS e a figura 18 representa a cartografia final simplificada, em termos de áreas preferências de recarga.

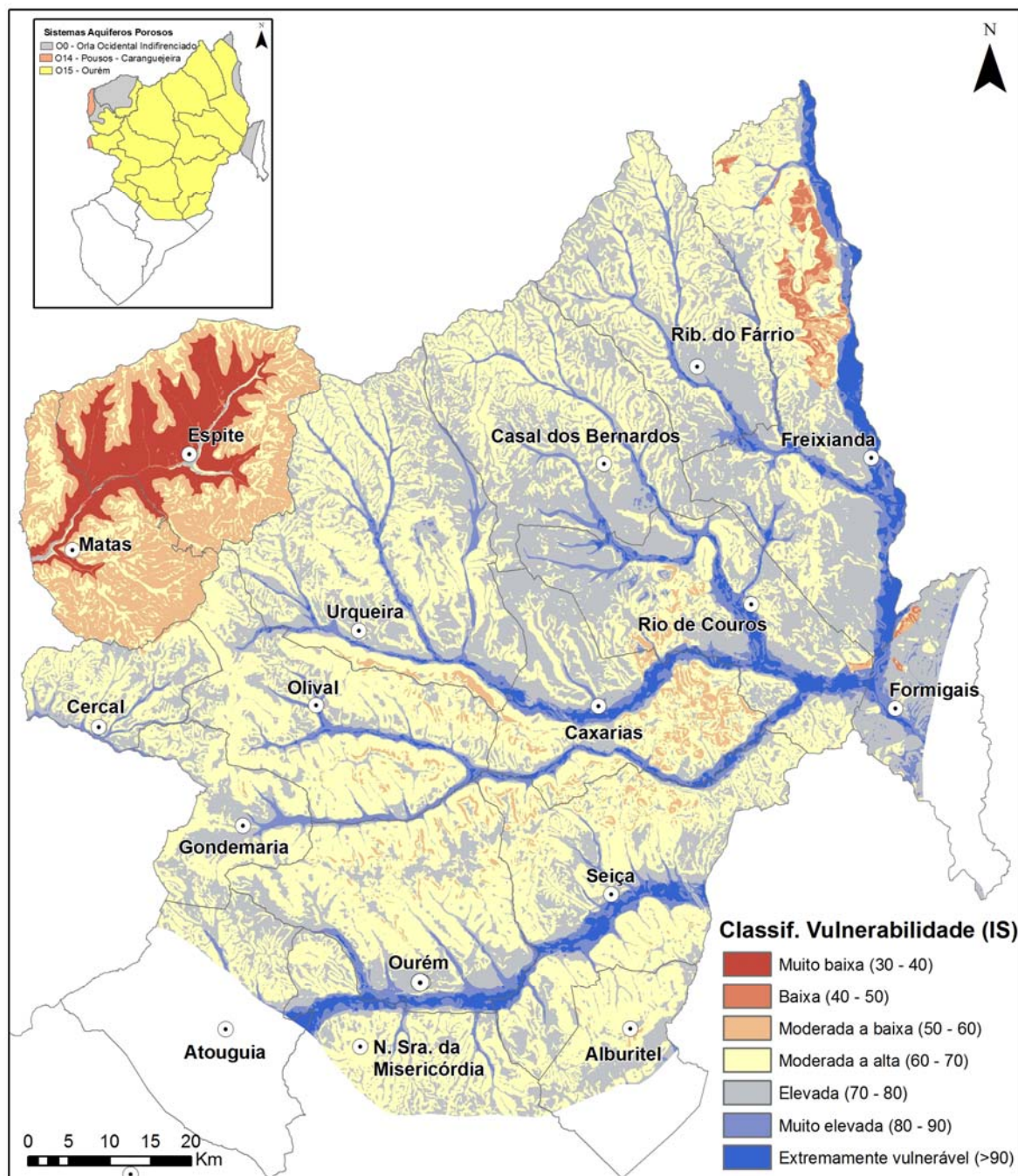


Figura 17- Mapa final do Índice IS para as formações não integradas em aquíferos cársticos do concelho de Ourém

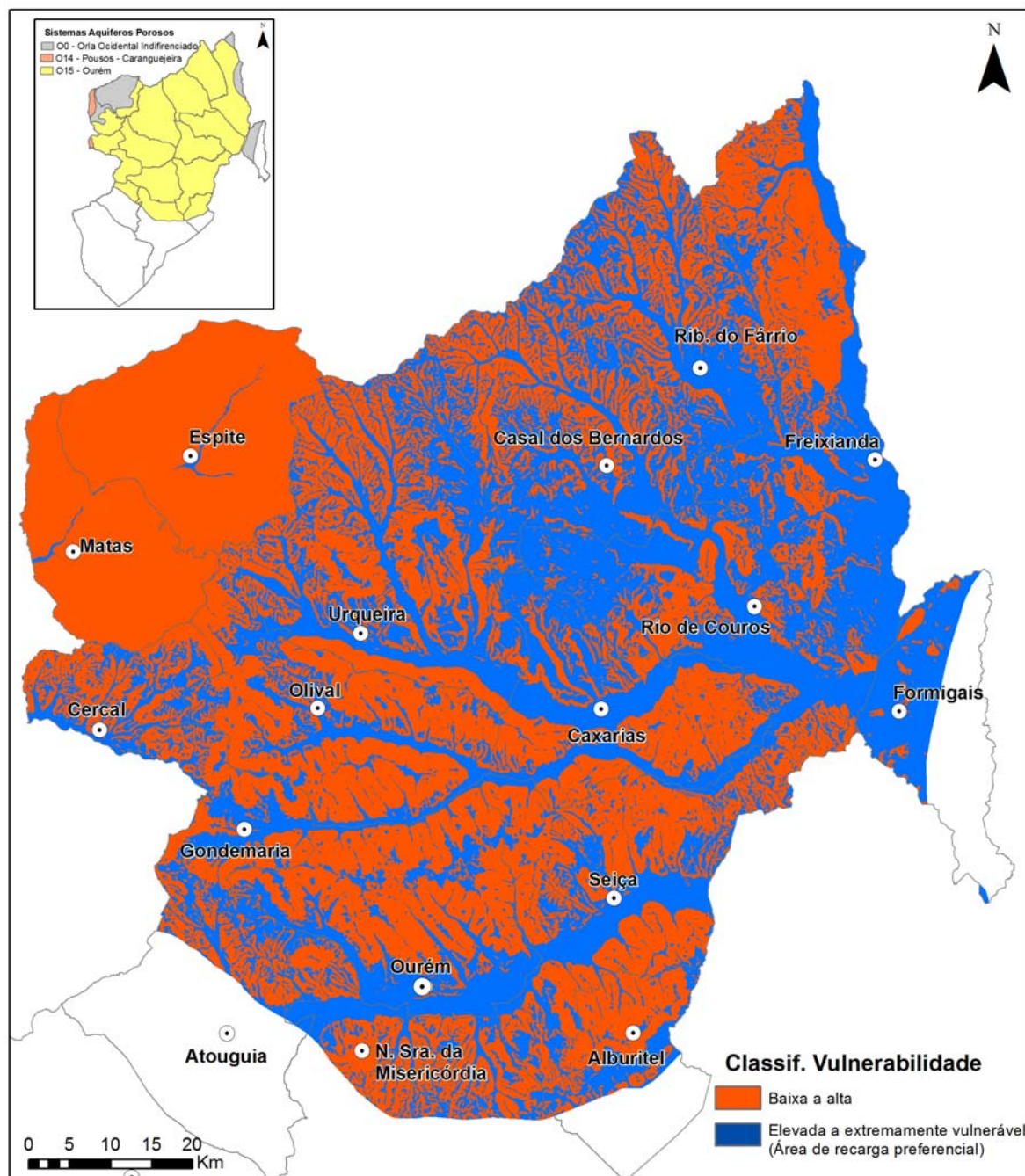


Figura 18- Mapa de áreas preferenciais de recarga das formações não integradas em aquíferos cársticos do concelho de Ourém, segundo a método IS.

4.5.2. Índice EPIK

Na aplicação do Índice EPIK foi considerado o estado da arte relativamente à geologia e hidrogeologia (incluindo espeleogénese) das formações jurássicas do Planalto de Fátima e Formigais, complementado com interpretação de fotografia aérea/satélite e trabalho de campo.

A cada malha do modelo 10x10m corresponde um valor obtido da média ponderada dos parâmetros do método, segundo a sua importância relativa. O processamento foi realizado em SIG.

A justificação teórica da classificação dos parâmetros EPIK apresenta-se seguidamente.

Parâmetro E - Geomorfologia cársica

Relativamente ao parâmetro E (**geomorfologia cársica**), a caracterização do epicarso é baseada no estudo das formas cársicas. É particularmente difícil fazer uma correlação entre as formas cársicas e o desenvolvimento do epicarso no interior do maciço pois não há um modelo eficaz nesta correlação, mesmo com o apoio de métodos geofísicos.

A cartografia das várias categorias do parâmetro E foi realizada com base em ortofotomapas, hidrografia e altimetria a grande escala (entre 1/2000 e 1/5000).

Os vales secos foram cartografados como E1 quando estes estavam encaixados em vertentes íngremes e muito fracturadas ou mesmo com lapiás, e de E2 quando tinham o fundo preenchido por sedimentos e as suas vertentes eram mais suaves em comparação com as anteriores. Como não existe uma diferenciação clara entre o E1 e E2, este foi realizado com base no conhecimento pericial e visita de campo.

A categoria E3 diz respeito ao fundo de vales largos que se encaminham para a Bacia de Ourém ou áreas onde não são observados quaisquer características das formas cársticas, mas que ainda pertencem ao Sistema Aquífero do Maciço Calcário Estremenho.

No caso do Sistema Aquífero Sicó-Alvaiázere integrado no concelho, apenas o vale do Nabão foi cartografado como E3, as suas vertentes como E2, sendo a restante área classificada como E1.

A figura 19 ilustra algumas situações observadas no campo e classificadas de acordo com o parâmetro E da metodologia EPIK.



A

B

Figura 19- A - Dolina com solo e ocupação agrícola (classe E1). B – Dolina e relevo com lapiás no horizonte (classe E1).

A figura 20 representa a cartografia do parâmetro E da metodologia EPIK aplicada às áreas de afloramentos calcários do município de Ourem.

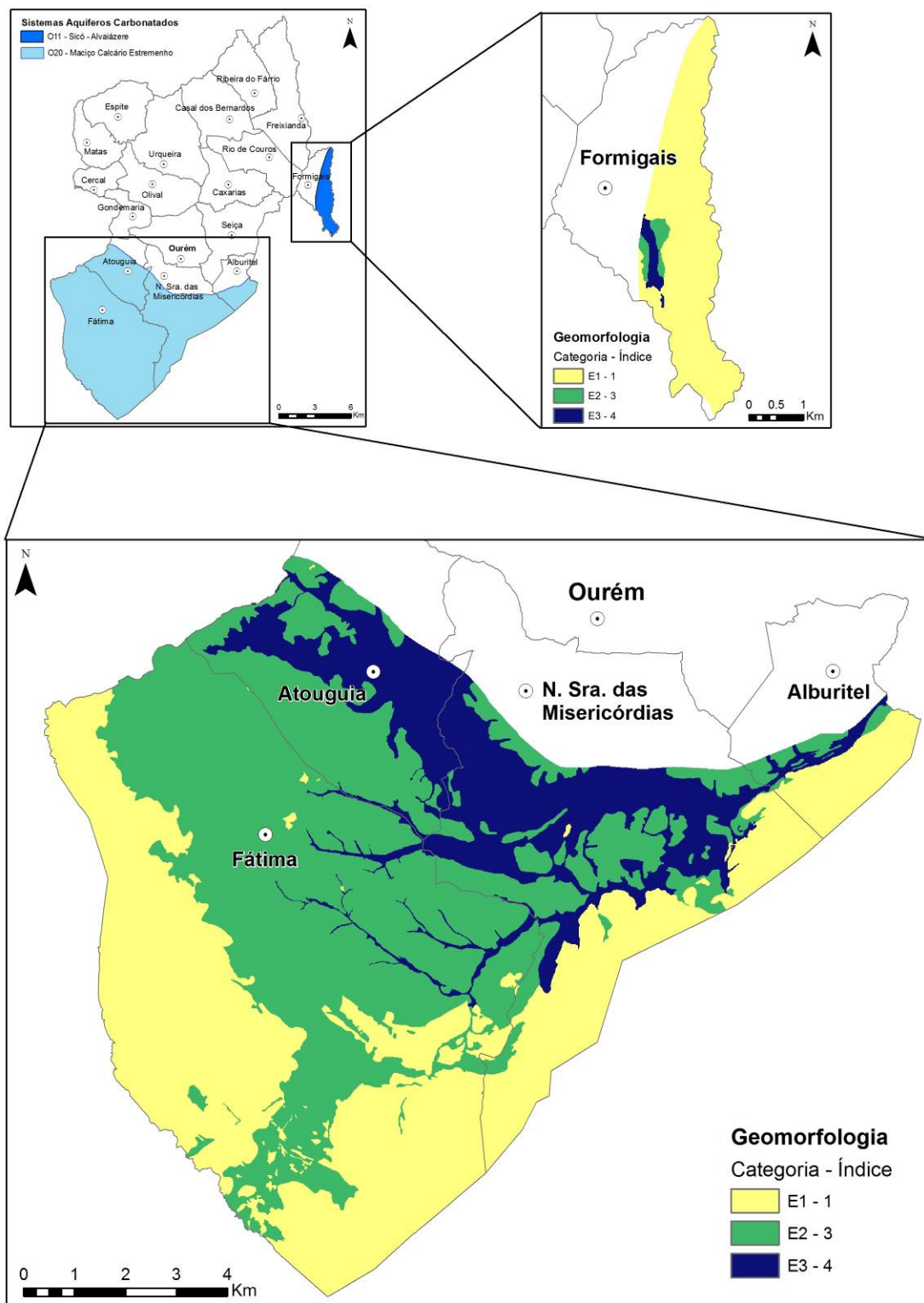


Figura 20- Mapa do parâmetro E para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.

Parâmetro P - Cobertura de proteção

Relativamente ao parâmetro P (**cobertura de protecção**), a caracterização da espessura de solo foi feita com recurso a ortofotomapas, hidrografia e altimetria. Alguns locais que suscitaram dúvidas, foram objecto de visita de campo.

A cartografia das várias categorias do parâmetro P foi realizada com base em ortofotomapas, hidrografia e altimetria a grande escala (entre 1/2000 e 1/5000).

O método EPIK considera 4 classes para a espessura de solo: P1 (0-20cm), P2 (20cm-1m), P3 (1m-8m) e P4 (> 8m). Nas rochas carbonatadas presentes no concelho, não existem solos com espessura superior a 8m.

Nas Lombas de Fátima, embora se veja rocha aflorante a meia encosta em alguns locais, considerou-se com espessura P2 (20cm-1m) para se atribuir um valor médio à malha do modelo. Na Serra de Aire, existem muitos lapiás cobertos por vegetação, mas em termos médios, a espessura de solo é inferior a 20cm (P1). Esta diferenciação deve-se ao facto das litologias da Serra Aire (Jurássico médio) serem mais casificáveis, que as litologias do Jurássico superior presentes nas Lombas de Fátima, formadas por alternância de calcários e margas.

Nos locais onde ocorrem oliveiras plantadas no calcário, foi considerada uma espessura de solo P2 e, nos fundos de vales, dolinas e outras zonas deprimidas (Bairro, Giesteira, Fátima, Vale Alto), considerou-se uma espessura de solo P3. As áreas de pedreiras foram delimitadas como P1 devido à quase ausência de solo.

A figura 21 ilustra uma situação observadas no campo e classificadas de acordo com o parâmetro P da metodologia EPIK.

.



Figura 21- Lombas de Fátima (classe P2).

A figura 22 representa a cartografia do parâmetro P da metodologia EPIK aplicada às áreas de aquíferos cársicos do município de Ourém.

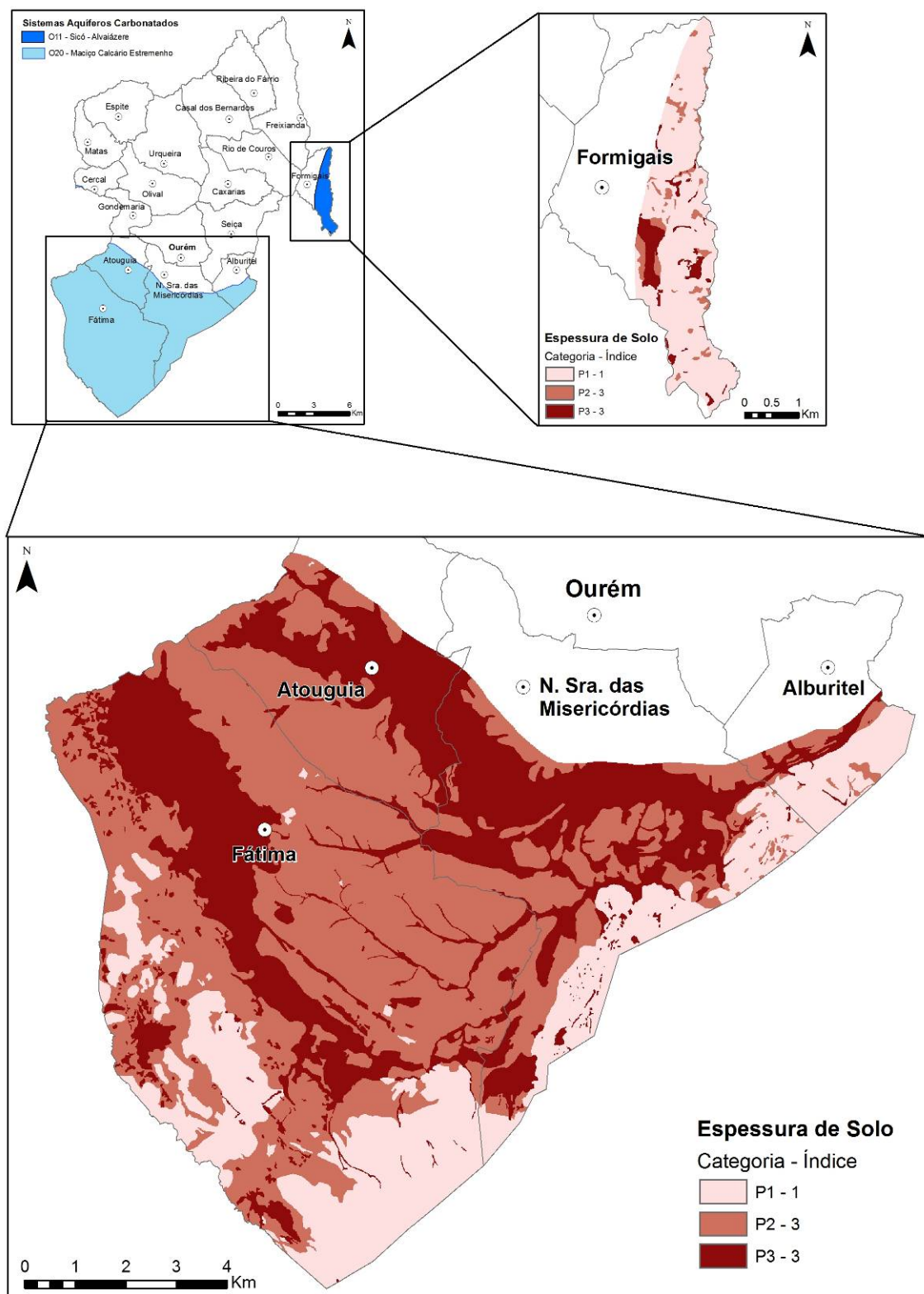


Figura 22- Mapa do parâmetro P para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.

Parâmetro I - Condições de infiltração

Relativamente ao parâmetro I (**condições de infiltração**), a caracterização foi realizada com recurso a ortofotomapas, hidrografia e altimetria. Alguns locais que suscitaram dúvidas, foram objecto de visita de campo.

No concelho de Ourém, quer a área que faz parte do Sistema Aquífero do Maciço Calcário Estremenho, quer a zona de Formigais, que faz parte do Sistema Aquífero de Sicó-Alvaiázere, não tem registos de sumidouros.

Durante o mês de Dezembro 2012 foi realizado trabalho de campo em que foram questionados os populares sobre se alguma vez tinham presenciado, em invernos mais chuvosos, a água das chuvas a formarem ribeiros e que se sumisse nas zonas mais deprimidas. Dado que a resposta foi sempre negativa, optou-se por considerar que a área onde se insere o concelho de Ourém fica fora das bacias hidrográficas que alimentam sumidouros e dolinas (embora estas últimas estejam presentes, mas sem cursos de água).

Segundo a informação do COS 2007 (IGP, 2010) disponibilizado pelo município, as áreas atribuídas a pastos e pastagens e a zonas agrícolas representam 30,8 km² (Figura 23).

Foi elaborado o modelo numérico de elevação, com base na cartografia na escala 1/10 000 e respectiva carta de declives em percentagem (%) cujo cruzamento com as classes de ocupação do solo (COS, 2007) resultou na atribuição de índice de infiltração I3(b) - fora das bacias hidrográficas em áreas cultivadas com declives superiores a 10% e nas áreas de pastos e pastagens com declives superiores a 25%. Toda a restante área dos sistemas aquíferos carbonatados foi considerada com índice de infiltração I4.

As figuras 23 e 24 representam a ocupação do solo e o mapa de declives, segundo a classificação do método EPIK, respectivamente. A figura 25 representa a cartografia do parâmetro I da metodologia EPIK aplicada às áreas de aquíferos cársicos do município de Ourém.

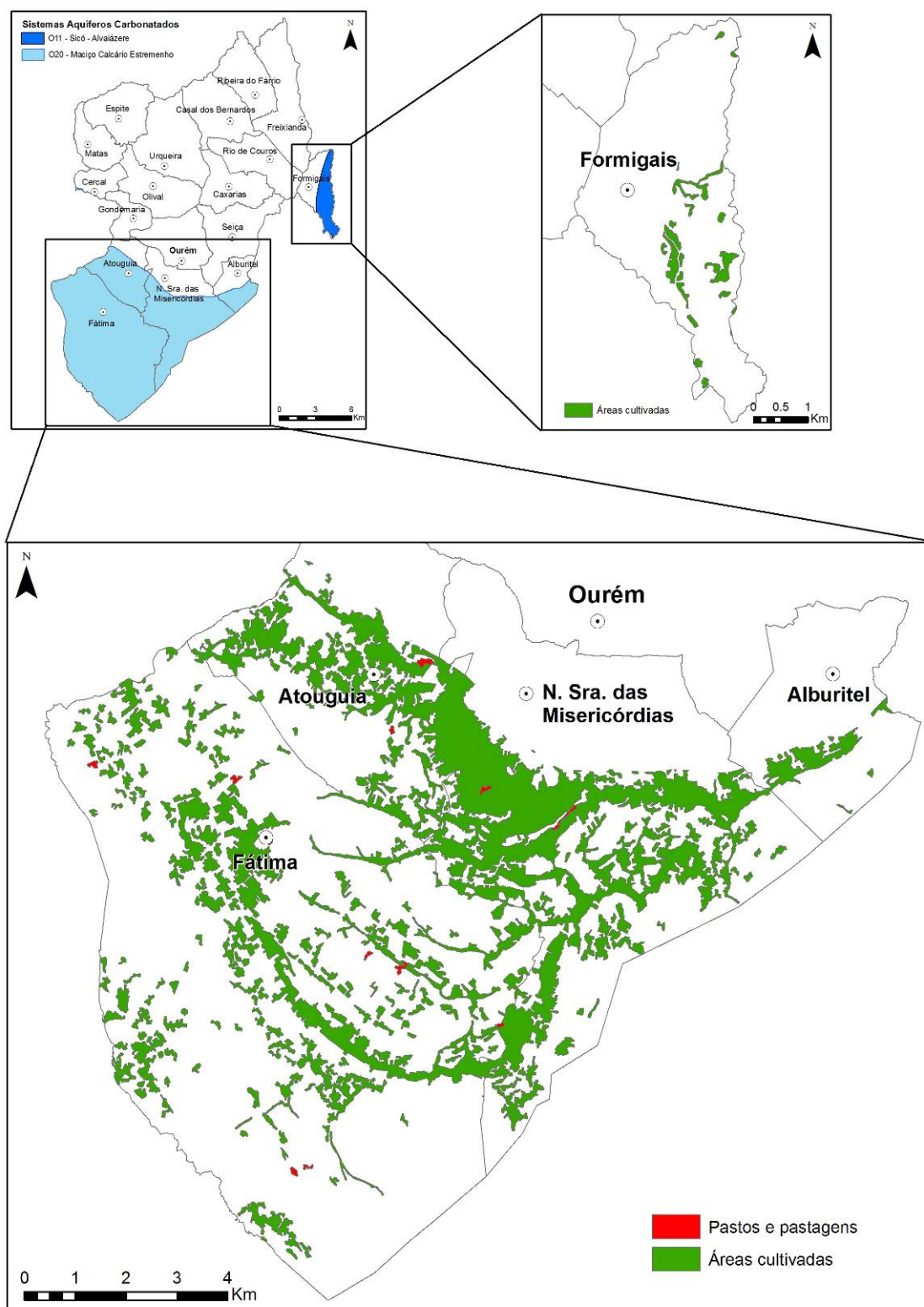


Figura 23- Mapa de ocupação do solo (componente agrícola) dos aquíferos cársicos do concelho de Ourém. Fonte: COS 2007.

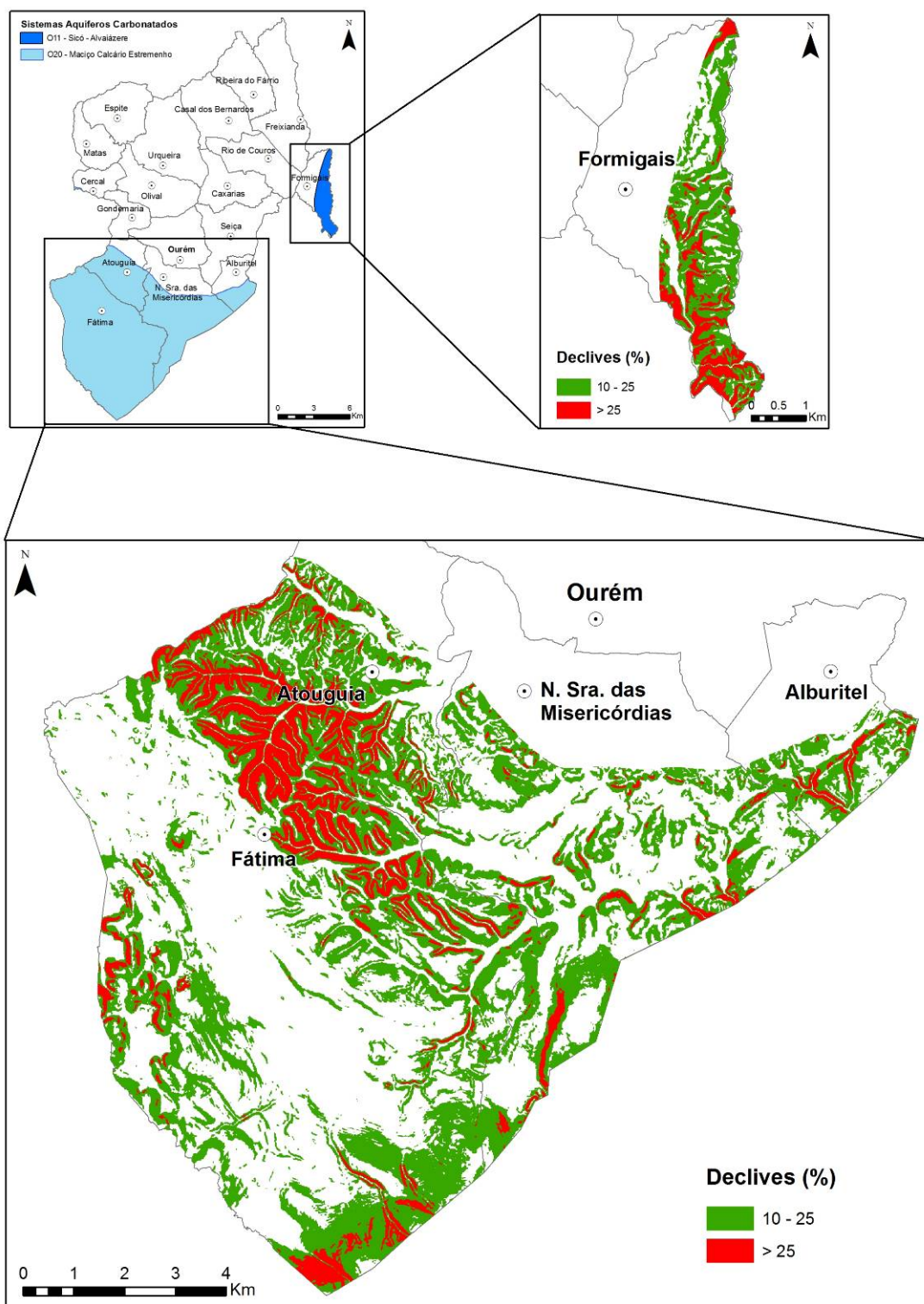


Figura 24- Mapa de declives dos aquíferos cársicos do concelho de Ourém segundo a classificação do modelo EPIK..

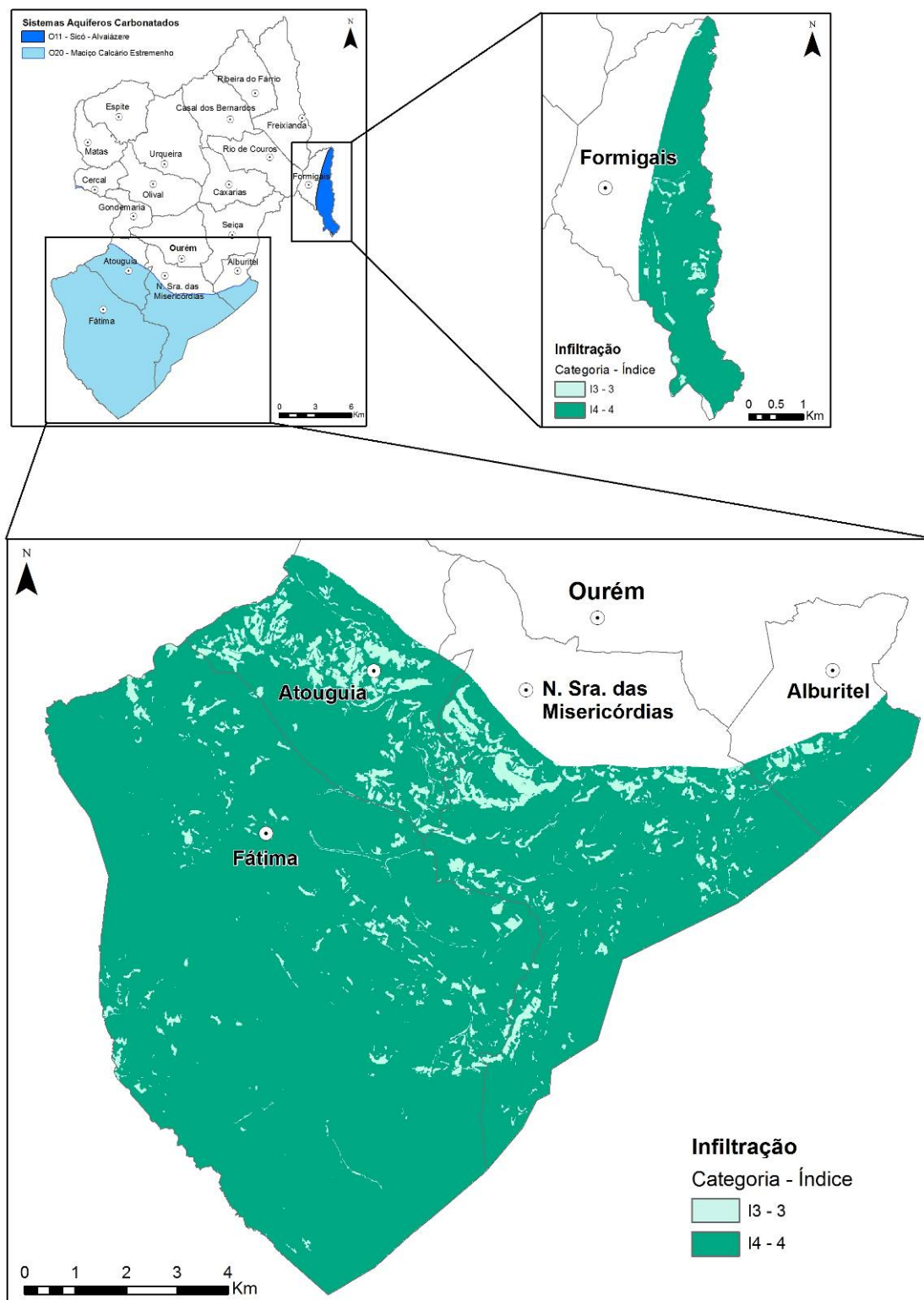


Figura 25- Mapa do parâmetro I para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.

Parâmetro K – Rede cárstica

Relativamente ao parâmetro K (**desenvolvimento da rede cárstica**), a caracterização foi realizada de acordo com o conhecimento espeleológico da região e de outros locais do Maciço Calcário Estremenho para litologias semelhantes.

No MCE, as litologias do Jurássico médio, consideram-se como K1, ou seja com um grau de desenvolvimento moderado a muito desenvolvido: Calcários de Moleanos, Calcários e Dolomitos de Montinhos, Calcários Oolíticos de Fátima, Calcários da Formação de Serra de Aire, Dolomitos de Furadouro e Calcários de Vale da Serra.

A formação das Camadas de Cabaços e de Montejunto indiferenciadas (calcário, margas e conglomerados) considerou-se como K2 (grau de desenvolvimento da rede cárstica fraca).

Apenas uma mancha de cobertura, pertencente ao Cretácico inferior, na área de Atougua, foi considerado como K3 (“aquífero sem carsificação”) devido às suas dimensões e espessura, pois no local observam-se alguns poços que captam este aquífero sub-superficial.

Na área de Sicó-Alvaiázere, consideram-se as litologias do Jurássico médio como K1, ou seja com um grau de desenvolvimento moderado a muito desenvolvido: Formação de Degracias (calcários com nódulos de sílex) e Formação de Senhora da Estrela (calcários bioclásticos e oolíticos).

À semelhança do Sistema Aquífero do MCE, a litologia correspondente às Camadas de Cabaços e de Montejunto indiferenciadas (calcário, margas e conglomerados) foi considerado como K2 (grau de desenvolvimento fraco). As poucas manchas de cobertura existentes, foram negligenciadas.

A figura 26 representa a cartografia do parâmetro K da metodologia EPIK aplicada às áreas de aquíferos cársicos do município de Ourém.

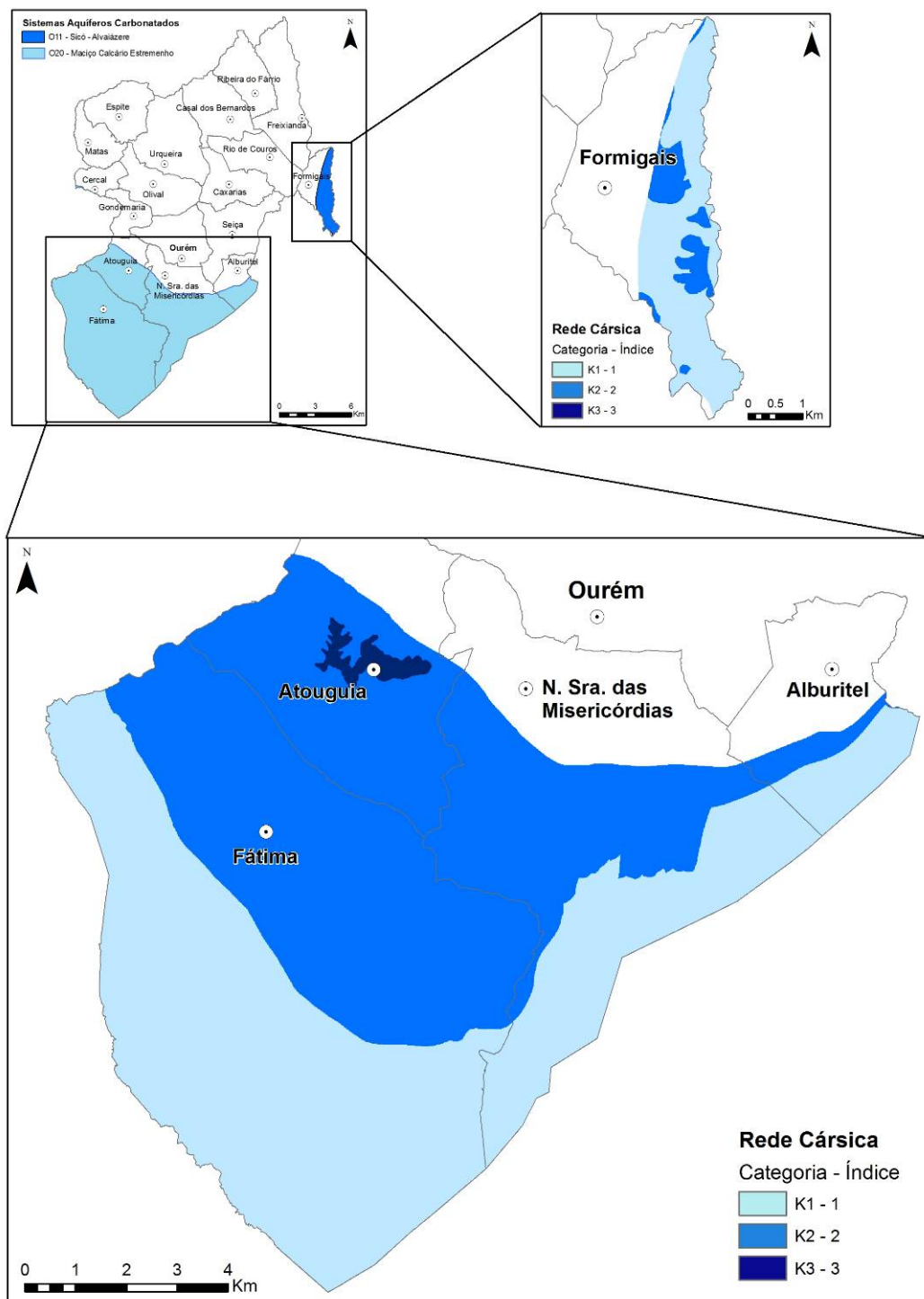


Figura 26- Mapa do parâmetro K para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém.

Resultado Final

O resultado obtido com a média ponderada dos parâmetros referidos no Índice EPIK para o sistema do MCE e Sicó-Alvaiázere, considerando opções conservativas/defensivas para os aquíferos, apontam para uma área favorável à recarga de 61,4 km², praticamente 48% da área dos respectivos sistemas e 15% da área do município de Ourém.

A figura 27 representa a cartografia da vulnerabilidade segundo as classes do Índice EPIK e a figura 28 representa a cartografia final simplificada, em termos de áreas preferências de recarga.

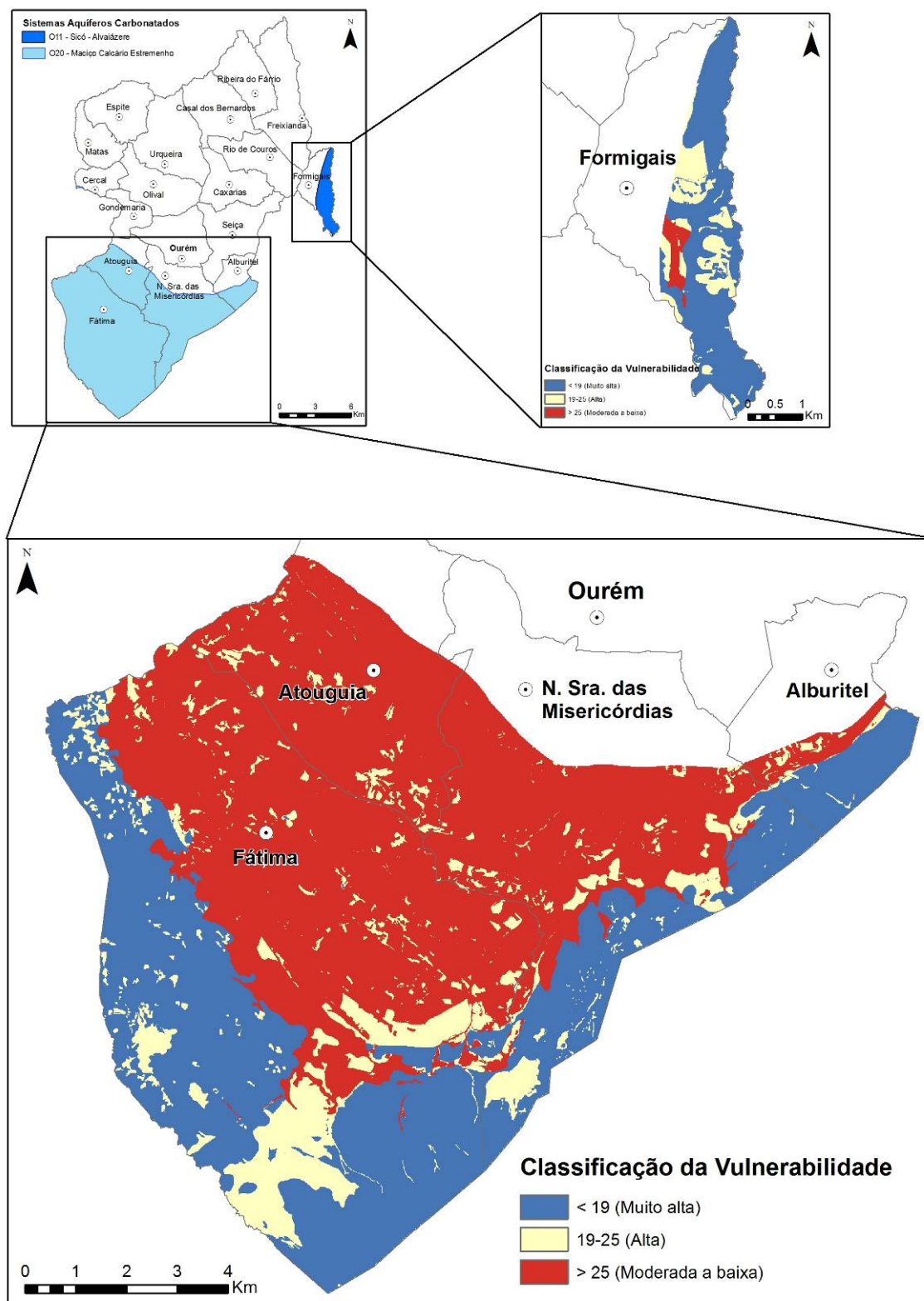


Figura 27- Mapa final do Índice EPIK para os aquíferos cársicos do concelho de Ourém

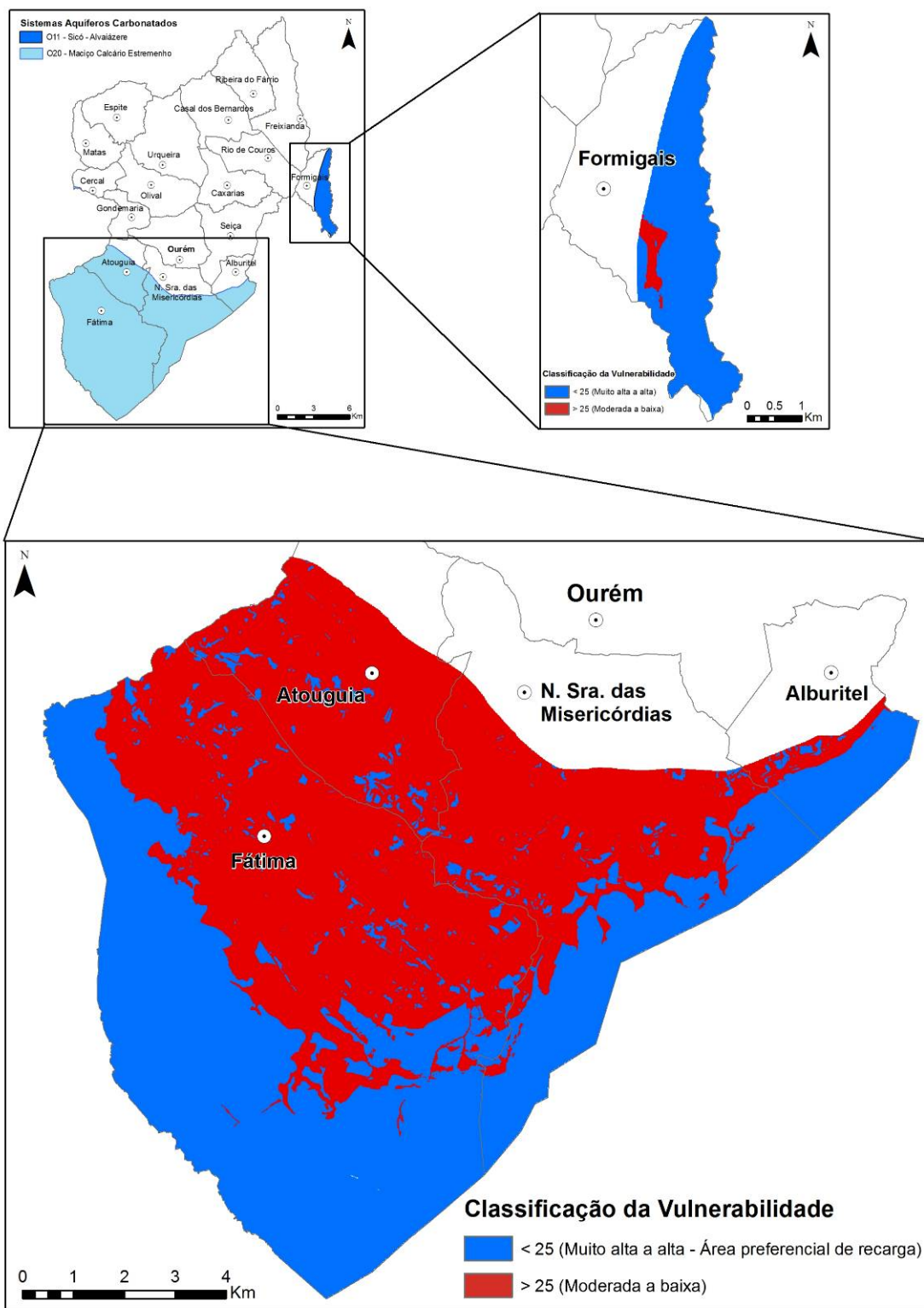


Figura 28- Mapa de áreas preferenciais de recarga dos aquíferos cársicos do concelho de Ourém, segundo a método EPIK.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com a legislação em vigor, os trabalhos desenvolvidos pretendem contribuir para a delimitação das Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga de Aquíferos integradas em REN, nos termos do Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de Novembro e das recentes recomendações técnicas emanadas da Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro.

Na área do município de Ourém reconhecem-se dois sistemas hidrogeológicos com potencialidades aquíferas para abastecimento público do concelho:

- Maciço Calcário Estremenho (Planalto de São Mamede e Serra de Aire)
- Cretácico de Ourém

A maioria do município está abrangida pelo aquífero cretácico de Ourém (62%) e por formações calcárias do MCE no planalto de São Mamede/Fátima (29%).

A delimitação das Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga de Aquíferos foi realizada de acordo com as duas metodologias propostas na Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro.

O Índice de Susceptibilidade/IS foi aplicado ao sistema aquífero cretácico de Ourém, Pousos-Caranguejeira, calcários do cenomaniano superior e áreas indiferenciadas e o Índice EPIK foi aplicado às áreas correspondente a aquíferos cársicos do Maciço Calcário Estremenho e do sistema Sicó-Alvaiázere, mediante processamento através de cartografia vectorial e SIG.

Os resultados obtidos para o sistema poroso detrítico e restantes litologias não incluídas em aquíferos cársicos, através do Índice IS, considerando opções conservativas/defensivas para o aquífero, apontam para uma área favorável à recarga dos aquíferos de 123 km², praticamente 30% da área do município.

Os resultados obtidos para o sistema do MCE e Sicó-Alvaiázere, considerando opções conservativas/defensivas para os aquíferos, apontam para uma área favorável à recarga de 61,4 km², praticamente 48% da área dos respectivos sistemas e 15% da área do município de Ourém.

Assim sendo, a área total preferencial para recarga de aquíferos no município de Ourém, será de aproximadamente 184 km², correspondente a 44% do município.

A legislação considera que “nas áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos ...só podem ser realizados os usos e as acções que não coloquem em causa” um conjunto de funções relacionadas com a preservação das águas subterrâneas, que se encontram descriminadas na legislação. Em fase de elaboração do PDM, as áreas mais favoráveis à recarga de aquíferos deverão ser articuladas com outras condicionantes, nomeadamente licenciamentos já aprovados, áreas sociais, urbanas, industriais, agrícolas e outras, sendo eliminadas pequenas áreas sem representatividade espacial, de acordo com parecer favorável da comissão técnica da REN.

O aquífero cretácico de Ourém está sob forte pressão das extracções privadas (captações licenciadas e ilegais), pelo que se recomenda a actualização do número de captações licenciadas junto da ARH Tejo e um rigoroso controle dos licenciamentos de novos furos em zonas de artesianismo repuxante (principais vales e zonas limítrofes), bem como o controle e selagem dos furos repuxantes abandonados.

De acordo com os resultados obtidos, recomenda-se que a extensão de afloramento dos arenitos cretácicos da Formação de Figueira da Foz, correspondente ao aquífero de Ourém, na área do município, seja considerado na totalidade para efeitos de delimitação da REN.

Sintra, 30 de Abril de 2013

BIBLIOGRAFIA

- Aller, L.; Bennet, T.; Lehr, J.H. & Petty, R. J. (1987) - DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings, U.S. EPA Report 600/2-85/018, 1987.
- Almeida, C.; Silva, M.L. & Crispim, J.A. (1996) - COST 65 - National Report for Portugal. Hydrogeological Aspects of Groundwater Protection in Karstic Areas, Final Report, EUR 16547 EN. pp. 211-220.
- Almeida, C.; Mendonça, J.J.L.; Jesus, M.R.; Gomes, A.J. (2000) – Actualização do Inventário dos Sistemas Aquíferos de Portugal Continental. Centro de Geologia e Instituto da Água, Dezembro 2000, 661 pp.
- Cabral, J. & Ribeiro, A., (1988) - Carta Neotectónica de Portugal (escala 1:1000000), Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Cabral, J. (1995) - Neotectónica em Portugal Continental. Mem. Inst. Geol. Min., Memória nº 31, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 265 p.
- Crispim, J.A. (1995) - Dinâmica Cársica e Implicações Ambientais nas Depressões de Alvados e Minde. Tese de Doutoramento em Geologia, Especialidade de Geologia do Ambiente, Lisboa. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 394 pág.
- Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de Setembro (1999) - Estabelece perímetros de protecção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. Diário da República I Série-A, n.º 222 de 22/09/1999: 6623-6627.
- Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro (2001) - Aprova normas relativas à qualidade da água destinada ao consumo humano transpondo para o direito interno a Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro de 1998, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Diário da República I Série-A, n.º 206 de 05/09/2001: 3676-3722.
- Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio (2007) - Revoga o Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro. Aprova um novo regime sobre as utilizações dos recursos hídricos e respectivos títulos. Diário da República I Série n.º 105 de 31/05/2007: 3644(24-48).
- Decreto-lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto (2007) - Revoga e actualiza o DL n.º 243/2001, de 5 de Setembro, e adapta a legislação de qualidade da água para consumo humano à Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro. Diário da República, I Série - N.º 164 - 27 de Agosto de 2007: 5747-5765.
- Decreto-lei nº 166/2008, de 22 de Agosto – Estabelece o regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional. Revoga o Decreto-Lei n.º 180/2006, de 6 de Setembro. Diário da República, 1.ª série - N.º 162 - 22 de Agosto de 2008
- Decreto-lei nº 239/2012, de 2 de Novembro - Procede à primeira alteração ao Decreto -Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto, que estabelece o Regime Jurídico da

- Reserva Ecológica Nacional. Diário da República, 1.^a série - N.º 212 - 2 de novembro de 2012.
- Doerfliger & Zwahlen (1997) - EPIK - A new method for outlining of protection areas in karstic environment. In Gunnay G, Jonshon AI (eds) - International Symposium and Field seminar on karst waters and environmental impacts, Antalya, Turkey, Balkema, Rotterdam, pp. 117 -123.
- Portaria nº 1356/2008 de 28/11/2008 - Condições para a viabilização dos usos e acções na Reserva Ecológica Nacional. Diário da República, 1.^a série - N.º 232 - 28 de Novembro de 2008.
- RCM (2012) - Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro - Aprova as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional, que consubstanciam as diretrizes e critérios para a delimitação das áreas integradas na Reserva Ecológica Nacional (REN) a nível municipal. Diário da República, 1.^a série -N.º 192 - 3 de outubro de 2012.
- Dinis, J.M. (1991) - Sistemas Depositionais na Macrosequência Principal dos Grés Belasianos (Cretácico) a Leste de Leiria (Portugal Central). Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, Publicação do Museu e Laboratório de Mineralogia e Geologia, n.º 111.
- EPPNA (1998) - Informação Cartográfica dos Planos de Bacia. Sistematização das Figuras e Cartas a Imprimir em Papel. Equipa de Projecto do Plano Nacional da Água, versão de Outubro de 1998, 29 pp., Lisboa, 1998.
- INMG (1991) – O Clima de Portugal. Fascículo XLIX – Vol. 2 – 2.^a Região. Normais Climatológicas da Região do Ribatejo e Oeste correspondentes a 1951/1980. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, 99 pp.
- IGP (2010) – Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS 2007). Memória Descritiva. Instituto Geográfico Português. Lisboa, Dezembro 2010, 79 pp.
- Lauverjat, J. (1982) - Le Crétacé Supérieur dans le Nord du Bassin Occidental Portugais. Thèse de Doctorat d'État. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). Paris.
- Lei n.º 58/2005 de 20 de Dezembro (2005) - Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas. Diário da República I Série-I-A n.º 249 de 29/12/2005.
- Lobo-Ferreira, J. P. & Oliveira, M. M. (1993) - Desenvolvimento de um inventário das águas subterrâneas de Portugal – Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos e mapeamento DRASTIC da vulnerabilidade dos aquíferos de Portugal. Lisboa, LNEC, Relatório 179/93 – GIAS, 1993.
- Manuppella, G.; Telles Antunes, M.; Costa Almeida, C. A.; Azerêdo, A. C.; Barbosa, B.; Cardoso, J. L.; Crispim, J. A.; Duarte, L. V.; Henriques, M. H.; Martins, L. T.; Ramalho, M. M.; Santos V. F. & Terrinha, P. (2000) - Notícia explicativa da Folha 27-A VILA NOVA DE OUREM. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa. 156p.

- Manuppella, G & Balacó Moreira, J.C. (1975) – Panorama dos Calcários Jurássicos Portugueses. Bol. Minas, Lisboa. Vol. 12 N.º 4 Out./Dez. 1975 pp. 245-256.
- Manuppella, G.; Balacó Moreira, J. C.; Graça e Costa, J. R.; Crispim, J. A. (1985) - Calcários e Dolomitos do Maciço Calcário Estremenho. Estudos Notas e Trabalhos, DGGM, T. 27, pp. 3-48.
- Nascimento, J. (2012) – Desenvolvimento e aplicação de modelos de gestão de recursos hídricos em cenários de exploração. Tese de Doutoramento. Lisboa.
- Oliveira, J. T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M. T. & Monteiro, J. H. (Coord.) (1992) - Carta Geológica de Portugal à escala 1/500000, 5ª edição, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Oliveira, M., M. & Lobo Ferreira, J., P. (1994) - Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal: Metodologias de Análise da Recarga de Aquíferos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Relatório LNEC 319/94 - GIAS. 111 pág.
- Paralta, E.A. (1995) - Contribuição para o Estudo Hidrogeológico da Bacia de Ourém. Lisboa. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Estágio Profissionalizante em Geologia Aplicada e do Ambiente. Lisboa, 151 pág.
- Paralta, E., Ribeiro, L. & Lourenço da Silva (1999) - Hidrogeologia da bacia de Ourém – Aplicação de estatística multivariada na caracterização hidrogeoquímica do aquífero Cretácico. Publicações do IV Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (SILUSBA). 24-26 de Maio 1999, Coimbra, 15 pp.
- Paralta, E. & Francés, A. (2000a) - Avaliação da vulnerabilidade à poluição DRASTIC e cartografia de risco do aquífero gabro-diorítico da região de Beja. 5º Congresso da Água, Lisboa, 25 a 29 de Setembro de 2000, 15 pp.
- Paralta, E. & Francés, A. (2000b) - Caracterização hidrogeológica e avaliação da vulnerabilidade à poluição do complexo gabro-diorítico de Serpa-Brinches (sector oriental do sistema aquífero dos Gabros de Beja). GeoNovas, nº14, pp 27-35, Porto.
- Paralta, E., Oliveira, M. M., Batista, S. B., Francés, A., Ribeiro, L. F. & Cerejeira, M. J. (2001) – Aplicação de SIG na Avaliação da Vulnerabilidade Aquífera e Cartografia da Contaminação Agrícola por Pesticidas e Nitratos na Região do Ribatejo. Seminário “A Hidroinformática em Portugal”. LNEC, 15-16 de Novembro de 2001, 16 pp.
- Paralta, E., Francés, A. & Ribeiro, L (2005) - Avaliação da Vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e Análise Crítica das Redes de Monitorização no Contexto da Directiva Quadro da Água. Actas/CD do VII Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (SILUSBA), Évora, 30 de Maio a 2 de Junho de 2005, 16 pp.
- PBH Tejo (1999) – Plano de Bacia Hidrográfica do Tejo. 1.ª Fase – Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Consórcio HP; GIBB Portugal; Procesi; Hidrorumo. Ministério do ambiente. Lisboa.

- PBHRO (2012) - Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste Consórcio DHV, HP, LNEC, ICCE, IPIMAR. BIODESIGN. MAMAOT/APA/ARH Tejo. Agosto de 2012.
- PGRH Tejo (2012) - Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo. Consórcio DHV, HP, LNEC, ICCE, IPIMAR. BIODESIGN. MAMAOT/ARH Tejo. Julho de 2012.
- Rey, J. (1982) - Dynamique et Paléoenvironments du Bassin Mésozoïque d'Estremadura (Portugal) au Crétace Inferieur. Cretaceous Research, Vol 3 – nº 1 e 2, 103-111 pp.
- Ribeiro L. (2000) - IS - Um novo índice de susceptibilidade de aquíferos à contaminação agrícola. Nota interna, (não publicada), 12p., ERSHA-CVRM
- Ribeiro, L. (2005) - Um Novo Índice de Vulnerabilidade Específico de Aquíferos a Contaminação: Formulação e Aplicações. In Actas do 7o SILUSBA, APRH, Évora, 15p.
- Teixeira, C. (1952) - Significado geológico dos blocos pseudo-erráticos dispersos na orla litoral do centro do país. Mem. da Acd. das Ciências de Lisboa, tomo VI (Classe de Ciências), Lisboa.
- Teixeira, C.; Zbyszewski, G.; Torre Assunção, C. & Manuppella, G. (1968) - Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50 000 e Notícia Explicativa da Folha 23-C LEIRIA. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa. 99 pág.

ANEXOS

PEÇAS DESENHADAS

