



**RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL
DO OESTE E VALE DO TEJO
Quadro de Referência Regional**

**Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de
Lisboa e Vale do Tejo**

Lisboa, 2009

**RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL
DO OESTE E VALE DO TEJO
Quadro de Referência Regional**

Autores:

**Prof. Dr^a Catarina Ramos¹
Prof. Dr. José Luís Zêzere¹
Prof. Dr. Eusébio Reis¹
Prof. Dr. João Lopo de Mendonça²**

**Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de
Lisboa e Vale do Tejo**

Lisboa, 2009

¹ Centro de Estudos Geográficos - Universidade de Lisboa

² Hidrogeólogo

Índice

	pág.
INTRODUÇÃO	6
I - ÁREAS DE PROTECÇÃO DO LITORAL	9
1. Metodologia utilizada	9
a) Faixa marítima de protecção costeira	9
b) Praias	10
c) Barreiras detriticas (restingas, barreiras soldadas e ilhas-barreira)	10
d) Tómbolos	11
e) Sapais	11
f) Lhéus e rochedos emersos no mar	12
g) Dunas costeiras e dunas fósseis	12
h) Arribas e respectivas faixas de protecção	13
i) Faixa terrestre de protecção costeira	14
j) Águas de transição e respectivos leitos	14
l) Faixas de protecção das águas de transição	15
2. Definição regional das áreas de protecção do litoral	16
3. Recomendações para a delimitação da REN municipal	16
II - ÁREAS RELEVANTES PARA A SUSTENTABILIDADE DO CICLO HIDROLÓGICO TERRESTRE	20
1. Metodologia geral	20
2. Cursos de água e respectivos leitos e margens	22
2.1. Metodologia utilizada	22
2.2. Definição regional dos cursos de água e respectivos leitos e margens	24
2.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal	25
3. Lagoas, lagos e respectivos leitos, margens e faixas de protecção	28
3.1. Definição regional das lagoas, lagos e respectivos leitos, margens e faixas de protecção	28
3.2. Recomendações para a delimitação da REN municipal	28

	pág.
4. Albufeiras que contribuem para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respectivos leitos, margens e faixas de protecção	29
4.1. Metodologia utilizada	29
4.2. Definição regional das albufeiras e respectivos leitos, margens e faixas de protecção	30
4.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal	30
5. Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos	32
5.1. Caracterização hidrogeológica da região do Oeste e Vale do Tejo	32
5.2. Metodologia adoptada para o cálculo da recarga efectiva	54
5.3. Definição regional das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos	57
5.4. Recomendações para a delimitação da REN municipal	59
III - ÁREAS DE PREVENÇÃO DE RISCOS NATURAIS	62
1. Zonas adjacentes	62
2. Zonas ameaçadas pelo mar não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos	62
2.1. Metodologia utilizada	62
2.2. Definição regional das zonas ameaçadas pelo mar	63
2.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal	63
3. Zonas ameaçadas pelas cheias não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos	63
3.1. Metodologia utilizada	63
3.2. Definição regional das zonas ameaçadas pelas cheias	66
3.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal	66
4. Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	68
4.1. Metodologia utilizada	68
4.2. Definição regional das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	72
4.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal	73

	pág.
5. Áreas de instabilidade de vertentes	74
5.1. Metodologia utilizada	74
5.2. Definição regional das áreas de instabilidade de vertentes	77
5.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal	77
IV - SÍNTESE DA REN REGIONAL DO OVT	79
1. Metodologia adoptada	79
2. Definição da REN bruta regional	80
Bibliografia	82

Anexos

- Anexo 1 - Mapa das Áreas de Protecção do Litoral
- Anexo 2 – Mapa dos Cursos de Água, Lagoas, Lagos, Albufeiras e respectivos Leitos, Margens e Faixas de Protecção
- Anexo 3 – Mapa das Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga dos Aquíferos
- Anexo 4 - Mapa das Zonas Ameaçadas pelas Cheias (ZAC) e pelo Mar (ZAM)
- Anexo 5 – Mapa das Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo
- Anexo 6 – Mapa das Áreas de Instabilidade de Vertentes
- Anexo 7 – Mapa das Componentes da REN Bruta do Oeste e Vale do Tejo

INTRODUÇÃO

O Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto estabelece o novo regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (REN) e revoga o Decreto-Lei n.º 93/90 de 19 de Março. Segundo o n.º 1 do artigo 2.º do novo decreto-lei (DL), *a REN é uma estrutura biofísica que integra o conjunto das áreas que, pelo valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e susceptibilidade perante riscos naturais, são objecto de protecção especial.* Segundo o n.º 3 do artigo 2.º, a REN tem como objectivos:

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;

c) Contribuir para a conectividade e a coerência ecológica da Rede Fundamental de Conservação da Natureza;

d) Contribuir para a concretização, a nível nacional, das prioridades da Agenda Territorial da União Europeia nos domínios ecológico e da gestão transeuropeia de riscos naturais.

Uma das inovações do novo diploma é a de que a delimitação da REN compreende dois níveis (artigo 5.º): a) nível estratégico e b) nível operativo.

O nível estratégico é concretizado através de orientações estratégicas de âmbito nacional e regional e de acordo com os critérios constantes do anexo I do decreto-lei, que dele faz parte integrante.

O nível operativo é concretizado através da delimitação, em carta de âmbito municipal, das áreas integradas na REN, tendo por base as orientações estratégicas de âmbito nacional e regional e de acordo com os critérios constantes do anexo I do decreto-lei, que dele faz parte integrante.

A Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR-LVT), através de um Grupo de Trabalho criado pelo Despacho n.º 3/VPFC/2007, produziu um documento intitulado “*RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL. Critérios base para a sua delimitação. Conclusões do Grupo de Trabalho. Fichas técnicas de registo por tipologia de área*”, datado de Dezembro de 2007, e que se integra nos estudos percussores do novo diploma. Este documento sofreu, posteriormente, alguns ajustamentos, decorrentes não só do articulado do Decreto-Lei n.º 166/2008, mas também de questões técnicas e operativas, equacionadas durante a elaboração do presente trabalho e discutidas com os responsáveis e técnicos da Direcção de Serviços de Ordenamento do Território da CCDR-LVT. A versão final desse documento será aqui referenciada como CCDR-LVT (2009).

Por outro lado, no âmbito do Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo (PROT-OVT), que fornece as directrizes estratégicas para a revisão dos Planos Directores Municipais (PDM) dos concelhos pertencentes a esta região, a CCDR-LVT solicitou à equipa dos Riscos e Protecção Civil do PROT-OVT que prolongasse os seus trabalhos no sentido de fornecer uma primeira delimitação da REN do OVT, à escala regional, segundo os critérios do novo diploma.

Assim, foram elaborados cinco relatórios parciais com a respectiva cartografia, os quais foram posteriormente discutidos em reuniões de articulação com responsáveis e técnicos da CCDR-LVT. O Relatório Final, que agora se apresenta, constitui o corolário desse trabalho, cujo objectivo foi definir o Quadro de Referência Regional da Reserva Ecológica Nacional do Oeste e Vale do Tejo, à escala 1:250.000, de acordo com o Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto e com CCDR-LVT (2009).

O Quadro de Referência Regional permite à CCDR-LVT ter uma visão espacial das várias componentes da REN no conjunto do OVT, a fim de exercer o princípio da coordenação e garantir a harmonização de critérios, nos vários municípios, bem como a continuidade e coerência espacial das várias componentes da REN, independentemente das fronteiras administrativas concelhias.

Sem prejuízo do acima exposto, chama-se a atenção que, a delimitação da REN à escala regional não deve ser ampliada e aplicada à escala municipal, uma vez que a primeira é feita a uma escala 1:250.000 e a segunda deve ser efectuada a uma escala 1:25.000 ou superior (consoante as componentes da REN). Como tal, o “somatório das REN municipais” (desde que aplicados os princípios, já referidos, da harmonização e continuidade) deverá fornecer uma delimitação mais exacta das várias componentes da REN, uma vez que será feita com um maior pormenor.

A questão da escala é assim importante, não só no pormenor da delimitação, mas também nas metodologias utilizadas para a definição e cartografia da REN, que

naturalmente não podem ser exactamente as mesmas, à escala regional ou à escala local (municipal). Por este motivo, o trabalho que agora se apresenta terá sempre, para cada área da REN, um ponto em que se explica a metodologia utilizada para a sua identificação e delimitação à escala regional, segundo os critérios do novo diploma. No final de cada componente da REN indicam-se algumas directrizes metodológicas, que se afiguram mais pertinentes, a aplicar à escala municipal.

Este relatório foi estruturado de acordo com o artigo 4.º do DL n.º 166/2008 e com o Anexo 1 do referido diploma (a que se refere o artigo 5.º). Assim, as áreas integradas na REN são: i) áreas de protecção do litoral, ii) áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre e iii) áreas de prevenção de riscos naturais. A tipologia das áreas integradas na REN obedece ao disposto no novo DL. Todas as definições/citações a itálico são extraídas do DL n.º 166/2008.

I - ÁREAS DE PROTECÇÃO DO LITORAL

1. Metodologia utilizada

Para a identificação e cartografia das áreas de protecção do litoral foram utilizados os seguintes documentos cartográficos: (i) Cartas Militares de Portugal, Série M888 - 1:25 000, do Instituto Geográfico do Exército; (ii) Fotografia aérea digital (pixel de 0,5 m), georreferenciada e ortorrectificada, obtida em Setembro de 2004; (iii) Carta Geológica de Portugal - 1: 50 000, do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação; (iv) Carta da Série Costeira, Cabo Carvoeiro ao Cabo da Roca (1997) - 1:75 000, do Instituto Hidrográfico; (v) Carta Náutica, Aveiro a Peniche (2000) - 1: 150 000, do Instituto Hidrográfico.

O mapa do Anexo 1 foi elaborado à escala 1:130.000 e não à escala 1:250.000, como os das restantes componentes da REN regional, dada a exiguidade da área representada no contexto do OVT.

a) Faixa marítima de protecção costeira

A faixa marítima de protecção costeira é uma faixa ao longo de toda a costa marítima no sentido do oceano, correspondente à parte da zona nerítica com maior riqueza biológica, delimitada superiormente pela linha que limita o leito das águas do mar e inferiormente pela batimétrica dos 30 m (alínea a, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Na definição do limite inferior da faixa marítima, verificou-se que a informação da batimetria disponível nas Cartas Hidrográficas não é homogénea: a sul do tómbolo de Peniche a batimétrica dos 30m está representada, mas a norte não, pelo que a sua definição foi efectuada a partir da interpolação dos pontos cotados disponíveis. Deste modo, todo o limite inferior da faixa marítima de protecção costeira do Oeste corresponde à batimétrica dos 30m (Anexo 1).

Segundo a alínea hh) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro (Lei da Água), o leito das águas do mar deve ser limitado, superiormente, pela linha da máxima preia-mar das águas vivas equinociais.

O troço costeiro do Oeste situa-se no domínio da mesomaré (amplitude de maré entre 2 e 4m). A amplitude da maré é medida a partir do zero hidrográfico, o qual corresponde, em termos de altitude, a -2m. Assim, considerando a amplitude máxima de 4m, e somando este valor a -2m de altitude, obtém-se uma linha situada a cerca de 2m de altitude, à qual deverá ser acrescentado um espraiamento de 2m, de acordo com a Comissão para a Delimitação do Domínio Público Marítimo. Decorrente deste

facto, e para efeitos de delimitação da REN, considera-se, como limite superior da faixa marítima de protecção costeira, uma linha situada a cerca de 4m de altitude (6 0H).

Na REN regional, o limite superior da faixa marítima de protecção costeira foi definido pelos 0 (zero) metros de altitude (ZT – zero topográfico, Anexo 1), correspondente ao limite da linha de costa, uma vez que a escala de análise dos documentos cartográficos utilizados para a definição da REN regional não permite um grau de resolução tão fino (ver recomendações para a REN municipal).

b) Praias

Na delimitação das praias (formas de acumulação de sedimentos não consolidados, geralmente de areia ou cascalho) *deve considerar-se a área compreendida entre a linha representativa da profundidade de fecho para o regime da ondulação no respectivo sector de costa e a linha que delimita a actividade do espraio das ondas ou de galgamento durante episódio de temporal, a qual, consoante o contexto geomorfológico presente, poderá ser substituída pela base da duna embrionária/frontal ou pela base da escarpa de erosão entalhada no cordão dunar ou pela base da arriba* (alínea b, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

À escala regional, as praias foram delimitadas, no seu limite superior, pela base da duna embrionária/frontal ou pela base da escarpa de erosão entalhada no cordão dunar ou pela base da arriba, consoante as características geomorfológicas de cada troço costeiro.

No que diz respeito à delimitação do limite inferior das praias, e dada a inexistência de estudos para o sector costeiro do Oeste, considerou-se o estudo existente para a Figueira da Foz (Costa *et al*, 2001), que aponta para uma profundidade de fecho de cerca de -18m (ver recomendações para a REN municipal). Contudo, e como já foi referido, uma vez que a escala de análise dos documentos cartográficos utilizados para a definição da REN regional não permite um grau de resolução tão fino, marcou-se a profundidade de fecho, à escala regional, a cerca de -15m, por interpolação entre a batimétrica dos 30m e a linha de costa.

c) Barreiras detríticas (restingas, barreiras soldadas e ilhas-barreira)

As barreiras detríticas são cordões arenosos destacados de terra, com um extremo a ela fixo e outro livre, no caso das restingas, ligadas a terra por ambas as extremidades, no caso das barreiras soldadas, ou contidas entre barras de maré permanentes, no caso das ilhas – barreira (alínea c, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

No sector costeiro do Oeste não existem ilhas-barreira e barreiras-soldadas. A restinga definida, à escala regional, situa-se na área corresponde à margem externa da Lagoa de Óbidos, no concelho de Caldas da Rainha. Pelo facto da escala utilizada para a delimitação da REN regional ser demasiado pequena, simplificou-se a sua representação, ligando-a às praias exteriores e interiores anexas. Os limites superiores e inferiores correspondem aos definidos para as praias (ver Anexo 1). Este procedimento não deve, como é óbvio, ser aplicado na sua delimitação ao nível do PDM. Ao nível municipal a lei é clara: *as restingas correspondem à área compreendida entre as linhas de máxima baixa – mar de águas vivas equinociais, que a limitam quando esta se projecta em direcção ao mar, ou entre a linha de máxima baixa - mar de águas vivas equinociais do lado oceânico e o sapal ou estuário, quando se desenvolva ao longo da embocadura de um estuário* (alínea c, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008), (ver recomendações para a REN municipal).

d) Tômbolos

Existem dois tômbolos na sub-região do Oeste: Peniche e Baleal. *Os tômbolos são formações que resultam da acumulação de materiais arenosos ou cascalhentos que ligam uma ilha ao continente. (...) Na delimitação dos tômbolos deve considerar-se a área de acumulação de materiais arenosos cujo limite inferior é definido pela linha da profundidade de fecho para o regime da ondulação no respectivo sector de costa e nos topos pela linha que representa o contacto entre aquela acumulação arenosa e as formações geológicas por ela unidas* (alínea d, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008). Assim, o limite superior dos dois tômbolos foi definido a partir do contacto entre os afloramentos das acumulações arenosas, representadas no mapa geológico à escala 1:50.000, e as formações geológicas por elas unidas. O limite inferior, pelos motivos anteriormente expostos para as praias, foi definido nos -15m (ver recomendações para a REN municipal).

e) Sapais

Os sapais são ambientes sedimentares de acumulação localizados na zona intertidal elevada, acima do nível médio do mar local, de litorais abrigados, ocupados por vegetação halofítica ou por mantos de sal. (...) A delimitação dos sapais deve atender às características sedimentares e bióticas presentes (alínea e, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Na região do OVT, foram integrados na REN, à escala regional, os sapais adjacentes à Lagoa de Óbidos e os próximos do estuário do Tejo, no concelho de Benavente, a

partir da fotografia aérea digital (pixel de 0,5 m), georreferenciada e ortorrectificada, obtida em Setembro de 2004.

f) Ilhéus e rochedos emersos no mar

Os ilhéus e os rochedos emersos no mar são formações rochosas destacadas da costa por influência da erosão marinha (alínea f, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008). Atendendo à pequena escala da delimitação da REN regional não foi possível representar esta componente da REN, devendo, e como é óbvio, ser representada à escala municipal, segundo os critérios definidos: os ilhéus e os rochedos emersos no mar correspondem às áreas emersas limitadas pela linha máxima de baixa - mar de águas vivas equinociais (alínea f, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008), (ver recomendações para a REN municipal).

g) Dunas costeiras e dunas fósseis

As dunas costeiras (formas de acumulação eólica de areia marinha) são delimitadas *do lado do mar, pela base da duna embrionária, ou frontal, ou pela base da escarpa de erosão entalhada no cordão dunar, abrangendo as dunas frontais em formação, próximas do mar, as dunas frontais semiestabilizadas, localizadas mais para o interior, e outras dunas, estabilizadas pela vegetação ou móveis, cuja morfologia resulta da movimentação da própria duna (alínea g, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).* Estes critérios foram aplicados na delimitação das dunas à escala regional, tendo sido utilizadas as fotografias aéreas digitais com pixel de 0,5 m, para a delimitação das dunas frontais e o mapa geológico, à escala 1:50.000, para as dunas localizadas mais para o interior (manchas correspondentes a dunas).

No caso das dunas frontais, foi tida em especial atenção a ligação praia-duna, no sentido de garantir o trânsito das areias entre aqueles dois sistemas litorais. Assim, foram integradas na REN: (i) as dunas frontais contíguas à praia (sistema praia-duna); (ii) as dunas frontais situadas sobre pequenas arribas rochosas, que as separam da praia, mas que, devido à fraca altura destas, não impedem o trânsito das areias entre a duna e a praia (este último critério baseia-se no conhecimento de campo da equipa responsável por este relatório).

As dunas fósseis são escassas neste troço do litoral português, não permitindo, por isso, a sua representação à escala regional. A bibliografia existente (Ramos-Pereira e Angelucci, 2004) mostra que os locais onde existem este tipo de dunas se situam a norte do tómbolo de Peniche (concelho de Peniche) e na Praia Azul (concelho de Torres Vedras), devendo, ser delimitadas no PDM destes dois concelhos.

Os critérios para a sua delimitação são claros na Lei da REN: *as dunas fósseis são delimitadas, do lado do mar, pelo sopé do edifício dunar consolidado e, do lado de terra, pela linha de contacto com as restantes formações geológicas* (alínea g, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

h) Arribas e respectivas faixas de protecção

As arribas são uma forma particular de vertente costeira abrupta ou com declive elevado, em regra talhada em materiais coerentes pela acção conjunta dos agentes morfogenéticos marinhos, continentais e biológicos. (...) As faixas de protecção de arribas devem ser delimitadas a partir do rebordo superior, para o lado de terra, e da base da arriba, para o lado do mar, tendo em consideração as suas características geológicas, a salvaguarda da estabilidade da arriba, as áreas mais susceptíveis a movimentos de massa em vertentes ou a queda de blocos ou calhaus, a prevenção de riscos e a segurança de pessoas e bens e, ainda, o seu interesse cénico (alínea h, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Mais uma vez, a exiguidade da escala de representação da REN regional obrigou a algumas adaptações na delimitação das arribas e respectivas faixas de protecção. Assim, foram definidos, a partir da análise das fotografias aéreas, troços homogéneos relativamente à largura das arribas (distância horizontal entre a base e o topo). Essa distância prefigurou a delimitação das arribas. O limite superior das arribas corresponde à respectiva crista. Nos casos em que é visível o recuo da crista devido a fenómenos erosivos, como movimentos de massa e ravinamentos, considerou-se como limite superior da arriba a cabeceira dos deslizamentos ou das ravinas. Devido à exiguidade da escala, o limite inferior das arribas incluiu as plataformas rochosas de sopé, que à escala dos PDM devem integrar a faixa de protecção da arriba para o lado do mar. Por tal motivo, à escala regional, a faixa de protecção da arriba para o lado do mar não foi marcada. Esta faixa deve, como é óbvio, ser delimitada na REN municipal, até porque representa uma faixa de risco responsável por algumas vítimas mortais, atingidas pela queda de materiais rochosos provenientes das arribas.

O limite superior da faixa de protecção foi marcado e representa igual distância, medida na horizontal, a partir do topo da arriba para o interior, da largura da arriba. O procedimento para a cartografia do limite superior da faixa de protecção deve seguir as indicações dadas em CCDR-LVT (2009), (ver recomendações para a REN municipal).

i) Faixa terrestre de protecção costeira

A faixa terrestre de protecção costeira deve ser definida em situações de ausência de dunas costeiras ou de arribas. (...) Na delimitação da faixa terrestre de protecção costeira deve considerar-se a faixa medida a partir da linha que limita o leito das águas do mar para o interior, com a largura adequada à protecção eficaz da zona costeira, a definir com base no declive e na natureza geológica e pedológica, onde se inclui a margem do mar (alínea i, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Na delimitação da faixa terrestre de protecção costeira, à escala regional, os casos detectados correspondem à existência de praias, sem dunas ou arribas no seu limite superior. A faixa de protecção foi delimitada utilizando a largura máxima da praia, ou seja, a faixa de protecção estende-se desde o limite superior da praia até uma distância para o interior correspondente à largura máxima da praia. Este procedimento não deve ser adoptado à escala municipal (ver recomendações para a REN municipal).

j) Águas de transição e respectivos leitos

As águas de transição são secções terminais de cursos de água que recebem sedimentos a partir de fontes fluviais e marinhas e cujas águas são parcialmente salgadas em resultado da proximidade das águas costeiras, mas que também são influenciadas pelos cursos de água doce. (...) As lagoas e zonas húmidas adjacentes, designadas habitualmente por rias e lagoas costeiras, correspondem ao volume de águas salobras ou salgadas e respectivos leitos adjacentes ao mar e separadas deste, temporária ou permanentemente, por barreiras arenosas. (...) As águas de transição são delimitadas, a montante, pelo local até onde se verifique a influência da propagação física da maré salina e, a jusante, pela linha de baixa-mar de águas vivas equinociais (alínea j, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

À escala regional, foi delimitada a Lagoa de Óbidos, a partir da análise das fotografias aéreas digitais com pixel de 0,5 m. O respectivo limite corresponde ao espelho de água acrescido da área intertidal, visível nas fotografias aéreas. O limite inferior foi definido pela altitude de 0 (zero) metros, devido à exiguidade da escala regional. À escala municipal o limite deverá situar-se a cerca de -2m, referido ao n.m.m. (linha de baixa-mar das águas vivas equinociais, correspondente ao zero hidrográfico).

Foram igualmente delimitadas as águas de transição e respectivos leitos pertencentes à área de influência do estuário do Tejo.

Devido à exiguidade da escala regional, não foram representados os troços terminais das linhas de água costeiras que sofrem a influência da propagação física da maré salina.

I) Faixas de protecção das águas de transição

As faixas de protecção são faixas envolventes às águas de transição que asseguram a dinâmica dos processos físicos e biológicos associados a estas interfaces fluvio - marinhos. (...) A delimitação das faixas de protecção deve partir da linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais e considerar as características dos conteúdos sedimentares, morfológicos e bióticos (alínea I, Secção I, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

A escala regional não é adequada para a definição dos “conteúdos sedimentares, morfológicos e bióticos”, ainda assim, a partir da análise das fotografias aéreas e do estudo existente sobre a Lagoa de Óbidos (Alves *et tal*, 2006), delimitou-se a respectiva faixa de protecção, que corresponde, no essencial, aos fundos aluviais e respectiva vegetação ripícola. O mesmo critério foi aplicado no caso do limite SW do concelho de Benavente.

2. Definição regional das áreas de protecção do litoral

A componente da REN correspondente à protecção do litoral abrange apenas 7 dos 33 concelhos da região do OVT (Alcobaça, Nazaré, Caldas da Rainha, Óbidos, Peniche, Lourinhã e Torres Vedras), aos quais se acrescenta o concelho de Benavente por possuir, no seu limite SW, uma pequena faixa influenciada pela proximidade do estuário de Tejo, com “águas de transição e respectivos leitos”, “faixas de protecção das águas de transição” e “sapais”. À escala regional, e com as limitações apontadas na cartografia de cada item desta componente da REN, é possível sintetizar a informação presente no Quadro 1:

Quadro 1 – Áreas de protecção do litoral, definidas à escala regional, por concelho

Áreas de protecção do litoral	Alcobaça	Nazaré	Caldas da Rainha	Óbidos	Peniche	Lourinhã	Torres Vedras	Benavente
Faixa marítima de protecção costeira	X	X	X	X	X	X	X	
Praias	X	X	X	X	X	X	X	
Restingas e ilhas-barreira			X	X				
Tômbolos					X			
Sapais			X	X				X
Ilhéus e rochedos emersos no mar	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	
Dunas costeiras e dunas fósseis	X	X	X	X	X	X	X	
Arribas e respectivas faixas de protecção	X	X	X	X	X	X	X	
Faixa terrestre de protecção costeira	X	X				X	X	
Águas de transição e respectivos leitos	(*)	(*)	X	X	(*)	(*)	(*)	X
Faixas de protecção das águas de transição	(*)	(*)	X	X	(*)	(*)	(*)	X

(*) Nota: à escala municipal, todos os concelhos litorais deverão ter este item da REN.

3. Recomendações para a delimitação da REN municipal

Da análise das várias componentes da REN pertencentes à protecção do litoral, propõem-se as seguintes recomendações:

(i) A linha de máxima preia-mar das águas vivas equinociais é muito variável do ponto de vista espacial e temporal, mas como o litoral do Oeste se situa no domínio da mesomare (amplitude de maré entre 2 e 4m), deve considerar-se a amplitude máxima

de 4m, à qual se acrescenta um espraio de 2m. Esta linha é marcada a partir do zero hidrográfico (-2m referido ao n.m.m.), pelo que a linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais se deve situar a cerca de 4m, referido ao n.m.m. (6m, ZH). Pelos mesmos motivos, a linha de máxima baixa-mar de águas vivas equinociais deve situar-se a cerca de -2m referido ao n.m.m. (0m, ZH).

(ii) O limite da profundidade de fecho (para as praias e tómbolos) é muito variável espacialmente, dependendo das características morfológicas de cada troço costeiro e da agitação marítima. Dada a escassez de estudos existentes, poder-se-á adoptar o valor médio obtido por Costa *et al.* (2001), que teve por base os registos da bóia ondógrafo do IH localizada ao largo da Figueira da Foz (registos de Julho de 1990 a Janeiro de 1996), e que aponta para uma profundidade de fecho de cerca de -18m (-17,7m), ou seja, -16m relativamente ao zero hidrográfico).

(iii) A delimitação do limite superior das praias deve orientar-se, no essencial, pelos critérios geomorfológicos referidos na lei, aos quais devem ser acrescentados, nos locais onde existam, os limites máximos atingidos pelos galgamentos oceânicos. Devem, como tal, consultar-se os POOC respectivos.

(iv) Apesar de não figurarem no Anexo 1, pelos motivos expostos no ponto 1, alínea f) deste relatório, os ilhéus e rochedos emersos no mar devem ser delimitados, segundo os critérios referidos na lei, no PDM dos concelhos com linha de costa rochosa.

(v) Apesar de não figurar no Anexo 1, pelos motivos expostos no ponto 1, alínea h) deste relatório, a faixa de protecção das arribas, no seu limite inferior, deve ser cuidadosamente delimitada na REN municipal, com recurso a trabalho de campo, de acordo com os critérios definidos na lei, por constituir uma área de risco para as pessoas que frequentam estas áreas, sobretudo se coincidir parcialmente com as áreas das praias.

(vi) A definição do limite superior das arribas deve considerar a cabeceira dos movimentos de massa ou dos ravinamentos que nelas ocorram, sempre que esta afecte o topo das arribas. A cabeceira destas formas de erosão deve corresponder à crista da arriba. Para a delimitação da faixa de protecção das arribas devem seguir-se os procedimentos expressos em CCDR-LVT (2009). Deste modo e, citando:

“No que respeita à prevenção de riscos, para as arribas presentes na área geográfica de actuação da CCDR-LVT, devem considerar-se os critérios de cálculo das faixas de risco das arribas (sopé, crista e adicional), por troço, constantes dos POOC Alcobaça-Mafra e Sintra-Sado, respectivamente publicados pela Resolução do Conselho de Ministros (RCM) n.º 11/2002, de 17 de Janeiro, e RCM n.º 85/2003, de 25 de Junho, do seguinte modo:

- para efeitos de REN, atendendo designadamente aos valores a proteger e aos riscos a prevenir e tendo presente a vulnerabilidade da orla costeira, o horizonte temporal adoptado nos POOC para o cálculo das faixas de risco é muito reduzido. Assim, será de considerar para integração na REN, uma faixa de risco correspondente a um horizonte temporal mínimo de 100 anos (equivalente ao dobro do somatório da faixa de risco de crista e adicional dos POOC), a que acrescerá uma faixa de prevenção, relevante para assegurar a estabilidade da arriba, com largura igual à anterior. Deste modo, a faixa de protecção das arribas, na sua componente associada ao risco, apresentará, no total, uma largura equivalente ao quádruplo da faixa de risco de crista e adicional definida nos POOC;
- nos troços para que os POOC aponta valores provisórios até à realização dos estudos previstos deve verificar-se se os mesmos já foram realizados e, caso tenham aceitação da entidade competente em razão da localização e da matéria, adoptar os valores neles indicados para cálculo da faixa de protecção das arribas como antes descrito;
- devem ser adoptadas as larguras por troço constantes dos POOC para delimitação das faixas de risco de sopé.”

(vii) Não deve ser aplicado na REN municipal o critério usado neste relatório para a delimitação da faixa terrestre de protecção costeira. À escala municipal é particularmente importante proceder ao cruzamento dos critérios morfológicos, geológicos e pedológicos referidos na lei. Esta é explícita: a faixa terrestre de protecção costeira, quando exista, deve ser contígua à faixa marítima de protecção costeira pois o limite superior desta coincide com o limite inferior daquela (leito das águas do mar, ou seja, segundo a alínea hh) do artigo 4.º da Lei 58/2005, linha de máxima preia-mar das águas vivas equinociais, a qual se situa a cerca de 4m de altitude; 6m ZH). Se nessas áreas existirem vestígios de galgamentos oceânicos, a faixa terrestre de protecção costeira deverá considerar as características de largura e profundidade dos referidos galgamentos, no quadro da subida geral do nível do mar.

(viii) Apesar de não figurarem no Anexo 1, pelos motivos expostos no ponto 1, alínea j) deste relatório, os troços terminais das linhas de água costeiras que sofrem a influência da propagação física da maré salina, bem como as respectivas faixas de protecção, devem ser delimitados, segundo os critérios referidos na lei, no PDM dos concelhos com linha de costa.

II - ÁREAS RELEVANTES PARA A SUSTENTABILIDADE DO CICLO HIDROLÓGICO TERRESTRE

1. Metodologia geral

Para a identificação das tipologias da Reserva Ecológica Nacional (REN), à escala regional, correspondentes à Sustentabilidade do Ciclo Hidrológico, foram utilizadas as fontes de informação seguintes e respectivas classes de entidades: Carta Militar de Portugal, 1/25.000, IGeoE (curvas de nível e linhas de água); Carta Geológica de Portugal, 1/500.000, IGM.

Com base nas curvas de nível e linhas de água elaborou-se o Modelo Numérico de Elevação (MNE). Numa fase inicial procedeu-se à construção de um modelo TIN a partir das curvas de nível e, de seguida, efectuou-se a sua conversão para estrutura matricial (resolução de 25m). Após a correcção automática de erros pontuais do modelo, nomeadamente a eliminação de depressões incorrectas geradas nos processos de triangulação e interpolação, procedeu-se à "fusão" entre este MNE preliminar e as linhas de água.

A incorporação da rede de drenagem no MNE foi efectuada através da diminuição da cota no local correspondente aos troços das linhas de água. Posteriormente, aplicou-se um filtro de média com a finalidade de suavizar o modelo, em particular ao longo dos talwegues, em que, a partir deste processo, se atenuaram os contrastes entre estes e as margens imediatamente adjacentes.

A partir do MNE foi obtida a informação seguinte: i) a variação da altitude, em metros; ii) o modelo de distribuição dos declives, em graus; iii) a direcção do escoamento a partir de cada ponto (célula) do terreno, em octantes.

A partir do MNE e da direcção do escoamento obteve-se o fluxo acumulado, que, neste caso, corresponde apenas ao número de células que drenam para cada uma das células do modelo (ou seja, directamente proporcional à respectiva área). Esta área de drenagem foi calculada tendo por base toda a bacia hidrográfica que contribui para o escoamento no interior do OVT, o que implica que foram também consideradas as áreas de drenagem exteriores a esta região.

A partir do mapa de fluxo acumulado (ou áreas de drenagem) foi identificada a rede de drenagem, com base em diferentes áreas de acumulação. O delineamento desta rede a partir do MNE, obtido assente nos procedimentos anteriormente descritos, permitiu obter um conjunto de linhas de água com características similares às das da rede de drenagem vectorial, mas com a vantagem de terem sido eliminadas as discrepâncias

resultantes de diferentes critérios de representação detectados entre as folhas da Carta Militar de Portugal (1/25.000).

A Carta Geológica de Portugal, na escala 1/500.000, constitui a única fonte de informação disponível que abrange toda a área do Oeste e Vale do Tejo (OVT). A sua utilização teve como finalidade conhecer a variação da permeabilidade relativa ao longo deste território.

No entanto, a utilização desta informação exigiu que, previamente, se tenha procedido à sua correcção, de forma a adequá-la à integração com os dados topográficos e hidrográficos de maior escala. Na verdade, a informação original possui erros grosseiros, os quais, se não forem eliminados, impossibilitam a utilização conjuntamente com outro tipo de dados geográficos. Assim, foi efectuada a alteração e validação dos limites das classes geológicas, tendo por base a sua comparação com a topografia da Carta Militar de Portugal (1/25.000), de forma a tornar coerentes as relações, conhecidas, entre as manchas geológicas e as características do relevo (por exemplo, associação das manchas de aluvião aos fundos de vale, e sua eliminação nas áreas a meio das encostas).

Após a validação das correcções, procedeu-se a uma classificação da permeabilidade, baseada no conhecimento empírico das características dos tipos litológicos associados a cada mancha geológica. Optou-se por uma escala de 0 a 10, em que o valor 0 corresponde às áreas impermeabilizadas ou a áreas aquáticas, o valor 1 a áreas de permeabilidade relativa muito baixa e, no extremo oposto, o valor 10 identifica as áreas de permeabilidade relativa muito elevada (quadro 2).

Quadro 2 – Permeabilidades relativas dos agrupamentos litológicos

Agrupamentos litológicos	Permeabilidade relativa
Areias (praias, dunas), terraços arenosos e cascalhentos	10
Aluviões, depósitos de vertente, cascalheiras de planalto	9
Calcários carsificados	8
Formações carbonatadas e detríticas predominantemente arenosas	7
Formações carbonatadas e detríticas areno-argilosas	6
Formações carbonatadas e detríticas predominantemente argilosas	5
Rochas plutónicas e metagrauvaques	4
Complexos xisto-grauváquicos, complexos vulcânicos e filões alterados	3
Xistos, micaxistos, gnaisses, quartzitos	2
Argilas, argilitos, margas, fácies Keuper	1
Superfícies impermeabilizadas ou áreas aquáticas	0

2. Cursos de água e respectivos leitos e margens

2.1. Metodologia utilizada

Os leitos dos cursos de água correspondem ao terreno coberto pelas águas, quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades, neles se incluindo os mouchões, os lodeiros e os areais nele formados por deposição aluvial (alínea a, Secção II, Anexo 1, do DL n.º 166/2008). A esta definição foram acrescentadas as ilhotas rochosas inseridas dentro do leito fluvial (CCDR-LVT, 2008). O limite do leito é definido, “conforme os casos, pela aresta ou crista superior do talude marginal ou pelo alinhamento da aresta ou crista do talude molhado das motas, cômoros, valados, tapadas ou muros marginais” (artigo 10.º da Lei n.º 54/2005).

As margens correspondem a uma faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas, com largura legalmente estabelecida, nelas se incluindo as praias fluviais (alínea a, Secção II, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

A largura da margem foi definida a partir da diferenciação entre os cursos de água navegáveis ou fluviáveis (30m) e os não navegáveis nem fluviáveis (10m), de acordo com o artigo 11.º da Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro (e não do 10.º, como, por lapso, refere o novo diploma da REN) e com o artigo 4.º, alínea gg), da Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro.

Os conceitos de navegável e fluviável não são sinónimos, como aliás se depreende do articulado da lei. Por outro lado, as águas não navegáveis nem fluviáveis estão ligadas a um “caudal descontínuo” (ponto 4, do artigo 11.º, da Lei n.º 54/2005 e artigo 4.º, alínea gg), da Lei n.º 58/2005). Este facto é importante, uma vez que a variedade e porte das espécies vegetais pertencentes aos ecossistemas ribeirinhos se encontra dependente da existência (ou não) de um escoamento contínuo. Por tal motivo, e no contexto da definição da REN ribeirinha, mais do que discutir a fluviabilidade dos cursos de água, é primordial diferenciar aqueles que são permanentes dos que são temporários.

A largura das margens das águas navegáveis ou fluviáveis, desde que sujeitas à jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias, é de 50m, ainda segundo os mesmos artigos das duas leis mencionadas. No OVT existe um pequeno troço (Estuário do Tejo – Rio Sorraia) nesta situação, mas que não foi representado no mapa do Anexo 2, devido à exiguidade da sua área à escala do OVT (ver recomendações para a REN municipal).

A identificação dos troços da rede hidrográfica seguiu duas abordagens distintas a fim de permitir a separação entre os troços navegáveis ou fluviáveis e os restantes troços desta rede.

Para a identificação da generalidade da rede hidrográfica, susceptível de ser integrada na REN, foi utilizada a variável que quantifica a área de acumulação, em que se seleccionaram os troços resultantes de valores acumulados iguais ou superiores a 4 km² (6400 células para a resolução de 25 m). Com base neste critério ficam também incluídas, como é óbvio, as linhas de água obtidas a partir de uma área de acumulação de 10 km².

Devem-se, no entanto, com base no exposto anteriormente, ter presentes as seguintes situações:

- (i) a rede de drenagem definida a partir do critério da área de drenagem de 4 km² pode não incluir alguns troços que, devido ao seu valor ambiental (por exemplo, a presença de galerias de vegetação ripícola), devem ser englobados na REN municipal;
- (ii) os troços obtidos com base neste critério iniciam-se quando a área de drenagem de cada um deles atinge o valor de 4 km², mas, devido à necessidade de generalização associada à escala regional optou-se por não prolongar esses troços para montante; na REN municipal, estas linhas de água deverão ser identificadas até à respectiva cabeceira.

Em relação aos troços navegáveis ou fluviáveis, o processo de identificação foi mais complexo e, também, sujeito a uma validação mais exigente. Este processo, baseado em métodos automáticos, utilizou como variáveis a área de drenagem até cada ponto da rede de drenagem (número de células acumulado) e a altura acima de uma cota de referência, a qual coincidiu, para os cursos de água das bacias hidrográficas do Oeste, com o Oceano Atlântico (n.m.m.), e, para os restantes cursos de água, com o rio Tejo. Pretendeu-se, com esta última variável, identificar os troços no sector jusante dos pequenos cursos de água que, apesar de não terem área de drenagem suficiente para serem navegáveis ou fluviáveis, são influenciados pela proximidade do oceano e do rio Tejo e pelas respectivas variações (diárias ou sazonais) na altura da coluna de água. Considerou-se, assim, uma influência bastante importante destes elementos até cerca de 3 a 4 m acima do nível de referência, observando-se então um decréscimo exponencial até cerca de 25 m, o que se verificou estar em consonância com a generalidade das situações conhecidas.

Obteve-se, assim, a partir da integração das funções associadas às duas variáveis, a expressão seguinte:

$$TNF = 10^{-5} A_c + 1,053e^{(-0,21C)}, \text{ para valores superiores a } 1,3$$

em que *TNF* são os troços navegáveis ou flutuáveis, A_c é o valor da área acumulada (área de drenagem), em número de células (para uma resolução de 25 m), e C é a altura acima da cota da superfície de referência.

Embora a expressão anterior tenha fornecido resultados comprovadamente satisfatórios à escala regional, o contraste geológico evidente entre o sector correspondente à margem esquerda do Tejo e a maior parte da restante área, gerou algum enviesamento que convém aqui mencionar, visto que tem relevância ao nível da REN municipal. Na verdade, os rios e ribeiras do sector do Maciço Calcário Estremenho são frequentemente abastecidos, em maior ou menor grau, por exurgências, resultantes do aparecimento à superfície de linhas de água com percurso subterrâneo, o que acarretou, em alguns casos, a identificação destes troços por defeito. Para diminuir esta deficiência foi completada a delimitação dos troços dos cursos de água permanentes com a informação disponível na Carta Hidrogeológica de Portugal, à escala 1:1 000 000.

O contrário acontece nos rios e ribeiras da margem esquerda do rio Tejo, embora, neste caso, a presença de várias barragens e pequenas represas ajudem a manter o escoamento ao longo de troços relativamente extensos durante a estação seca, o que de outra forma não seria possível.

2.2. Definição regional dos cursos de água e respectivos leitos e margens

Segundo o critério e metodologia acima expostos, a região do OVT é drenada por um total de 3629 km de cursos de água pertencentes à REN (Anexo 2). Esses cursos de água dividem-se por duas grandes regiões hidrográficas (RH), tal como estão consignadas na Lei da Água (Lei n.º 58/2005): a RH 5 - Tejo e a RH 4 - Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste, sendo apenas parte destas últimas que integram o território do OVT.

Foram integrados na REN regional alguns leitos de cursos de água com secção artificializada, obedecendo aos critérios de delimitação referidos em CCDR-LVT (2009). Assim, foram integrados troços em valas ou entre diques longitudinais que, pela sua extensão relativamente ao comprimento total do curso de água e pela sua posição relativa na rede hidrográfica, garantem o contínuo longitudinal e são estruturantes dessa mesma rede. Citam-se, como exemplo, pelo comprimento que atingem, à escala regional, as valas de Alpiarça (na margem esquerda do Tejo) e de Asseca / Azambuja (na margem direita do Tejo).

A aplicação da metodologia descrita no ponto 2.1. para a diferenciação dos leitos com águas navegáveis ou flutuáveis dos que têm um escoamento descontínuo (a fim de

definir a largura das respectivas margens) detectou o essencial dos dois conjuntos de cursos de água (Anexo 2). Contudo, apenas o trabalho de campo, poderá definir, à escala municipal, a partir de que ponto da linha de água é que existe uma efectiva permanência do escoamento. À escala regional, os cursos de água fluviáveis atingem cerca de 1200 km e os não fluviáveis 2400 km.

Como já foi salientado no ponto 2.1., a permanência de água nos leitos fluviais depende não só do escoamento de base das respectivas bacias de drenagem, mas também dos efeitos da maré e das barragens e açudes. Estas estruturas hidráulicas podem modificar completamente o regime fluvial quanto à constância do escoamento, como é o caso, por exemplo, do Rio Sorraia, cujo regime natural era sazonal, mas que com a influência das barragens do Maranhão e Montargil, bem como dos vários açudes construídos nos últimos cinquenta anos, passou a apresentar um escoamento praticamente contínuo dentro da região do OVT. Por outro lado, a proximidade do oceano (no caso das Ribeiras do Oeste) ou do estuário do Tejo, conjugado com o efeito da maré, podem manter a água em muitos troços terminais de rios e ribeiras. Recorde-se que, ao longo do vale do Tejo, o efeito da maré influencia os troços terminais dos afluentes daquele rio até um pouco a montante da Ribeira de Muge.

No quadro 3 estão indicados os concelhos que possuem cursos de água navegáveis ou fluviáveis (quase sempre fluviáveis, no caso da região do OVT) e as respectivas bacias hidrográficas onde eles se enquadram.

2.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal

Tal como foi salientado na Introdução deste trabalho, a REN que aqui se apresenta é delimitada à escala regional, pelo que as equipas dos PDM não a podem ampliar para a escala municipal. Assim sendo, propõem-se as seguintes recomendações:

(i) Para a definição dos leitos dos cursos de água, as equipas dos PDM devem obrigatoriamente analisar a rede hidrográfica exterior ao concelho, para poderem definir os cursos de água com bacia de drenagem superior a 4km²; além disso, devem considerar os critérios indicados em CCDR-LVT (2009).

(ii) A largura das margens dos cursos de água varia, basicamente, consoante a constância do escoamento (águas fluviáveis). Para a definição dos troços com águas fluviáveis, as equipas dos PDM deverão proceder a trabalho de campo (observação *in situ*, durante o verão, ou a realização de inquéritos).

(iii) O concelho de Benavente possui um troço fluvial de águas navegáveis ou fluviáveis sujeitas à jurisdição da autoridade marítima portuária, pelo que a largura da respectiva margem deve observar o disposto na lei (50m).

Quadro 3 – Concelhos com cursos de água navegáveis
ou fluviáveis no OVT

Concelhos	Bacias Hidrográficas
Abrantes	Rio Tejo Rio Torto
Alcanena	Rio Alviela
Alcobaça	Rio Alcobaça
Alenquer	Rio Tejo Rio da Ota R ^a de Alenquer
Almeirim	Rio Tejo Vala de Alpiarça R ^a de Muge
Alpiarça	Rio Tejo Vala de Alpiarça
Azambuja	Rio Tejo Rio Maior (Vala da Azambuja)
Benavente	Rio Tejo Rio Sorraia
Bombarral	Rio Real
Caldas da Rainha	Rio da Tornada
Cartaxo	Rio Tejo Rio Maior (Vala da Azambuja)
Chamusca	Rio Tejo Vala de Alpiarça R ^a de Muge
Constância	Rio Tejo
Coruche	Rio Sorraia
Ferreira do Zêzere	Rio Zêzere
Golegã	Rio Tejo Rio Almonda
Lourinhã	Rio Grande
Nazaré	Rio Alcobaça
Óbidos	Rio Arnóia Rio Real
Ourém	Rio Nabão
Peniche	R ^a de S. Domingos
Rio Maior	Rio Maior
Salvaterra de Magos	Rio Tejo R ^a de Muge R ^a de Magos
Santarém	Rio Tejo Rio Maior Rio Alviela
Tomar	Rio Nabão Rio Zêzere
Torres Novas	Rio Almonda Rio Nabão
Torres Vedras	Rio Sizandro R ^a de Alcabrichel
Vila Nova da Barquinha	Rio Tejo Rio Zêzere

3. Lagoas, lagos e respectivos leitos, margens e faixas de protecção

3.1. Definição regional das lagoas, lagos e respectivos leitos, margens e faixas de protecção

Os lagos e as lagoas são meios hídricos lânticos superficiais interiores, correspondendo as respectivas margens e faixas de protecção às áreas envolventes ao plano de água que asseguram a dinâmica dos processos físicos e biológicos associados à interface terra - água, nelas se incluindo as praias fluviais. (...) A delimitação dos lagos e lagoas deve corresponder ao plano de água que se forma em situação de cheia máxima e a largura da margem deve observar o disposto na alínea gg) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. (...) A delimitação das faixas de protecção deve considerar a dimensão dos lagos e lagoas e a sua situação na bacia hidrográfica (alínea b, Secção II, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Na região do Oeste e Vale do Tejo não existem lagos e lagoas naturais de águas superficiais interiores, com representatividade à escala regional. Contudo, à escala local, estes meios hídricos lânticos (onde se incluem os paúis) devem ser representados e integrar a REN municipal (ver recomendações para a REN municipal).

3.2. Recomendações para a delimitação da REN municipal

Os meios hídricos lânticos superficiais interiores, onde se incluem os lagos, lagoas e paúis, são muito importantes para a conectividade da REN, no quadro da sustentabilidade do ciclo hidrológico. Como tal, propõem-se as seguintes recomendações:

(i) Os lagos e lagoas temporários devem ter uma margem correspondente à dos cursos de água não fluviáveis (10m), de acordo com o disposto na alínea gg) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005.

(ii) Os lagos e lagoas permanentes devem ter uma margem correspondente à dos cursos de água fluviáveis (30m), de acordo com o disposto na alínea gg) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005.

(iii) A definição da faixa de protecção dos lagos e lagoas poderá seguir procedimentos semelhantes aos referidos no ponto 4.1.

4. Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respectivos leitos, margens e faixas de protecção

4.1. Metodologia utilizada

A albufeira corresponde à totalidade do volume de água retido pela barragem, em cada momento, cuja cota altimétrica máxima iguala o nível pleno de armazenamento, incluindo o respectivo leito, correspondendo as respectivas margens e faixas de protecção às áreas envolventes ao plano de água que asseguram a dinâmica dos processos físicos e biológicos associados à interface terra-água, incluindo as praias fluviais.(...) A delimitação das albufeiras deve corresponder ao plano de água até à cota do nível de pleno armazenamento. (...) A delimitação da largura da margem deve observar o disposto na alínea gg) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. (...) A delimitação das faixas de protecção deve considerar a dimensão da albufeira e a sua situação na bacia hidrográfica (alínea c, Secção II, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Pertencem à REN todas as albufeiras classificadas como albufeiras de águas públicas, bem como as albufeiras ocorrentes nos leitos dos cursos de água pertencentes à REN. A delimitação corresponde ao nível de pleno armazenamento (NPA).

No mapa do Anexo 2 apenas foi representada a albufeira de Castelo do Bode devido à exiguidade da escala 1:250.000 e à pequena dimensão das restantes albufeiras inseridas no OVT. No caso de Castelo do Bode também não foram representadas as margens (que devem possuir uma largura de 30m, correspondente às águas navegáveis ou fluviáveis) pelo mesmo motivo. O plano de água foi delimitado utilizando a cota de 121m (NPA) e a faixa de protecção, medida na horizontal a partir do limite do NPA, corresponde a 1/3 da largura média ponderada do corpo principal da albufeira. A metodologia utilizada para a obtenção do valor da faixa de protecção da albufeira de Castelo do Bode, a incluir na REN, descreve-se em seguida:

- (i) Para o cálculo da faixa de protecção, considerou-se o corpo principal da albufeira (correspondente ao plano de água delimitado pelo NPA), ao longo do Rio Zêzere, excluindo os respectivos afluentes;
- (ii) Seguidamente, dividiu-se o corpo principal da albufeira em três troços, sendo que o troço montante possui uma largura inferior ao troço intermédio e, este, por sua vez, uma largura inferior ao troço jusante;

- (iii) Calcularam-se as larguras médias para cada um dos troços da albufeira, a partir das larguras de 6 perfis transversais para cada troço (num total de 18), medidas na perpendicular à orientação do vale e, conseqüentemente, às curvas de nível;
- (iv) Mediram-se os comprimentos de cada troço da albufeira, ao longo da linha média do plano de água (equidistante de cada margem) e somaram-se os respectivos valores;
- (v) Seguidamente, calcularam-se as percentagens correspondentes ao comprimento de cada troço, relativamente ao comprimento total da albufeira;
- (vi) Calculou-se a largura média ponderada da albufeira através da seguinte

expressão: $L = \sum_1^n l_i C_i$, em que

L é a largura média ponderada da albufeira,

l_i é a largura média dos troços da albufeira ($n=3$);

C_i é o comprimento dos troços ($n=3$), em percentagem, relativamente ao comprimento total da albufeira.

- (vii) Por fim, dividiu-se o valor obtido por 3.

No caso da albufeira de Castelo do Bode o valor é de 179m. Por uma questão de simplificação (e uniformização) de critérios para as várias albufeiras, o valor assim calculado das faixas de protecção, a incluir na REN, deve ser arredondado para a definição do seu limite superior, considerando valores múltiplos de 50m (0-50m; 50-100m; 100-150m; 150-200m; 200-250m...). Assim, no caso de Castelo do Bode, e considerando o valor obtido de 179m, a faixa de protecção considerada é de 200m.

4.2. Definição regional das albufeiras e respectivos leitos, margens e faixas de protecção

Do exposto no ponto 4.1., os quatro concelhos do OVT abrangidos pela albufeira de Castelo do Bode e respectiva faixa de protecção são: Ferreira do Zêzere, Sardoal, Tomar e Abrantes.

Além de Castelo do Bode, e embora não estejam referenciadas no mapa do Anexo 2, pelos motivos apontados no ponto 4.1., indicam-se, de seguida, as principais albufeiras da região do OVT referenciadas pelo SNIRH (quadro 4).

4.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal

Uma das modificações entre a antiga lei da REN (DL n.º 93/90) e a nova lei (DL n.º 166/2008) é a da aplicação do conceito de margem não só para os cursos de água,

mas também para os lagos, lagoas e albufeiras. Assim, fazem-se as seguintes recomendações:

i) Segundo o DL n.º 166/2008, o NPA delimita a albufeira e respectivo leito e a largura da margem *deve observar o disposto na alínea gg) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005*. Esta alínea refere, para o caso das águas navegáveis ou flutuáveis, como é o caso das albufeiras, uma largura de 30m para a margem, medida na horizontal a partir do NPA. Indica ainda que, quando a margem for uma praia, cuja extensão seja superior à estabelecida anteriormente, a largura da margem se deve estender até ao limite superior da praia.

ii) A delimitação da faixa de protecção de cada albufeira deve ser calculada a partir do limite do NPA, nunca podendo ser inferior à margem, e considerar a dimensão da albufeira e a sua posição na bacia hidrográfica.

Quadro 4 – Principais albufeiras do OVT, referenciadas pelo SNIRH

Concelhos	Barragem / açude	Curso de água	NPA (m)
Abrantes	Negrelinhos	---	202,5 m
Alcanena	Ponte da Pedra	---	---
Alpiarça	Patudos	Vala da Coucha	---
Benavente	Cobrão	Rª de Vale do Cobrão	21,8 m
Benavente	Michões	Rª de Vale de Michões	27,0 m
Caldas da Rainha	Alvorninha	Rª Alvorninha	103,9 m
Coruche	Vale de Poços	Rª do Vale de Poços	---
Óbidos	Óbidos	Rio Arnóia	32,5 m
Peniche	S. Domingos	Rª de S. Domingos	42,5 m
Salvaterra de Magos	Magos (Paúl de Magos)	Rª de Magos	19,2 m
Sardoal	Lapa	Rª de Arcês	---
Tomar	Castelo do Bode	Rio Zêzere	121,5 m
Torres Novas	Caldeirão	Rio Almonda	34,2 m
V. N. Barquinha	Almourol*	Rio Tejo	31,0 m

Fonte: I.N.A.G. (SNIRH)

As designações dos cursos de água estão de acordo com D.G.R.A.H. (1981) – Índice hidrográfico e classificação decimal dos cursos de água de Portugal continental. *Barragem projectada.

5. Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos

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 qualidade da água a fim de prevenir ou evitar a 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 (alínea d, Secção II, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Pela importância que esta componente da REN representa, não só a nível regional, mas também nacional, desenvolve-se, em seguida, uma análise mais aprofundada do funcionamento hidrológico dos sistemas aquíferos existentes na região do OVT.

5.1. Caracterização hidrogeológica da região do Oeste e Vale do Tejo

A região do Oeste e Vale do Tejo (OVT) localiza-se em duas das zonas morfo-tectónicas de Portugal Continental: a Orla Sedimentar Mesocenozóica Ocidental e a Bacia Sedimentar Cenozóica do Tejo e Sado.

Sob o ponto de vista hidrogeológico a Orla Ocidental é caracterizada pela existência de vários sistemas aquíferos importantes, relacionados com formações calcárias e detríticas.

A organização sequencial dos sedimentos e a tectónica, em particular a tectónica salífera, tiveram um papel importante na organização e distribuição daqueles sistemas.

A organização sequencial dos sedimentos individualiza, verticalmente, formações com comportamento hidrogeológico diverso, criando alternâncias, mais ou menos cíclicas de aquíferos, aquíferos e aquíferos. Formam-se, assim, sistemas aquíferos multicamada, com escoamentos por drenância intercamadas, de acordo com o potencial hidráulico local: genericamente descendente nas zonas de recarga e ascendente nas de descarga.

Nalgumas estruturas evaporíticas, encontram-se preservados depósitos detríticos com grande potencial aquífero.

No que respeita à circulação da água subterrânea, individualizam-se dois tipos de sistemas aquíferos: os cársicos e os porosos (Fig. 1).

Os primeiros, têm por suporte, calcários e dolomitos, fundamentalmente do Liásico inferior, Dogger e Malm inferior. Apresentam circulação, em grande, condicionada por estruturas cársicas, que se desenvolvem pela dissolução dos carbonatos, provocada pelo próprio escoamento no aquífero. A infiltração, quando a superfície se encontra carsificada, é elevada, podendo ser da ordem de 50 a 60 % da precipitação. Também a capacidade de armazenamento e transmissiva dependem da carsificação. Estes aquíferos têm, em regra, poder de auto-regulação limitado, que bem se evidencia pelas grandes variações de caudal das nascentes por onde descarregam e pela amplitude da variação dos níveis da água, entre a época das chuvas e a estação seca.

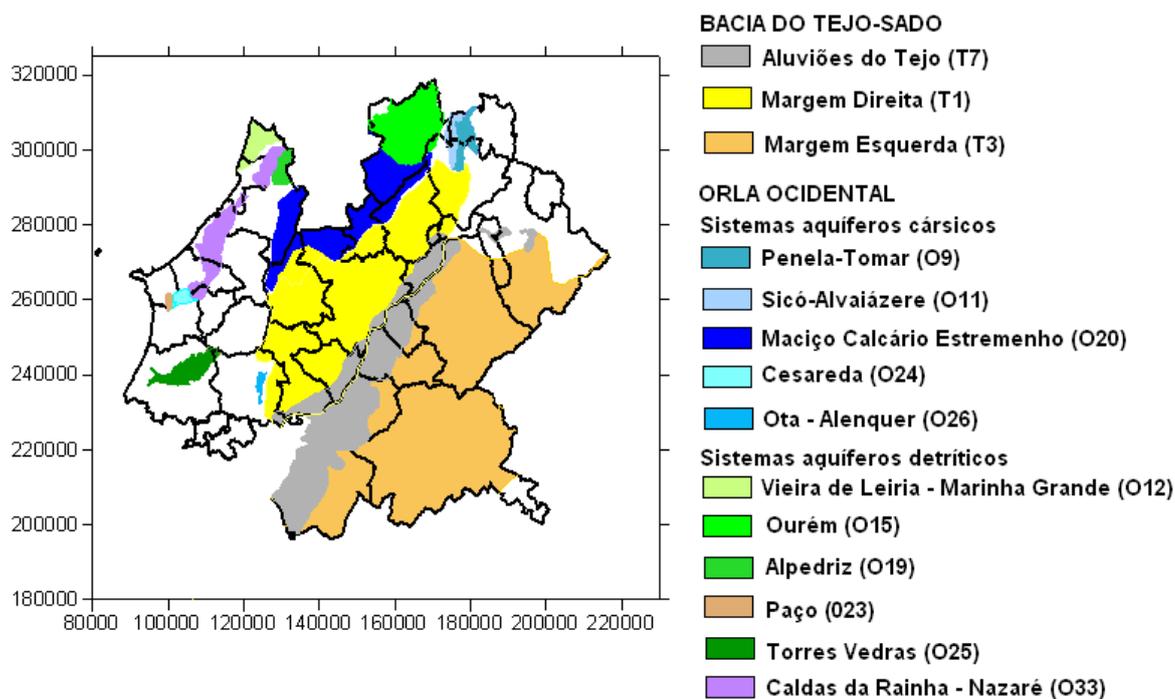


Fig. 1 – Sistemas aquíferos da região do OVT (Almeida *et al.*, 2000)

A infiltração e o escoamento rápido, pelas estruturas cársicas, tornam estes aquíferos particularmente vulneráveis à poluição, com muito baixo poder autodepurador e com propagação rápida das contaminações.

Os sistemas aquíferos porosos, suportados pelas formações detríticas mesozóicas e algumas terciárias, são multicamada. Entre os terrenos mesozóicos, os Arenitos do Carrascal sobressaem pela sua importância hidrogeológica. Algumas manchas

cretácicas, devido às suas características, não foram incluídas em sistemas aquíferos individualizados.

Já os terrenos representativos de outro grande episódio de espessa sedimentação detrítica na Bacia Lusitaniana, ocorrido no Jurássico superior, têm um comportamento hidrogeológico menos relevante.

Na região do OVT na Orla Sedimentar Ocidental (Fig. 1), Almeida *et al.* (2000) delimitaram e caracterizaram os seguintes sistemas aquíferos (entre parêntesis indica-se a codificação atribuída pelo INAG):

- Sistemas aquíferos cársicos: Penela - Tomar (O9), Sicó - Alvaiázere (O11), Maciço Calcário Estremenho (O20), Cesareda (O24), Ota - Alenquer (O26);
- Sistemas aquíferos detríticos: Vieira de Leiria – Marinha Grande (O12), Ourém (O15), Alpedriz (O19), Paço (O23), Torres Vedras (O25) e Caldas da Rainha - Nazaré (O33).

No que respeita às características hidrogeológicas, o modelo conceptual de fluxo na Bacia Sedimentar do Tejo é relativamente simples e inclui dois sub-sistemas aquíferos que têm por suporte: (1) as aluviões e (2) as formações terciárias. Alguns autores (e.g. Almeida *et al.*, 2000) consideram dois sistemas aquíferos terciários distintos, um para cada margem. Devido à forte conexão hidráulica, o rio Tejo provoca efeitos hidrodinâmicos no sub-sistema aluvionar e condiciona a qualidade da sua água.

No sub-sistema aquífero terciário é possível individualizar vários tipos de escoamentos e áreas hidrogeologicamente diferenciadas. Em regime natural, o escoamento tinha uma componente transversal, das "terras altas" marginais em direcção ao Tejo, onde descarregava nas aluviões, por drenância ascendente, e uma componente longitudinal em direcção ao Oceano Atlântico segundo uma direcção que se aproximava da perpendicular à linha de costa, nomeadamente a sul da Cadeia da Arrábida. Na zona central da bacia, o potencial hidráulico no sistema aquífero terciário era superior ao do aquífero aluvionar sobrejacente, estava acima da superfície do terreno e aumentava com a profundidade.

Actualmente, devido à exploração do sub-sistema terciário em muitas áreas da bacia, o sentido do fluxo está invertido, nomeadamente na parte central, onde o potencial hidráulico no sistema aluvionar é superior ao potencial hidráulico no sistema aquífero terciário.

Além da recarga pela água das precipitações e das trocas com as linhas de água e unidades aluvionares adjacentes, admite-se que o sub-sistema terciário também possa receber recarga lateral proveniente das formações do Maciço Calcário

Estremenho e dos calcários de Ota e Alenquer (PNUD, 1980; GESTÁGUA, 1996; Simões, 1998).

Da complexidade litológica e estrutural evidenciada, resulta um conjunto alternante de camadas aquíferas separadas por outras de permeabilidade baixa ou muito baixa (aquítardos e aquíclusos), nalguns locais com predomínio de uma ou outra classe de formações hidrogeológicas. É esta multiplicidade de formações hidrogeológicas que é agrupada e permite considerar (esquematisar) na vertical, grandes conjuntos representativos: dois ou três aquíferos separados por aquítardos.

Na região da OVT, Almeida *et al.* (2000) e o INAG consideram três sistemas aquíferos: "Sistema Aquífero: Margem Direita (T1)" "Sistema Aquífero: Margem Esquerda (T3)", "Aluviões do Tejo (T7)". Por uma questão de simplicidade de linguagem passaremos a descrever o conjunto como "Sistema Aquífero do Tejo e Sado".

Este sistema é o maior e mais importante sistema aquífero português. Ocupa a Bacia Terciária do Tejo e do Sado, numa área aproximada de 8550 km² e inclui um sistema multicamada, constituído por depósitos terciários, sobreposto por unidades hidrogeológicas quaternárias. É a origem do abastecimento de água a importantes núcleos populacionais, à indústria e à agricultura.

Trata-se de um sistema aquífero extenso onde é possível individualizar vários tipos de escoamentos e áreas hidrogeologicamente diferenciadas. Assim, podem-se considerar escoamentos locais, isto é, escoamentos pouco extensos cujas áreas de descarga são as linhas de água adjacentes e as de recarga são os interflúvios. Trata-se de escoamentos onde predominam os sentidos de fluxo descendentes e laterais.

Por oposição aos escoamentos anteriores, existem os escoamentos extensos e profundos, com circulação à escala da bacia, onde se podem individualizar muito bem três áreas ou zonas de escoamento: a recarga onde o fluxo é descendente, a intermédia ou de transferência e a de descarga com fluxos ascensionais, que corresponde às áreas adjacentes ao grande eixo drenante (rio Tejo) e ao nível de base da bacia hidrográfica (nível médio no Oceano Atlântico).

A terceira classe corresponde a escoamentos intermédios, que podem incluir uma ou mais bacias dos tributários principais.

Este modelo conceptual e geral de escoamento é suportado por observações de níveis piezométricos na parte central da bacia, na fase inicial da exploração do sistema, de que se dão três exemplos:

- Na Lezíria de Vila Franca de Xira, em regime natural, o potencial hidráulico no sistema terciário era superior ao do aquífero aluvionar subjacente, aumentava com a profundidade (nas camadas a cerca de 500 m profundidade,

em 1974, estava cerca de 10 m acima da cota da superfície do terreno) em demonstração clara de que se trata de zona de descarga (Mendonça, 1996);

- Na península da Mitrena, a sul de Setúbal, em 1960, antes da exploração intensiva, o aquífero greso-calcário tinha a superfície piezométrica à cota aproximada de +6,5 m, superior à do aquífero pliocénico e inferior ao nível da água das formações subjacentes, "margo-gresosas" e "gresos-margosas" (conforme resultados de ensaios realizados em 1971 na zona do sapal do estuário do Sado);
- Furos com artesianismo repuxante, principalmente os profundos, no Miocénico, nos concelhos do Seixal, Montijo, Almada, Barreiro, Moita, Setúbal e Palmela.

O sistema aquífero é recarregado pela água das precipitações atmosféricas (Fig. 2) e por água que se infiltra nos leitos das linhas de águas na parte mais elevada dos seus percursos na bacia. Como já foi afirmado, alguns autores admitem que o sistema aquífero terciário também pode receber recarga lateral proveniente das formações do Maciço Calcário Estremenho e dos calcários de Ota e Alenquer (PNUD, 1980; GESTÁGUA, 1996; Simões, 1998).

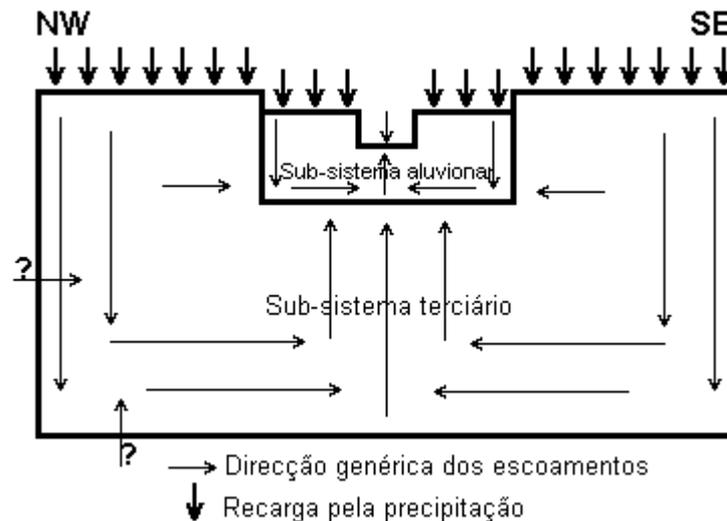


Figura 2 – Modelo conceptual de fluxo do Sistema Aquífero Tejo-Sado.

A questão das fronteiras é primordial na definição do funcionamento, na conceptualização e na modelação do sistema aquífero. As fronteiras do sistema aquífero na Península de Setúbal, com excepção da fronteira sul são constituídas por massas de água salgada dos estuários do Tejo e do Sado e do oceano. A interacção destes limites com o sistema aquífero não são fáceis de estabelecer e os modelos numéricos já realizados escolhem localizações diferentes para as fronteiras com o

oceano e os estuários. Como resultado desta e de outras diferenças, cada modelo fornece resultados muito distintos.

Actualmente, devido à exploração do sistema aquífero terciário, em muitas áreas da bacia, o sentido do fluxo está invertido, nomeadamente na parte central, onde o potencial hidráulico no sistema aluvionar é superior ao potencial hidráulico na parte superior do sistema aquífero terciário.

A água dos vários escoamentos interage com diferentes tipos litológicos da bacia sedimentar sob condições de pressão, temperatura, tempo de contacto e estados de saturação variáveis que explicam a evolução das características físico-químicas da água ao longo dos escoamentos e as diferentes fácies hidrogeoquímicas que se encontram.

As considerações que se seguem são baseadas na base de dados de furos, disponibilizada pela CCDR-LVT.

As estatísticas principais da profundidade dos furos da região do OVT, contidos na base de dados, são expressas no Quadro 5.

Quadro 5 – Estatísticas da profundidade dos furos da base de dados fornecida pela CCDR-LVT

	N.º de furos	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Profundidade (m)	5739	109,5	66,3	2,6	63	100	150	694,8

Na região do OVT, a distribuição da profundidade dos furos é representada na figura 3. Esta revela a elevada concentração de furos em toda a região do OVT com excepção da zona Este do sistema aquífero do Tejo-Sado/Margem Esquerda. Genericamente, os furos de maior profundidade (>100 m) predominam na região do Oeste e no Sistema Aquífero do Tejo/Sado (margem Direita) enquanto os de profundidade <100 m são mais frequentes na zona central recoberta pelos aluviões do Tejo. Também na área do Maciço Hespérico, os furos são frequentes com profundidade que vão de 50 m a 200 m.

As estatísticas principais do caudal de ensaio dos furos da região do OVT, contidos na base de dados, são expressas no Quadro 6.

Quadro 6 - Estatísticas do caudal de ensaio dos furos da base de dados fornecida pela CCDR-LVT

	N.º de furos	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Caudal (l/s)	4353	7,88	10,37	0,001	1,67	4,70	10,0	100

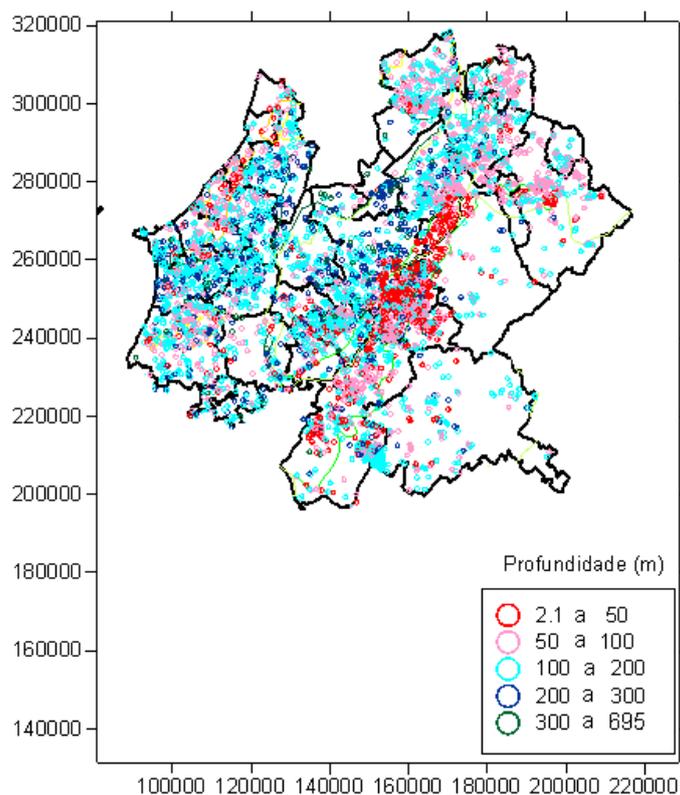


Fig. 3 - Distribuição da profundidade dos furos na região do OVT.

Os valores do caudal dos furos reflectem não só as características do conjunto captação/aquífero mas também as necessidades do utilizador. Dito de outro modo, o dimensionamento dos furos, tanto em profundidade como em diâmetro, depende do caudal que se pretende obter, ressaltando o limite das potencialidades aquíferas do sistema. Assim, os furos destinados aos abastecimentos públicos de vilas e cidades, de unidades industriais importantes e de agricultura extensiva apresentam valores que são estatisticamente mais elevados que nas áreas rurais de minifúndio ou de abastecimentos de aldeias e moradias.

Os furos de maior caudal encontram-se na zona central do Baixo Tejo, correspondendo a captações nos sistemas aquíferos terciários do Vale do Tejo-Sado. Os furos das margens da Bacia Terciária são bastante menos produtivos.

Na região do Oeste têm caudais de ensaio regra geral inferiores a 5 l/s, havendo casos com valores no intervalo de 5 l/s a 10 l/s.

As captações nas formações do Maciço Hespérico têm regra geral caudal de ensaio inferior a 3 l/s.

As estatísticas principais do caudal específico dos furos da região do OVT, contidos na base de dados, são expressas no Quadro 7. O caudal específico (q) é definido pela relação $q = Q/s$, sendo Q o caudal de bombeamento e s o rebaixamento provocado pela extracção de Q . Este parâmetro é muitas vezes correlacionável com a transmissividade, dependendo das propriedades transmissivas do aquífero e também do caudal extraído e das características construtivas do furo.

Quadro 7 - Estatísticas do caudal específico de furos da base de dados fornecida pela CCDR-LVT

	N.º de furos	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Caudal específico (l/s/m)	3026	0,70	1,82	0,000029	0,05	0,18	0,63	41,67

Os furos com caudais específicos mais elevados localizam-se na zona central do Vale do Tejo, genericamente entre Golegã e Benavente.

Na região do Oeste e a norte na zona de afloramento das rochas cristalinas (rochas duras) o caudal específico é geralmente inferior a 1 l/s/m, valor baixo, que traduz características transmissivas baixas das unidades hidrogeológicas. No último sector, no aquífero de Ourém (arenitos do Cretácico inferior), encontram-se dois valores da classe 5 l/s/m a 10 l/s/m.

No Oeste, os valores mais elevados encontram-se nos sistemas aquíferos do Paço e Caldas da Rainha (valores da classe 1 l/s/m a 2 l/s/m).

Relembra-se que os valores apresentados são representativos dos furos considerados e não podem ser considerados como produtividade absoluta dos aquíferos ou unidades hidrogeológicas uma vez que, regra geral, não captam em toda a espessura do aquífero. Representam valores que, para a mesma tipologia de furos, permite caracterizar de forma relativa as características transmissivas das várias unidades hidrogeológicas.

A profundidade do nível hidrostático (NHE; Fig. 4) é muito variável entre os dados disponíveis na base de dados. Entre outras causas salientam-se: a localização topográfica; os valores medidos pertencem a furos localizados em diferentes unidades aquíferas; na mesma unidade aquífera captam em sub-unidades distintas; as datas de medição estendem-se por um largo intervalo de anos e pelas quatro estações do ano.

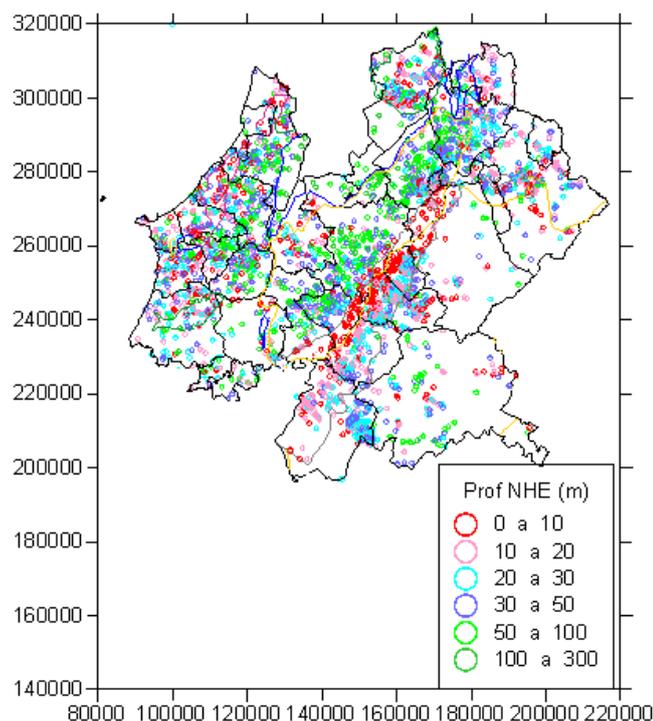


Figura 4 - Distribuição da profundidade do nível hidrostático (NHE) dos furos, na região do OVT.

Apesar do referido, da figura 4 podem-se extrair algumas conclusões gerais: (1) na zona central do vale do Tejo (sistemas aquíferos aluvionar e terciários) os furos têm o NHE relativamente próximo da superfície; (2) à medida que se caminha para as zonas marginais da Bacia do Terciária do Tejo a profundidade do NHE aumenta, sendo mais perceptível na margem direita, onde o número de furos do inventário é maior; (3) nas formações da Orla Ocidental, em regra, a profundidade é moderada a elevada, com destaque para os valores localizados no sistema aquífero do Maciço Calcário Estremenho (muito profundos) e no sistema aquífero Caldas da Rainha-Nazaré onde, pelo contrário, o NHE está relativamente próximo da superfície; (4) a profundidade do NHE também é genericamente elevada nas “rochas duras” do Maciço Hespérico, localizadas na zona NE da área de estudo.

As estatísticas principais da profundidade do NHE nos furos da região do OVT, contidos na base de dados, são expressas no Quadro 8.

Quadro 8 - Estatísticas da profundidade do nível hidrostático (NHE) dos furos, da base de dados fornecida pela CCDR-LVT

	N.º de furos	Média	Desvio padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Profundidade do NHE (m)	3026	28,9	22,7	0	14,7	22,0	40,0	285

De uma forma grosseira, os valores da profundidade do NHE, medidos nestas condições, dão uma ideia da profundidade da zona vadosa e servem para inferir se as nascentes são descarga do “aquífero principal” ou de aquíferos suspensos.

As nascentes localizam-se genericamente nas zonas identificadas como de maior profundidade do NHE: (1) zonas mais exteriores da Bacia Terciária do Tejo em ambas as margens do rio, onde a altitude e o declive da superfície topográfica são mais elevados; (2) formações gresosas pouco aquíferas do Jurássico superior, onde o declive topográfico é acentuado; (3) zona das rochas duras do Maciço Hespérico, de altitude e declive acentuados; (4) sistemas aquíferos gresosos do Cretácico inferior, em particular o de Ourém; (5) ausência de nascentes dispersas nos aquíferos cárnicos, onde o grande desenvolvimento de um rede cársica subterrânea faz com que as saídas do aquífero se façam de forma concentrada num número limitado de nascentes ao longo do perímetro dos seus afloramentos.

Não havendo informações detalhadas sobre as condições de emergência das nascentes, pode concluir-se, pelo exposto, que provavelmente a maioria está relacionada com aquíferos suspensos de dimensões e importância variáveis.

A recarga das águas subterrâneas pode ser definida, num sentido geral, como o fluxo descendente de água que atinge a superfície freática e é acrescentada à zona saturada de água subterrânea. Pode ocorrer naturalmente com origem nas precipitações atmosféricas, na infiltração nos rios e canais, por exemplo, e como fenómeno induzido pelo homem através da irrigação e da recarga artificial de aquíferos. Em zonas urbanas, as perdas das redes de abastecimento de água podem ser uma contribuição muito importante para a recarga dos aquíferos.

O conceito de recarga que será utilizado neste documento inclui o fluxo descendente de água resultante das precipitações atmosféricas que atinge a superfície freática e é acrescentada à zona saturada de água subterrânea (aquífero).

Na área de estudo, a recarga das águas subterrâneas faz-se principalmente pela infiltração directa das águas de precipitação no terreno. Presume-se que, em menor

escala, a recarga pode ocorrer pelo leito dos rios através das aluviões, nomeadamente no rio Tejo e seus afluentes.

O processo de recarga em geral é dificultado pelas condições de aridez que provocam défice hídrico expressivo e pelo carácter argiloso e siltoso das formações porosas ou compacto das rochas duras da zona vadosa.

Em situações similares de litologia do meio não saturado, quanto maior a profundidade da superfície freática maior será o tempo de trânsito das águas de infiltração até ao aquífero, o que pode influenciar a recarga efectiva.

Rushton (1988) *in* Simmers (1990) apresenta uma lista com os vários factores que afectam a recarga:

- à superfície do terreno: topografia, precipitação (volume, intensidade, duração e distribuição espacial), escoamento superficial, armazenamento nas depressões, evapotranspiração real, tipo de vegetação;
- irrigação: tipo e programa, preparação do terreno, perdas e desperdícios;
- rios: que atravessam a área de estudo, rios que se formam e saem da área de estudo, rios influentes e efluentes;
- solo: tipo, profundidade, propriedades hidráulicas, variabilidade espacial do solo e com a profundidade das raízes das plantas, fendas de retracção e expansão de minerais argilosos (*swelling*);
- zona não saturada entre o solo e o aquífero: mecanismos através da zona não saturada, zonas com diferentes valores de condutividade hidráulica;
- aquífero: capacidade do aquífero para aceitar a água, variações das condições do aquífero com o tempo;
- assim, uma distinção clara deve ser feita conceptualmente, e para propósitos de modelação, entre a quantidade de água potencial disponível para recarga a partir da zona correspondente ao solo e a recarga subterrânea efectiva como foi antes definida.

Rushton (1988) *in* Simmers (1990) mostra que as duas quantidades podem diferir, devido à influência da zona não saturada ou por falta de capacidade de encaixe (armazenamento) do aquífero para o valor potencial ou disponível.

O conceito de recarga e os métodos de avaliação são largamente analisados por Oliveira (2004). Utilizando o conceito de volume de controlo e a lei da conservação da massa, este autor analisa o balanço de massa (balanço hídrico) para os vários compartimentos em que subdivide a coluna do meio natural onde ocorre o ramo subterrâneo do ciclo hidrológico:

- “o compartimento superior formado pela água de superfície (acima da superfície do terreno);
- um compartimento intermédio onde ocorre evapo(trans)piração a que se dá a designação geral de solo para traduzir a espessura de terreno sujeita a evapo(trans)piração;
- outro compartimento intermédio constituído pela zona vadosa abaixo do solo e que ocorre em profundidade até ao nível freático;
- o compartimento inferior constituído pela zona saturada”.

A distinção conceptual, e para propósito de modelação, da zona correspondente ao solo e a recarga subterrânea efectiva é bem evidente ao analisar-se o balanço hidrológico da camada de solo, considerando que o nível freático se encontra sempre abaixo da sua base, utilizado nos balanços hídricos sequenciais, e o balanço hídrico tomando o volume de controlo acima da zona saturada.

Utilizando a formulação de Oliveira (2004), o balanço hídrico sequencial a nível do solo, representado na figura 5 tem a equação seguinte:

$$\Delta A_I = A_{I \text{ fim}} - A_{I \text{ início}} = (I_s + E_{Ie} + H_{Ie}) - (I_p + E_{Is} + ETR) \quad \text{(Equação 1)}$$

Tomando para volume de controlo os compartimentos acima da fronteira onde se define a recarga efectiva dos aquíferos (figura 6) o balanço hídrico toma a expressão:

$$R = P + E_{pe} + E_{Ie} + E_{ve} + H_{ve} + H_{pe} + H_{Ie} + D - E_{vp} - E_{ps} - E_{Is} - E_{vs} - H_{ps} - ETR - \Delta A_p - \Delta A_I - \Delta A_v \quad \text{(Equação 2)}$$

Substituindo as componentes do balanço que correspondem ao valor de I_p na base do solo obtém-se a equação:

$$R = I_p + E_{ve} + H_{ve} - E_{vs} - \Delta A_v \quad \text{(Equação 3)}$$

Os índices presentes nas equações e na figuras representativas dos balanços têm o significado seguinte:

- P = precipitação, H = acções de origem humana, ETR = evapotranspiração, E = escoamento, Is = infiltração superficial, Ip = infiltração profunda, R = recarga, D = descarga, ΔA = variação do armazenamento.

- Os sub-índices têm o significado seguinte: p = superficial, l = solo, v = zona vadosa, e = entrada, s = saída.
- As setas significam: seta dupla = entrada, seta simples = saída.

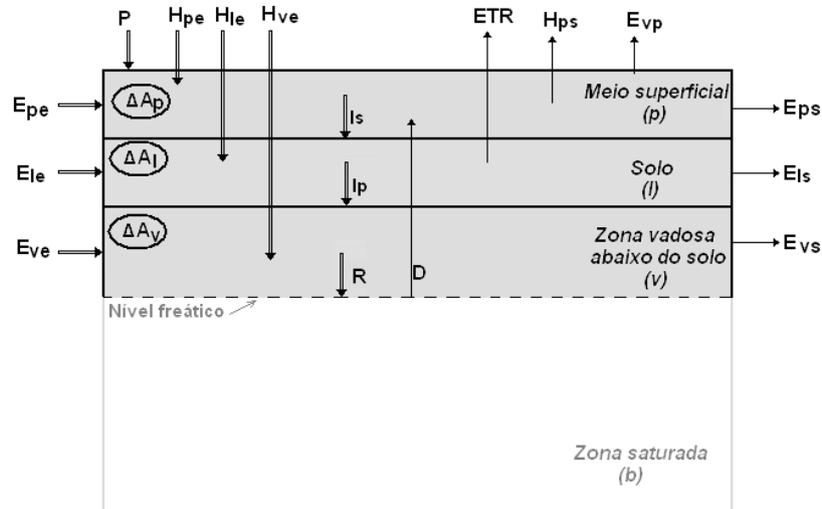


Figura 5 – Balanço hidrológico da camada de solo considerando que o nível freático se encontra sempre abaixo da base do solo (adaptado de Oliveira, 2004).

Segundo Rushton (2003) há duas alternativas metodológicas para a avaliação da redução da recarga devido à presença da zona vadosa: (1) utilizar um *factor* de recarga para corrigir a recarga potencial conforme a natureza geológica da zona vadosa (trata-se de um método paramétrico, subjectivo); (2) usar a lei de Darcy para calcular o caudal que passa através da zona vadosa, multiplicando a estimativa da condutividade hidráulica vertical pelo gradiente hidráulico vertical.

O primeiro método é aplicável quando há dados sobre a espessura e a litologia da zona vadosa simultaneamente com informação acerca do escoamento superficial (*runoff*). Rushton (2003) propõe os *factors* de recarga típicos que se apresentam no Quadro 9.

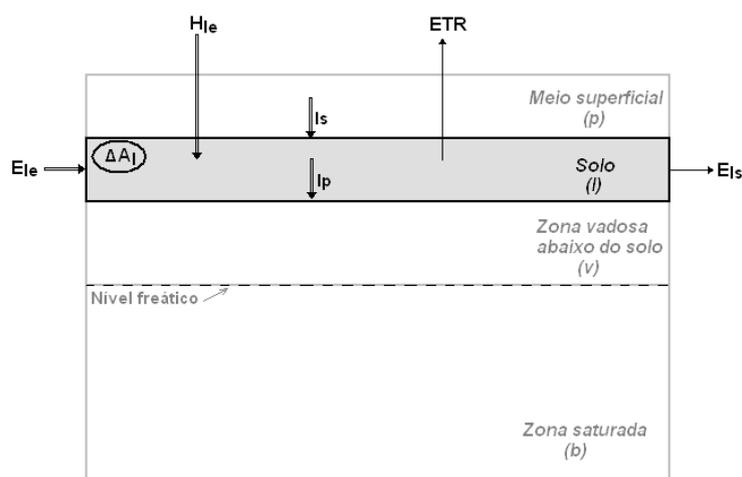


Figura 6 – Recarga tomando o volume de controlo acima da zona saturada (adaptado de Oliveira, 2004).

Quadro 9 – Factores de recarga típicos

Espessura/Natureza da zona vadosa	Areia	Areia argilosa	Argila arenosa	Argila
0 a 3 m	1,00	0,90	0,20	0,02
3 a 10 m	1,00	0,80	0,10	0,01
>10 m	1,00	0,60	0,03	0,00

A aplicação da lei de Darcy é ilustrada na figura 7, no caso de um aquífero aluvionar recoberto por materiais de baixa permeabilidade.

Alguns exemplos esquemáticos tomados de ocorrências geológicas e hidrogeológicas da região do OVT complementam os argumentos sobre a necessidade de distinção entre a quantidade de água potencial disponível para recarga a partir da zona correspondente ao solo e a recarga subterrânea efectiva.

A discussão anterior sobre a profundidade do NHE e a ocorrência de nascentes na zona de estudo pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Tejo já contribuiu para, de uma forma geral, demonstrar a necessidade de distinção entre a quantidade de água potencial disponível para recarga a partir da zona correspondente ao solo e a recarga subterrânea efectiva.

Os exemplos que vão ser apresentados demonstram que o escoamento na zona vadosa é limitado por materiais menos permeáveis e a recarga no aquífero pode ter localização diferente da recarga a partir da base do solo e que, simultaneamente, é introduzido um atraso no tempo da recarga efectiva.

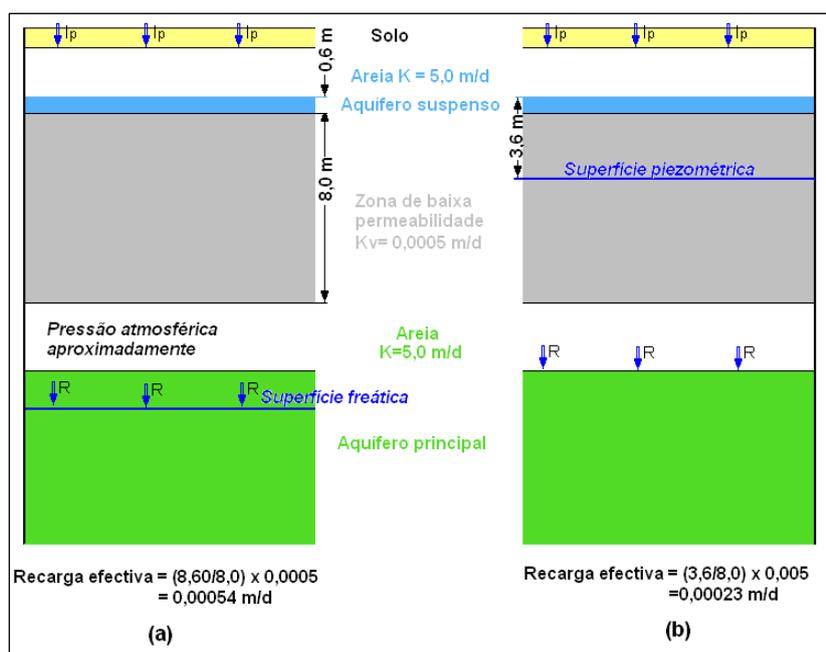


Figura 7 – Esquema demonstrando o efeito de camadas de baixa permeabilidade na zona vadosa na limitação da recarga dos aquíferos: (a) superfície freática no aquífero inferior (b) aquífero inferior confinado.

A figura 8 é a ilustração esquemática da intersecção de um aquífero suspenso pela superfície topográfica. É o mecanismo dominante e responsável por muitas das nascentes identificadas no plano da Bacia Hidrográfica do Tejo. O caudal e a perenidade da descarga (nascentes) dependem da extensão e volume do aquífero suspenso.

A ocorrência de um aquífero suspenso mostra que a água infiltrada à superfície é maior que aquela que se pode escoar verticalmente e que no caso (b) a recarga aumenta com a bombagem do aquífero principal.

A figura 9 esquematiza uma situação comum no Sistema Aquífero Tejo-Sado/Margem Direita em que os Calcários de Almofter se sobrepõem ao aquífero principal instalado em rochas detríticas (Arenitos da Ota). Formam-se figuras geomorfológicas tipo mesa que nos vales dão origem à descarga dos calcários e à recarga das rochas detríticas.

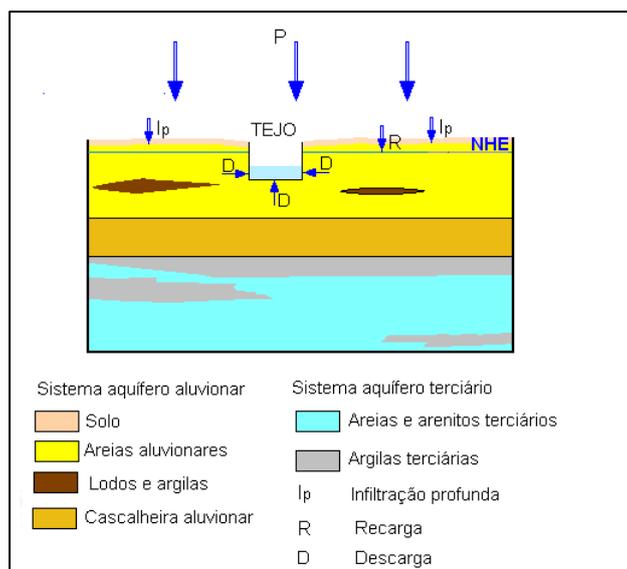


Figura 10 – Drenagem do Sistema Aquífero Aluvionar pelo rio Tejo.

O exemplo esquematizado na figura 11 é de uma situação inversa à anterior. Observa-se na época de águas altas no rio e conduz ao armazenamento de água no sistema aquífero por *bank storage* e transmissão da recarga para zonas mais afastadas das margens do rio. Na prática, a recarga do sistema aquífero nestes períodos de águas altas é superior ao valor de I_p .

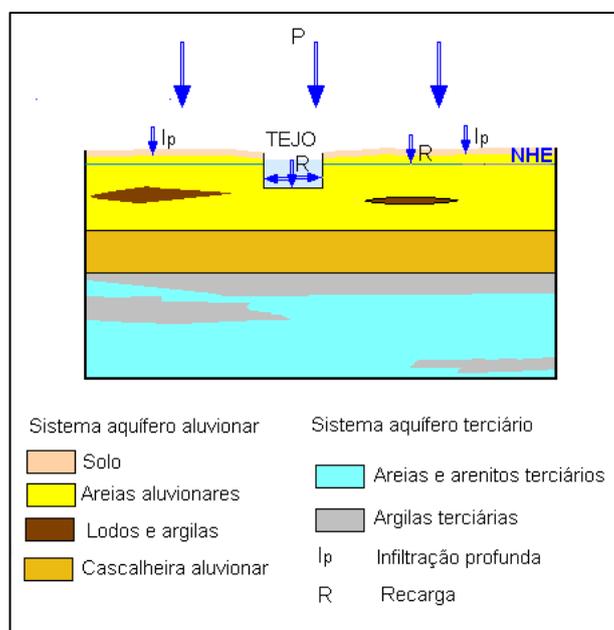


Figura 11 - Recarga do aquífero sendo a recarga efectiva maior que I_p por acréscimo de água de rio influente.

Outra situação que ocorre no Sistema Aquífero Aluvionar do Tejo, a jusante do Espadanal, e engloba toda a área do estuário, é esquematizada na figura 12. Cerca de três a quatro dezenas de metros de camadas de lodos e argilas com algumas intercalações de areias lodosas recobre a cascalheira de base (aquífero). Nestas circunstâncias a água das chuvas encharca e empapa o solo e evapora-se ou é drenada por valas superficiais. Tanto os valores da recarga superficial (I_p) como da recarga efectiva do aquífero são reduzidos.

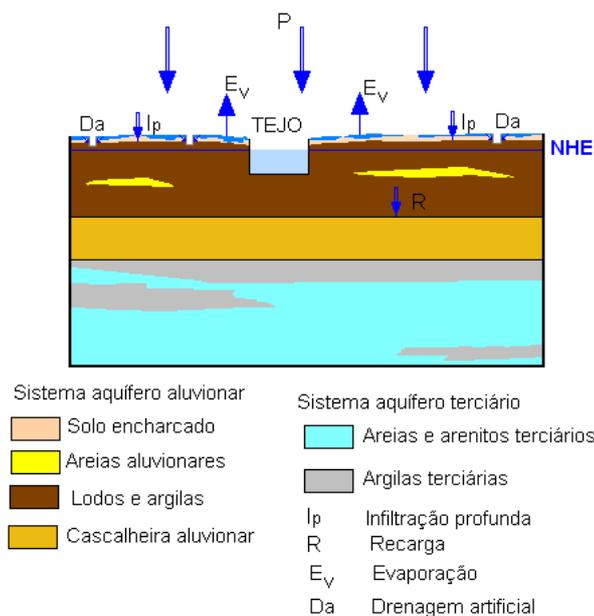


Figura 12 – Esquematização da recarga das águas subterrâneas na zona do estuário do rio Tejo.

Na Figura 13 esquematiza-se o mecanismo da recarga da água subterrânea nas rochas ígneas e metassedimentares do Maciço Hespérico (designadas muitas vezes por rochas duras ou por rochas fracturadas ou fissuradas). Em termos gerais, podem-se considerar como materiais com escassa aptidão hidrogeológica, pobres em recursos hídricos subterrâneos.

Trata-se de meios geológicos com permeabilidade em geral baixa, onde o escoamento e o armazenamento da água se fazem predominantemente nas fracturas. A condutividade hidráulica ou permeabilidade por fracturas depende, entre outros factores, da abertura e do tipo de enchimento.

A circulação nestes tipos litológicos é, na maioria dos casos, relativamente superficial, condicionada pela espessura da camada de alteração e pela rede de fracturas resultantes da descompressão dos maciços.

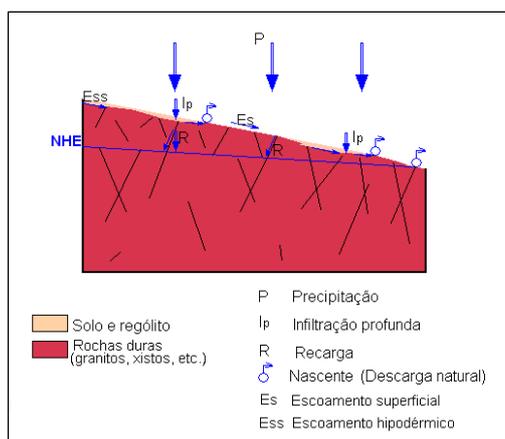


Figura 13 – Esquemática do mecanismo de recarga em rochas fracturadas ou fissuradas.

A circulação faz-se sobretudo numa camada superficial, constituída por rochas alteradas ou mais fracturadas, devido à descompressão; os níveis freáticos acompanham de forma muito esbatida a topografia e o escoamento dirige-se em direcção às linhas de água, onde se dá a descarga.

Devido ao elevado contraste entre a permeabilidade do solo e do rególito e a permeabilidade da rocha subjacente, o escoamento sub-superficial ou hipodérmico tem a componente principal ao longo da superfície de descontinuidade daqueles meios.

O valor baixo da porosidade efectiva das fracturas e a concentração das chuvadas não permite muitas vezes o encaixe (armazenamento) da água potencialmente disponível para a infiltração profunda. Os níveis freáticos são normalmente muito sensíveis às variações observadas na precipitação.

Os elementos disponíveis sobre a recarga de água subterrânea na zona de jurisdição da CCDR de Lisboa e Vale do Tejo são de duas naturezas:

- a) Valores calculados a partir balanço sequencial diário calculado no compartimento solo, utilizando o modelo BALSEC. Estes valores, em representação digital georeferenciada, são apresentados sob a forma de valores do parâmetro R (recarga profunda de aquíferos, *net recharge*, no original) do índice de vulnerabilidade DRASTIC (Aller *et al.*, 1987). Na realidade, trata-se do valor de Ip na base do compartimento solo. A representação cobre as áreas dos Planos de Bacia Hidrográfica do Tejo e das Ribeiras do Oeste (dados fornecidos pela CCDR-LVT).
- b) Valores de recarga nos sistemas aquíferos, utilizando uma metodologia em que o valor da precipitação anual média é multiplicado por um índice que

reflecte a litologia e a geomorfologia do sistema aquífero e a produtividade das descargas naturais subterrâneas (dados recolhidos da bibliografia).

A distribuição apresentada dos valores calculados a partir do balanço sequencial diário no compartimento solo (Equação 1), utilizando o modelo BALSEC, assemelha-se muito à da precipitação atmosférica.

Apresenta algumas particularidades, que se designarão por contradições, para que os valores apresentados possam ser considerados como o valor da recarga efectiva das Equações 2 e 3.

Por exemplo, as áreas do Maciço Hespérico (granitóides, xistos e gneisses e rochas duras afins) na zona de NE da área de estudo apresentam índice de recarga de 8 e 9, valor muito elevado que é incompatível com as características destas rochas. Como segundo exemplo, pode-se considerar o valor do índice da recarga apresentado para os arenitos do Cretácico inferior do sistema de Ourém, que apresenta o valor 9 idêntico ao do sistema aquífero do Maciço Calcário Estremenho, e superior ao valor considerado para os sistemas aquíferos terciários do Tejo (margem Esquerda e margem Direita e sistema aquífero Aluviões do Tejo). Quanto às formações paleogénicas, regra geral muito pouco permeáveis, também apresentam índice de recarga máximo. Estas discrepâncias entendem-se porque os autores consideraram como recarga efectiva (R) o valor da recarga potencial (Ip).

As mesmas contradições ressaltam no mapa de “recarga profunda de aquíferos” apresentado no relatório do LNEC (Relatório 68/94 – GIAS) denominado “Síntese da caracterização e do mapeamento das águas subterrâneas em Portugal” onde praticamente toda a zona a norte do rio Tejo, com excepção de parte de Trás-os-Montes (Granitos, Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico e rochas duras afins) é considerada com o índice máximo de recarga (valor 9). Na zona NW de Portugal, em rochas graníticas, atingem-se valores de recarga potencial média superiores a 2000 mm/ano, valor que não pode ser considerado como de recarga das águas subterrâneas.

Vermeulen, H. *et al.* (1993) entre as desvantagens deste método considera:

- “o declive não é incluído no cálculo do escoamento superficial (*surface runoff*);
- o método calcula a infiltração profunda e não conta com o efeito da possibilidade de camadas perturbarem (*disturbing layers*) o escoamento abaixo da zona de evapotranspiração. Exemplo: uma camada confinante pode provocar uma quantidade importante de escoamento sub-superficial (*subsurface runoff*) que é calculado como recarga do aquífero”.

Do exposto ressalta que o valor calculado da recarga, pelo método do balanço sequencial ao nível do solo, representa um valor potencial que é diferente do valor da recarga efectiva que atinge a superfície freática e que na aplicação da metodologia DRASTIC tem sido considerada como “recarga profunda de aquíferos” (*net recharge*, no original).

No Plano Nacional da Água (MAOT, 2002) apresenta-se a distribuição dos valores das Disponibilidades Hídricas Subterrâneas (DHS) de Portugal Continental resultantes da aplicação de métodos como o de balanços hídricos a nível do solo, o de balanços geoquímicos como o de cloretos, o de decomposição de hidrogramas e ainda métodos expeditos baseados em critérios puramente litológicos.

Os valores de DHS apresentam-se em $\text{hm}^3/\text{ano}/\text{km}^2$, tendo-se utilizado para o efeito um valor de recarga média anual e a área de afloramento do aquífero ou formação hidrogeológica. Isto é, os valores apresentados correspondem aos valores de recarga anual expressos em m/ano.

Os dois métodos mostram algumas divergências importantes entre as quais os valores calculados das DHS/recarga em aquíferos cársicos (Maciço Calcário Estremenho, Sicó-Alvaiázere e Ota-Alenquer) e nas formações cristalinas do Maciço Hespérico.

Almeida *et al.* (2002) fazem a delimitação e a caracterização dos Sistemas Aquíferos de Portugal Continental. Incluídas na caracterização e nas secções dedicadas ao balanço hídrico de cada sistema, encontram-se estimativas de valores médios da recarga pelas precipitações atmosféricas. Os valores são estimados a partir da precipitação anual média em função da litologia e da geomorfologia, da produtividade das descargas naturais subterrâneas, da concentração de cloretos da água, da produtividade e rendimento dos furos de captação e da decomposição de hidrogramas.

Para os aquíferos incluídos na área de estudo, os valores estimados transcrevem-se no Quadro 10 e faz-se a representação cartográfica na Figura 14.

Quadro 10 - Estimativas dos valores médios dos sistemas aquíferos da área de estudo
(Almeida *et al.*, 2000)

Unidade hidrogeológica	Classificação do INAG	Denominação	Tipo	Recarga valor médio (mm/ano)
Orla Ocidental	O9	Penela -Tomar	Cársico	150
	O11	Sicó - Alvaiázere		360
	O20	Maciço Calcário Estremenho		390-456
	O24	Cesareda		294
	O26	Ota - Alenquer		400
	O12	Vieira de Leiria-Marinha Grande	Detrítico	300
	O15	Ourém		64-95
	O19	Alpedriz		100
	O23	Paço		280-420
	O25	Torres Vedras		75-100
Bacia Sado Tejo-	T1	Margem Direita		130-180
	T3	Margem Esquerda		160
	T7	Aluviões do Tejo		200

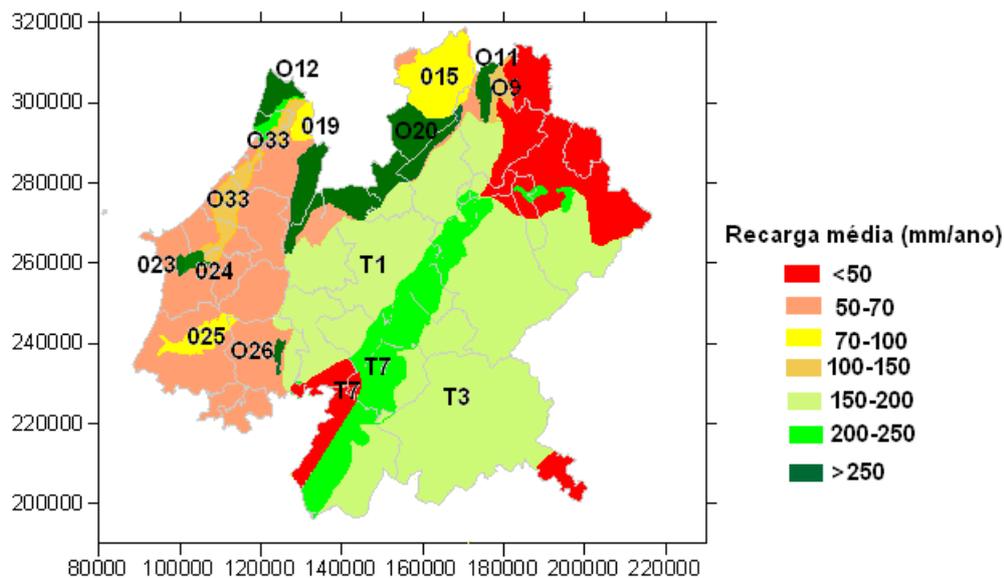


Figura 14 – Valores médios da recarga dos sistemas Aquíferos de Portugal Continental (Almeida *et al.*, 2000).

5.2. Metodologia adoptada para o cálculo da recarga efectiva

Tendo por fundamento o atrás exposto, nomeadamente:

- a distinção clara que deve ser feita conceptualmente, e para propósitos de modelação, entre a quantidade de água potencial disponível para recarga a partir da zona correspondente ao solo e a recarga subterrânea efectiva como foi antes definida;
- os factores que condicionam o escoamento na zona vadosa;
- os elementos disponíveis, nomeadamente sobre a recarga potencial (I_p);

vai-se utilizar um método paramétrico de cálculo de um índice de infiltração efectiva.

O índice corresponde à média ponderada de 3 parâmetros:

1. **Recarga potencial (I_p)** calculada a nível do solo, utilizada na determinação do índice de vulnerabilidade à poluição, e de que se dispõe de cartografia dos valores calculados por balanço sequencial diário (Quadro 11). A cartografia disponível considera os valores deste parâmetro utilizados no cálculo do valor DRASTIC.

Quadro 11 – Recarga potencial ao nível do solo

Recarga potencial (mm/ano)	<51	51-102	102-178	178-254	>254
Índice	1	3	6	8	9

2. **Declive da superfície topográfica (D)**. O declive da superfície topográfica intervém na medida que promove o escoamento lateral (hipodérmico ou sub-superficial) ao nível do contacto do solo ou do rególito com a rocha subjacente. Aos declives maiores correspondem geralmente vales mais profundos e intersecção da superfície topográfica com maior espessura da zona vadosa, a que corresponde maior probabilidade de drenar aquíferos suspensos e, em geral, escoamentos sub-superficiais. Considerar-se-ão também os índices utilizados na metodologia DRASTIC (Quadro 12).

Quadro 12 – Declive da superfície topográfica

Declive (%)	<2	2-6	6-12	12-18	>18
Índice	10	9	5	3	1

3. **Litologia e estrutura da zona vadosa (ZV).** Como se viu este é o factor mais importante que condiciona a recarga efectiva e a diferenciação com o conceito de recarga potencial.

Este parâmetro tomará valores de 1 a 10 e reflecte a natureza e a permeabilidade vertical da zona vadosa nas formações hidrogeológicas da região do OVT (Quadro 13). É um índice que, tal como em todas as metodologias paramétricas, tem um carácter subjectivo baseado na experiência pessoal do signatário e de outros técnicos que foram convidados a pronunciar-se.

Quadro 13 – Índices atribuídos à zona vadosa das várias litologias presentes no OVT

Litologia da zona vadosa	Índice
Dunas, areias de duna e de praia	10
Terraços e aluviões arenosas	8-10
Lodos e argilas	1
Depósitos do Maciço Calcário Estremenho	2-5
Depósitos do Pliocénico	3-6
Areias e argilas de Pombal e Redinha (Miocénico)	3-5
Miocénico da Bacia do Tejo	5 -7
Complexo detrítico e calcário do Paleogénico	3
Complexo vulcânico de Lisboa	2
Calcários do Cretácico médio (calcários com rudistas)	4-6
Calcários margosos e margas do Cretácico inferior (Belasiano)	3-4
Grés do Cretácico inferior	3-6
Grés superiores com restos de vegetais e dinossauros do Jurássico superior	3-4
Calcários carsificados do Jurássico superior: Camadas de Montejunto, Calcários de Amaral e Calcários de Ota e Alenquer	6-8
Outras formações do Jurássico superior	3-4
Calcários e calcários dolomíticos e Formação de Candeeiros do Jurássico médio	8-10
Dolomitos, calcários e calcários dolomíticos do Jurássico inferior	6-7
Formação de Dagorda	1
Grés de Silves do Triásico	2
Quartzitos	3
Rochas fracturadas e fissuradas (ígneas e metamórficas)	2

Quando a zona vadosa é areia ou calcário muito carsificado o valor da recarga efectiva é igual ao da recarga potencial (I_p) e o índice toma o valor 10. Para zonas vadosas de muito baixa permeabilidade, como lodos e argilas, toma o valor 1. Outra situação limite que toma o valor 1 é quando a superfície freática no aquífero principal tem a mesma cota que a superfície da água no solo.

O índice de recarga efectiva (IR_{ef}) toma a forma de uma média ponderada, calculado através da seguinte expressão:

$$IR_{ef} = (1 \times I_p + 1 \times D + 3 \times ZV) / 5 \quad \text{(Equação 4)}$$

I_p representa a recarga potencial (parâmetro R do índice DRASTC tal como foi calculado para as bacias hidrográficas do Tejo e das ribeiras do Oeste), D é o declive da superfície topográfica e ZV representa o índice da litologia e estrutura da zona vadosa.

IR_{ef} toma o valor mínimo de 1 e o valor máximo de 9,8. Os valores calculados são agrupados em 10 classes (de 1 a 10): a atribuição da classe corresponde ao arredondamento do valor do IR_{ef} para o inteiro mais próximo; a classe 1 diz respeito à situação de recarga efectiva mínima e a classe 10 indica a situação hidrogeológica com maior capacidade de recarga efectiva (Figura 15). Na figura 15 estão igualmente representados os limites dos sistemas aquíferos ou de parte de outros sistemas aquíferos incluídos na área do OVT.

Para a identificação e cartografia, à escala regional, das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos (Anexo 3) foi aplicada a seguinte metodologia:

- (i) À partida, apenas foram considerados os 14 sistemas aquíferos, identificados pelo INAG, pertencentes à região do OVT (T1, T3 e T7 da Bacia Sedimentar do Tejo; O9, O11, O12, O15, O19, O20, O23, O24, O25, O26 e O33 da Orla Sedimentar Ocidental, Fig.1 e Quadro 10), pelo que, as áreas com índices de recarga efectiva elevados (de infiltração máxima), desde que não coincidam com os afloramentos dos sistemas aquíferos referidos, foram excluídas;
- (ii) para efeitos de inclusão na REN foram seleccionadas: a) as classes 8 e 9 do Índice de Recarga Efectiva (IR_{ef}), independentemente do declive; b) as classes 6 e 7 do IR_{ef} , apenas em terrenos com declive < 6%;
- (iii) em seguida, cruzaram-se os afloramentos de (i) e (ii);

(iv) de forma a melhorar visualmente os resultados à escala regional, foram eliminadas todas as manchas com áreas inferiores a um hectare, consideradas pouco relevantes a esta escala de apresentação.

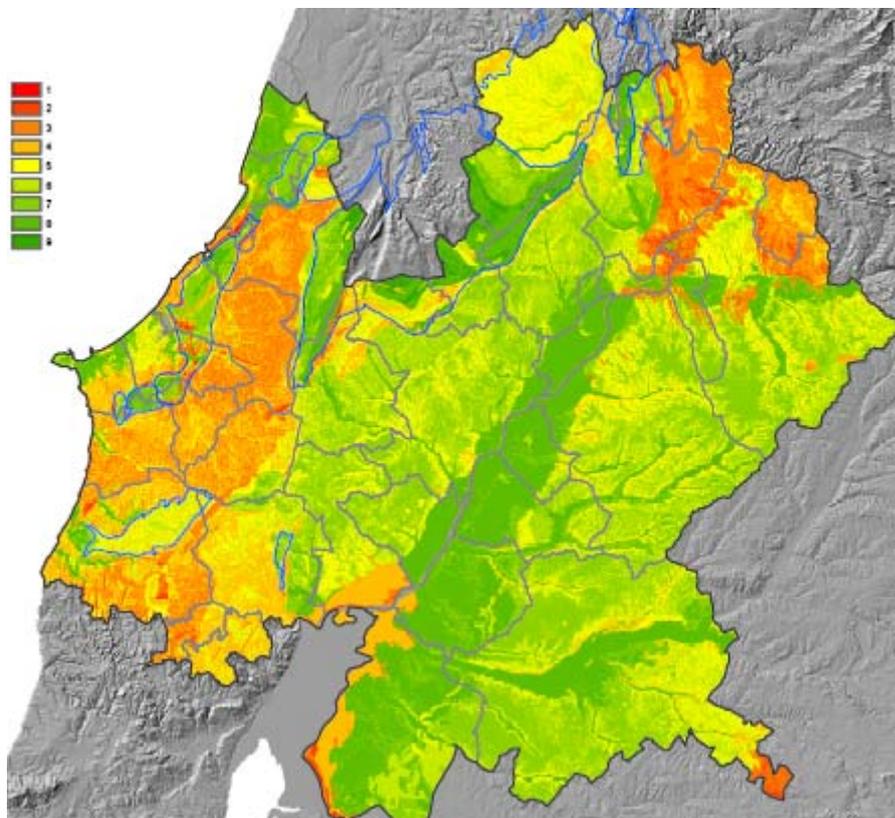


Figura 15 –Índice de recarga efectiva.

5.3. Definição regional das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos

A Região do Oeste e Vale do Tejo tem uma importância estratégica vital, a nível nacional, do ponto de vista dos recursos hídricos subterrâneos, uma vez que se estende pela Bacia Sedimentar do Tejo e pela Orla Sedimentar Ocidental, onde se encontram vários dos principais sistemas aquíferos portugueses e a maior parte das reservas de água subterrânea do País. De facto, cerca de 38% da área do OVT é área estratégica de protecção e recarga de aquíferos. Dos 33 concelhos que a constituem, apenas 3 não dispõem, nos respectivos territórios, de qualquer sistema aquífero (Quadro 14). Na situação oposta encontram-se os concelhos com áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos que ocupam mais de metade do respectivo

território: Alcanena, Almeirim, Alpiarça, Benavente, Cartaxo, Coruche, Entroncamento, Golegã e Salvaterra de Magos.

Quadro 14 – Distribuição geográfica dos sistemas aquíferos por concelho na Região do Oeste e Vale do Tejo

Concelhos	N.º de sistemas aquíferos	Classificação do INAG	Denominação	Tipo de aquífero
Abrantes	2	T3 T7	Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Alcanena	2	O20 T1	Maciço Calcário Estremenho Margem Direita do Tejo	Cársico Detrítico
Alcobaça	4	O12 O19 O20 O33	Vieira de Leiria - Marinha Grande Alpedriz Maciço Calcário Estremenho Caldas da Rainha - Nazaré	Detrítico Detrítico Cársico Detrítico
Alenquer	4	O25 O26 T1 T7	Torres Vedras Ota – Alenquer Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Cársico Detrítico Detrítico
Almeirim	3	T1 T3 T7	Margem Direita do Tejo Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico Detrítico
Alpiarça	2	T3 T7	Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Arruda dos Vinhos	0	---	-----	---
Azambuja	2	T1 T7	Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Benavente	2	T3 T7	Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Bombarral	2	O24 O33	Cesareda Caldas da Rainha - Nazaré	Cársico Detrítico
Cadaval	2	T1 O25	Margem Direita do Tejo Torres Vedras	Detrítico Detrítico
Caldas da Rainha	1	O33	Caldas da Rainha - Nazaré	Detrítico
Cartaxo	2	T1 T7	Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Chamusca	2	T3 T7	Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Constância	2	T3 T7	Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Coruche	2	T3 T7	Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Entroncamento	2	T1 T7	Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Ferreira do Zêzere	2	O9 O11	Penela – Tomar Sicó - Alvaiázere	Cársico Cársico
Golegã	2	T1 T7	Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Lourinhã	2	O23 O24	Paço Cesareda	Detrítico Cársico
Nazaré	2	O12 O33	Vieira de Leiria - Marinha Grande Caldas da Rainha - Nazaré	Detrítico Detrítico
Óbidos	2	O24 O33	Cesareda Caldas da Rainha - Nazaré	Cársico Detrítico

Ourém	3	O11 O15 O20	Sicó – Alvaiázere Ourém Maciço Calcário Estremenho	Cársico Detrítico Cársico
Peniche	2	O23 O24	Paço Cesareda	Detrítico Cársico
Rio Maior	2	O20 T1	Maciço Calcário Estremenho Margem Direita do Tejo	Cársico Detrítico
Salvaterra de Magos	2	T3 T7	Margem Esquerda do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico
Santarém	3	O20 T1 T7	Maciço Calcário Estremenho Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Cársico Detrítico Detrítico
Sardoal	0	---	-----	---
Sobral de Monte Agraço	0	---	-----	---
Tomar	5	O9 O11 O15 O20 T1	Penela – Tomar Sicó – Alvaiázere Ourém Maciço Calcário Estremenho Margem Direita do Tejo	Cársico Cársico Detrítico Cársico Detrítico
Torres Novas	3	O20 T1 T7	Maciço Calcário Estremenho Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Cársico Detrítico Detrítico
Torres Vedras	1	O25	Torres Vedras	Detrítico
Vila Nova da Barquinha	2	T1 T7	Margem Direita do Tejo Aluviões do Tejo	Detrítico Detrítico

Como a dimensão dos concelhos é muito desigual, verifica-se que cerca de metade do total da área estratégica de protecção e recarga dos aquíferos do OVT está concentrada em apenas quatro concelhos: Coruche, Benavente, Chamusca e Santarém. Todavia, estes quatro concelhos abrangem apenas parte de quatro (T3, T7, T1 e O20) dos catorze sistemas aquíferos do OVT. Para que a protecção das águas subterrâneas seja eficaz é necessário que as medidas para a sua gestão integrada sejam acordadas e aplicadas pelos concelhos que partilham o mesmo sistema aquífero.

5.4. Recomendações para a delimitação da REN municipal

Como se disse, a área do OVT compreende sistemas aquíferos e outras áreas de infiltração máxima que não foram incluídas em sistemas aquíferos individualizados, porque as características hidráulicas não o justificam ou pela reduzida dimensão ou volume das formações aquíferas.

Um sistema aquífero representa uma unidade hidrogeológica de importância local e/ou regional de onde se pode retirar água em condições técnico-económicas aceitáveis. Significa isto que tem capacidade de armazenamento e de transferência de massa e energia para além de trocas físico-químicas entre a matriz do reservatório e a água

subterrânea. Em certas circunstâncias, o reservatório desempenha igualmente uma acção hidrobiológica.

Assim, para que o ciclo hidrológico prossiga no ramo subterrâneo é necessário que a água se infiltre à superfície e recarregue os aquíferos.

O índice de recarga que aqui se apresenta é delimitado à escala regional pelo que as equipas dos PDM não o podem ampliar para a escala municipal; ou seja, a cartografia geológica a considerar, a esta escala (1:25 000 ou 1:50 000), permitirá definir com maior rigor os afloramentos e limites litológicos e, como tal, as áreas estratégicas de protecção e recarga dos aquíferos a integrar na REN. Dito isto, propõem-se as recomendações seguintes:

(i) Por princípio, todas as áreas de afloramento dos sistemas aquíferos, definidos pelo INAG, são zonas de recarga de unidades hidrogeológicas onde as Disponibilidades Hídricas Subterrâneas têm importância estratégica regional e, nalguns casos, nacional (sistemas aquíferos da Bacia do Tejo), pelo que devem ser obrigatoriamente consideradas na delimitação desta componente da REN à escala municipal.

(ii) As áreas com valores de IR_{ef} de 8 a 9 (valor máximo calculado) correspondem a aquíferos cársicos, a dunas e areias litorais, e a aluviões do Tejo a montante do Espadanal (Azambuja). Isto é, a importância nos dois primeiros casos está associada à conservação da Natureza e à água das nascentes aproveitadas para abastecimentos públicos (por exemplo, Alviela no Sistema Aquífero Maciço Calcário Estremenho e furos de Ota e Alenquer no Sistema Aquífero Ota-Alenquer do sistema de abastecimento público da EPAL). No caso das aluviões a importância associa-se à recarga directa do aquífero aluvionar e à recarga indirecta dos sistemas aquíferos terciários subjacentes (Bacia do Tejo/Margem Direita e Bacia do Tejo/Margem Esquerda). São áreas que, com poucas excepções, a escala maior (1/25.000 ou 1/50.000), devem ser consideradas REN quanto ao parâmetro recarga profunda de aquíferos.

(iii) As zonas com IR_{ef} 6 a 7 correspondem a afloramentos dos grandes aquíferos portugueses (Bacia do Tejo/Margem Direita e Bacia do Tejo/Margem Esquerda) e outros menores como Caldas da Rainha-Nazaré. Nestes sistemas aquíferos a escala maior (1/25.000 ou 1/50.000) será possível distinguir zonas de afloramento de litologias diversas, umas arenosas, outras areno-argilosas e outras argilosas. Declive elevado (>6 %), a presença aflorante de argilas e de nascentes de aquíferos suspensos são indicadores de áreas de menor recarga efectiva dos aquíferos, que a

essa escala poderão não ser incluídas na REN no que respeita ao parâmetro recarga profunda de aquíferos.

(iv) Os sistemas aquíferos com IR_{ef} 5 correspondem em regra a formações gresosas e argilosas do Cretácico inferior com capacidade de armazenamento e produtividade moderada a baixa. Nestas circunstâncias, a escala maior (1/25.000 ou 1/50.000), as áreas de afloramentos argilosos e areno-argilosos e/ou de geomorfologia vigorosa poderão não ser consideradas REN quanto ao parâmetro IR_{ef} .

(v) As zonas com IR_{ef} 5 não incluídas em sistemas aquíferos, por princípio, podem não ser incluídas na REN quanto ao parâmetro recarga profunda de aquíferos. Deverão sê-lo no caso de afloramentos em zonas aplanadas de natureza gresosa ou carbonatada com carsificação, onde se identifiquem perdas concentradas de águas superficiais, ou que sejam zona de recarga de nascentes com interesse municipal.

(vi) As zonas com IR_{ef} 4 ou inferior, por princípio, não devem ser consideradas REN quanto a este parâmetro. Nesta categoria, incluem-se as aluviões do Tejo que a jusante de Espadanal (Azambuja) apresenta algumas dezenas de metros de lodos e argilas por vezes com intercalações de areias lodosas, que recobrem o aquífero da base, constituído por areia com seixo e calhau. A escala maior (1/25.000 ou 1/50.000), as zonas com exocarso que inclua locais de infiltração concentrada de água (algares e sumidouros), devem ser incluídas na REN.

III - ÁREAS DE PREVENÇÃO DE RISCOS NATURAIS

1. Zonas adjacentes

As zonas adjacentes são áreas contíguas à margem que como tal seja classificada por um acto regulamentar, por se encontrar ameaçada pelo mar ou pelas cheias. (...) A delimitação das zonas adjacentes é feita desde o limite da margem até uma linha convencional, definida caso a caso no diploma de classificação, que corresponde à linha alcançada pela maior cheia, com período de retorno de 100 anos, ou à maior cheia conhecida, no caso de não ser possível identificar a anterior (alínea a, Secção III, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Dada a exiguidade da escala regional (1:250 000) esta componente não foi considerada.

2. Zonas ameaçadas pelo mar não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos

2.1. Metodologia utilizada

As zonas ameaçadas pelo mar são áreas contíguas à margem das águas do mar que, em função das suas características fisiográficas e morfológicas, evidenciam elevada susceptibilidade à ocorrência de inundações por galgamento oceânico. (...) A delimitação das zonas ameaçadas pelo mar deve incluir as áreas susceptíveis de serem inundadas por galgamento oceânico e contemplar todos os locais com indícios e ou registos de galgamentos durante episódios de temporal (alínea b, Secção III, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Para a identificação e cartografia das áreas afectadas por galgamentos oceânicos foi utilizada a fotografia aérea digital (pixel de 0,5 m), georeferenciada e ortorectificada, obtida em Setembro de 2004.

Este item da REN é particularmente difícil de detectar e cartografar à escala regional, uma vez que os galgamentos oceânicos são, quase sempre, muito circunscritos ao longo da linha de costa; além disso, os seus vestígios dependem do tempo ocorrido desde a última situação de tempestade no mar e podem desaparecer da paisagem pela intervenção humana. Contudo, através da utilização das fotografias aéreas digitais, foram seleccionados, para a detecção dos galgamentos, os troços costeiros constituídos por praias: (i) sem arribas para o interior; (ii) com dunas para o interior e

(iii) com faixa terrestre de protecção costeira. Nestes troços foi possível identificar alguns locais com indícios de galgamentos oceânicos particularmente relevantes.

2.2. Definição regional das zonas ameaçadas pelo mar

Os locais afectados por galgamentos oceânicos situam-se, essencialmente, em linhas de costa baixas e arenosas, com praias estreitas, ou na embocadura de cursos de água, situação que favorece este tipo de fenómeno. Estes locais são visíveis, em particular, nos concelhos de Alcobaça, Peniche, Lourinhã e Torres Vedras (Anexo 4).

2.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal

Na detecção das zonas ameaçadas pelo mar, propõem-se as seguintes recomendações:

i) o levantamento destas situações deve obedecer ao exposto em CCDR-LVT (2009), ou seja, além da detecção das ocorrências recentes, através de ortofotomapas de escala adequada, deve-se proceder, igualmente, ao levantamento de ocorrências anteriores e ao reconhecimento de campo.

ii) nos locais susceptíveis a galgamentos oceânicos deve-se propor uma faixa de protecção, a incluir na REN, adequada à largura e profundidade dos galgamentos.

3. Zonas ameaçadas pelas cheias não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos

3.1. Metodologia utilizada

As zonas ameaçadas pelas cheias compreendem a área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela cheia com período de retorno de 100 anos ou pela maior cheia conhecida, no caso de não existirem dados que permitam identificar a cheia centenária. (...) A delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias deve incluir as áreas susceptíveis de inundação causadas por transbordo da água do leito de rios e cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados, efectuada através de modelação hidrológica e hidráulica que permita o cálculo das áreas inundáveis com período de retorno de pelo menos 100 anos, da observação de marcas ou registos de eventos históricos e de dados cartográficos e de critérios

geomorfológicos, pedológicos e topográficos (alínea c, Secção III, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Na região do OVT existem dois grandes tipos de cheias, quanto à velocidade de progressão (Ramos e Reis, 2001): cheias rápidas (ou repentinas) e cheias lentas (ou progressivas). Estas últimas são típicas do Rio Tejo e estão muito dependentes da regularização introduzida pelas barragens (no caso do Vale do Tejo, essencialmente das barragens de Alcântara e Castelo do Bode). As cheias lentas influenciam não só o fundo do vale do Tejo, mas também os fundos de vale dos troços terminais dos seus afluentes, que o Tejo por vezes invade (neste caso, e em termos hidrológicos, são designadas como “cheias de jusante”).

As cheias rápidas influenciam bacias hidrográficas de pequena a média dimensão, sendo mortíferas na região do OVT, porque ocorrem repentinamente e são mais difíceis de prever. As pequenas e médias ribeiras afectadas por estas cheias são também as que, ou não têm dados hidrométricos, ou têm séries de registos muito curtas e, por isso, pouco fiáveis.

Neste contexto, utilizaram-se duas metodologias diferentes para a representação cartográfica das cheias à escala regional (Anexo 4). Para a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias (ZAC) do Vale do Tejo e troços terminais dos seus afluentes (que aqui designaremos por cheias do tipo 1) seguiu-se o disposto na Lei da Água (Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro), artigo 4.º, alínea ggg). Concretamente, foram utilizadas as cotas atingidas pela ponta de cheia de Fevereiro de 1979 (a maior cheia registada no século XX, no vale do Tejo). Para a cartografia das cheias nos restantes fundos de vale, foram representados os troços afectados pelas cheias, e não as ZAC propriamente ditas, uma vez que a sua delimitação só é possível a uma escala 1:25.000 ou superior. Em todo o caso, quando tal se afigurou relevante, em termos de extensão, foram seleccionados os fundos de vale planos contíguos aos referidos troços, o que fornece, de alguma forma, uma imagem simplificada das zonas ameaçadas por cheias à escala regional.

No mapa do Anexo 4, além das ZAC pertencentes às cheias do tipo 1, estão ainda diferenciados dois tipos de troços afectados pelas cheias:

(i) Troços mais extensos, coincidentes com os definidos na carta de riscos do PROT-OVT, que utiliza critérios geomorfológicos (neste caso, a existência de planícies aluviais, construídas pelos cursos de água, cheia após cheia, com a deposição das aluviões). Este critério, que está de acordo com CCDR-LVT (2009) para as áreas não urbanas, define basicamente a cheia máxima provável (cheias do tipo 2).

(ii) Troços de menor extensão, que são afectados por cheias frequentes, ou seja, que ocorreram várias vezes no último século, e que, pela sua posição nos troços jusante

dos cursos de água, atingem caudais mais elevados e, como tal, apresentam uma maior perigosidade (cheias do tipo 3). A definição destes troços foi feita a partir da metodologia que a seguir se descreve, ponderada com o conhecimento de campo da equipa responsável por este relatório.

A identificação das zonas ameaçadas por cheias baseou-se na integração de três tipos de modelos simples:

- (i) valor da área de drenagem acumulada para cada célula, ou seja, número de células que drenam para um determinado ponto da bacia hidrográfica;
- (ii) valor do declive médio da área que drena para cada uma das células;
- (iii) valor médio da permeabilidade relativa da área que drena para cada uma das células.

Estas três variáveis permitem a construção de um modelo simplificado, mas suficientemente eficaz à escala regional, em que estão presentes os principais factores geomorfológicos que identificam a presença de condições favoráveis à ocorrência de cheias. A área de drenagem fornece uma indicação do volume de água potencial acumulado em cada célula; a permeabilidade dá uma noção da importância da água temporariamente retida na bacia hidrográfica, que não contribui, portanto, para o escoamento directo; e o declive médio traduz o dinamismo (velocidade) do escoamento da água.

A não utilização das variáveis relativas à precipitação e à ocupação do solo tem, neste contexto regional, uma explicação evidente. Sendo a área do OVT constituída por muitas e variadas bacias hidrográficas, com dimensões bastantes distintas, haveria a necessidade de incorporar informação pluviométrica com extensão temporal que, de alguma forma, tivesse relação com o tempo de concentração de cada uma dessas unidades. Sendo tal inviável, devido à inexistência desta informação para o conjunto da região do OVT, e à desadequação desta metodologia a esta escala regional, optou-se por considerar esta variável com valor uniforme ao longo da área de estudo.

Por outro lado, a ocupação do solo é aqui assumida como uma variável que, embora interfira no comportamento dos caudais de ponta, deve ser tratada como uma componente do ordenamento e gestão das bacias hidrográficas. O modelo assume, assim, a inexistência do efeito do coberto vegetal, visto que a sua introdução, devido às grandes alterações a que esta variável está sujeita ao longo de curtos espaços de tempo (plantações, desmate, corte, incêndios, etc.), rapidamente introduziria desadequações nos resultados obtidos.

Assim, a partir da integração das três variáveis (área de drenagem, declive médio e permeabilidade relativa média), devidamente padronizadas, obteve-se a expressão seguinte, que identifica os troços afectados por cheias:

$$T_{Cheias} = \frac{\left(0,024A_c^{0,375}\right)^3 + \left(0,253Dec - 0,127\right)^{1/2} + -1,708P_r + 9,4}{4},$$

em que T_{Cheias} são os troços afectado por cheias, obtidos para valores iguais ou superiores a 2,4; A_c é o valor da área acumulada (área de drenagem), em número de células (para uma resolução de 25 m); Dec é o valor do declive médio da área de drenagem; e P_r é a permeabilidade relativa média da área de drenagem.

3.2. Definição regional das zonas ameaçadas pelas cheias

Na região do Oeste e Vale do Tejo destacam-se, pela extensão que ocupam (745 km²), as ZAC do Vale do Tejo e troços terminais dos seus afluentes. À escala regional, existem cerca de 1690 km de troços fluviais com susceptibilidade de serem afectados por cheias, sendo que, destes, cerca de 930 km são frequentemente afectados pelas cheias (Anexo 4).

No Quadro 15 indicam-se os tipos de cheias que afectam cada concelho e sintetizam-se, também para cada concelho, os cursos de água frequentemente afectados por cheias (cheias do tipo 3 e/ou do tipo1), que é possível individualizar à escala regional (1:250.000). As designações dos cursos de água estão de acordo com D.G.R.A.H. (1981) – *Índice hidrográfico e classificação decimal dos cursos de água de Portugal continental*.

3.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal

A definição das ZAC concelhias deverá obedecer aos critérios de delimitação propostos em CCDR-LVT (2009). Como tal, a metodologia a aplicar na definição das ZAC, nos termos referidos naquele documento, não é mesma. Assim, e citando:

“(i) em situações de risco, quando possa ser posta em causa a segurança de pessoas e bens, designadamente, aglomerados populacionais, áreas de implantação de actividades económicas, travessias viárias ou outras infra-estruturas hidráulicas, a delimitação da zona ameaçada pelas cheias deverá ser sempre apoiada em modelação hidrológica e hidráulica, a realizar para a secção ou secções do curso de água associadas a esse risco”;

Quadro 4 – Concelhos afectados pelos vários tipos de cheias* na região do OVT

Concelhos	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Cursos de água afectados por cheias frequentes (cheias do tipo 3 e / ou do tipo 1)
Abrantes	x	x	x	Rio Tejo, Rio Zêzere, R ^a Arcês, R ^a Alferrarede, Rio Torto, R ^a Coalhos, R ^a Alcolobra, R ^a Fernando, R ^a do Carregal, R ^a da Amoreira, Rio de Moinhos, R ^a do Vale dos Beirins, R ^a de Codes
Alcanena		x	x	Rio Alviela
Alcobaça		x	x	Rio Alcobaça, R ^a Areia
Alenquer	x	x	x	Rio Tejo, Rio Ota, R ^a Alenquer, Vala do Anchino, R ^a do Alvarinho, Rio Grande da Pipa
Almeirim	x	x	x	Rio Tejo, R ^a Muge, Vala de Alpiarça
Alpiarça	x	x	x	Rio Tejo, Vala de Alpiarça, Vala da Coucha
Arruda dos Vinhos			x	Rio Grande da Pipa
Azambuja	x	x	x	Rio Tejo, Rio Ota, R ^a Almoester, Vala da Azambuja, R ^a de Aveiras, Rio de Valverde, Vala do Anchino
Benavente	x	x	x	Rio Tejo, Rio Sorraia, R ^a de St. Estevão, R ^a de Trejoito, R ^a Vale Cobrão, Vala Real das Portas Novas, Vale da Palmela
Bombarral		x	x	Rio Real
Cadaval		x		
Caldas da Rainha		x	x	Rio Tornada
Cartaxo	x			Rio Tejo, Vala da Azambuja, Vala Real, R ^a do Cartaxo
Chamusca	x	x	x	Rio Tejo, Vala de Alpiarça, R ^a de Muge, R ^a Chouto, R ^a do Vale Marques, R ^a da Foz
Constância	x		x	Rio Tejo, R ^a Alcolobra
Coruche	x	x	x	Rio Sorraia, R ^a de Sôr, R ^a da Raia, R ^a Lamarosa, Rio Divor, R ^a Erra, R ^a St. Estêvão, R ^a de Magos, R ^a de Vale de Poço, Vala Real, R ^a do Vale do Galego
Entroncamento	x	x	x	R ^a Monte da Pedra
Ferreira do Zêzere		x	x	Rio Zêzere
Golegã	x		x	Rio Tejo, Rio Almonda, R ^a Monte da Pedra
Lourinhã		x		
Nazaré		x	x	Rio Alcobaça
Óbidos		x	x	Rio Real, Rio Arnóia
Ourém		x	x	Rio Nabão, R ^a Bezelga, R ^a de Caxarias
Peniche		x		
Rio Maior		x	x	Rio Maior, R ^a Alcobertas, R ^a do Juncal
Salvaterra de Magos	x	x		Rio Tejo, R ^a Magos, R ^a de Muge, R ^a Lamarosa, R ^a do Vale do Cavalheiro
Santarém	x	x	x	Rio Tejo, Rio Alviela, Vala da Rimeira, R ^a de Cabanas, R ^a de Alvisquer de Dentro, Rio Maior (Valas da Asseca e da Azambuja), R ^a Alcobertas, R ^a das Fontainhas
Sardoal			x	R ^a Arcês, R ^a de Codes
Sobral de Monte Agraço				
Tomar		x	x	Rio Nabão, R ^a Bezelga, Rio Zêzere, R ^a da Lousã, R ^a de Seissa
Torres Novas	x	x	x	Rio Almonda, R ^a Bezelga
Torres Vedras		x	x	Rio Sizandro, R ^a Alcabrichel, R ^a de Pedrulhos
Vila Nova da Barquinha	x	x	x	Rio Tejo, Rio Zêzere, R ^a Monte da Pedra

* Cheias de: tipo 1 - cheias do Rio Tejo; tipo 2 - cheias das ribeiras do Oeste e dos afluentes do Tejo com perigosidade média; tipo 3 - cheias das ribeiras do Oeste e dos afluentes do Tejo com perigosidade elevada.

ii) “nas áreas onde não se perspective a existência de risco para pessoas e bens, a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias pode resultar apenas da representação da cota da maior cheia conhecida, determinada a partir de marcas de cheia, registos vários e dados cartográficos disponíveis, e/ou da aplicação de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos”.

4. Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

4.1. Metodologia utilizada

As áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo são as áreas que, devido às suas características de solo e de declive, estão sujeitas à perda excessiva de solo por acção do escoamento superficial. (...) A delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo deve considerar de forma integrada o declive e a erodibilidade média dos solos resultante da sua textura, estrutura e composição (alínea d, Secção III, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

Uma das inovações do novo Decreto-Lei da REN, é a inclusão, neste instrumento de ordenamento territorial, das “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo”. A inclusão destas áreas na REN visa, essencialmente, três objectivos: (i) conservar e gerir um dos recursos naturais mais importantes do País; (ii) manter o equilíbrio dos processos morfogenéticos e pedogenéticos; (iii) contribuir para a regulação do ciclo hidrológico, promovendo a infiltração em detrimento do escoamento superficial.

O solo é constituído por proporções variáveis de matéria mineral sólida, matéria orgânica, água e substâncias dissolvidas e ar, ocupando estes dois últimos constituintes os espaços intersticiais entre as partículas terrosas e os seus agregados. O solo é um sistema dinâmico, formado por processos naturais, e que pode ser mais ou menos modificado pela acção humana. Como a formação do solo é muito lenta, pode ser considerado, à escala humana, como um recurso não renovável. Este facto, por si só, justifica a importância da sua inclusão na Reserva Ecológica Nacional.

Os processos que levam à degradação do solo pertencem, basicamente, a quatro tipos: (i) erosão através da água (erosão hídrica do solo); (ii) erosão através do vento (erosão eólica); (iii) deterioração física; (iv) deterioração química. Destes quatro tipos de processos, o mais importante, em Portugal, é a erosão hídrica.

O cálculo do risco de erosão hídrica do solo, no âmbito da REN, coloca essencialmente duas questões que têm implicações directas nos resultados obtidos: (i) qual o modelo que se deve adoptar para o cálculo dessa erosão; (ii) e, na

sequência da questão anterior, sabendo que todas as áreas estão sujeitas a algum tipo de erosão, qual o valor limite de risco, acima do qual essas áreas devem ser integradas na REN.

Em primeiro lugar é importante explicitar que, quando nos referimos à erosão hídrica, se considerarmos a movimentação de partículas do solo por acção da escorrência laminar da água da precipitação, é possível utilizar um modelo de previsão da erosão do solo, tal como a Equação Universal de Perda do Solo (Wischmeier & Smith, 1978), uma das suas variantes, ou outros modelos tais como o PESERA (Kirkby et al, 2004), em uso crescente na Europa. Não está prevista, portanto, o efeito da erosão linear resultante da concentração da água à superfície. Contudo, e partindo deste pressuposto, a complexidade destes modelos torna difícil a sua implementação, sendo preferível a utilização de metodologias mais simples, em que se considerem apenas os parâmetros mais relevantes.

Na verdade, no âmbito da REN, é mais correcto calcular a erosão potencial, ou seja, aquela que ocorreria sem influência da ocupação do solo e sem a intervenção das práticas agrícolas. Deste modo, são definidas áreas com diferentes sensibilidades à erosão hídrica, tendo por base a intensidade da precipitação, as propriedades dos solos e as características topográficas. As áreas mais sensíveis devem, assim, ser objecto de atenção particular, promovendo a ocupação do solo e as práticas agro-florestais mais adequadas a uma diminuição da degradação do solo.

Em todo o caso, é ainda possível simplificar este modelo, partindo de alguns pressupostos plausíveis. Um deles baseia-se no carácter aleatório das chuvadas intensas e concentradas, as quais são as principais responsáveis pela maior parte da erosão hídrica do solo. Partindo do princípio que a probabilidade de ocorrência de uma destas chuvas é similar, ou pelo menos não sofre grandes alterações, ao longo do nosso território, é então possível considerar o parâmetro da erosividade da precipitação igual a 1, ou seja, sem influência na multiplicação dos diversos factores condicionantes. Uma alternativa seria dividir o território português em áreas homogéneas onde este parâmetro assume valores constantes, ou dentro de um limite aceitável, e integrar esses valores no modelo.

Assumindo a influência da precipitação constante no território, a erosão potencial estará, assim, dependente apenas das propriedades dos solos e do declive e comprimento das vertentes. Sabendo que esta última é claramente menos importante que a anterior, considerou-se, como simplificação, e segundo CCDR-LVT (2009), que a erosão potencial depende apenas das características dos solos e do declive das vertentes.

Resta, então, definir qual o limiar de erosão potencial a partir do qual os terrenos são integrados na REN. Para isso, devem ser definidos limites de tolerância e efectuar a sua comparação com os valores de erosão potencial. Existem alguns métodos que fazem esta avaliação com base na comparação dos valores de tolerância e dos valores de erosão calculados (por exemplo, Jäger, 1994), com vista à classificação do risco de erosão dos solos, em que são estabelecidas quatro classes (muito elevada, elevada, moderada e baixa). No entanto, estes métodos utilizam a erosão hídrica real, calculada com base em todos os parâmetros da Equação Universal de Perda do Solo. Assim, a sua utilização no contexto do modelo simplificado aqui proposto não é adequada e a sua conversão não pode ser efectuada directamente.

Chama-se a atenção que, o risco de erosão do solo depende de vários factores, a saber: (i) precipitação (tamanho das gotas de água, intensidade, frequência, duração, velocidade e ângulo de incidência); (ii) características do escoamento superficial; (iii) propriedades do solo (textura, coerência, estrutura e permeabilidade); (iv) vegetação (grau de cobertura, tipo de vegetação); (v) topografia (declive, comprimento das vertentes, convergência ou divergência do escoamento); (vi) das práticas agrícolas (rotação de culturas, terraceamento, estabilização dos sulcos e ravinas, culturas para cobrir o solo, modo de lavrar a terra).

Contudo, pelos motivos acima expostos, de todos estes factores foram apenas considerados, para a definição das “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” a integrar na REN, e respeitando o novo Decreto-Lei, os que, independentemente da variação da precipitação e do escoamento superficial, do coberto vegetal e das práticas agrícolas ao longo do tempo, se mantêm relativamente fixos (à escala humana), ou seja, a topografia (declive) e o tipo de solo.

O cálculo do risco de erosão hídrica do solo baseou-se, de acordo com o descrito anteriormente, no declive e nas características dos solos (textura, estrutura e percentagem em matéria orgânica), que se encontram sintetizadas nos valores de erodibilidade (K).

O mapa de declives foi obtido a partir de um Modelo Numérico de Elevação (MNE) elaborado com base nas curvas de nível da Carta Militar de Portugal (1/25.000), o qual foi classificado, de acordo com o critério utilizado pelo IHERa (1999), e seguindo a proposta de Monturiol e col. (1978), em 5 categorias, mas em que se procedeu à junção dos valores entre 0 e 5% numa única classe (Quadro 16).

A informação relativa aos solos foi obtida a partir da Carta de Solos de Portugal (1/25.000), tendo-se procedido à sua classificação em valores de erodibilidade de acordo com os valores definidos em diversos trabalhos do INAG (Pimenta, 1998;

Pimenta, 1999), os quais foram obtidos para os solos estudados por Cardoso (1965) e, por semelhança, para outros tipos de solos. Para solos do OVT, que não constam dos referidos estudos, foram obtidos os valores por analogia com os solos com características similares, tendo por base as características texturais e a maior ou menor presença de elementos húmicos.

A partir dos valores de erodibilidade de cada solo, foi obtido um valor médio ponderado por mancha, tendo por base a proporção do tipo de solos presente em cada uma dessas manchas. Estes valores finais foram, posteriormente, agrupados em 3 classes, tal como se refere em Monturiol e col. (1978) e de acordo com o critério definido pelo IHERa para a Carta de Capacidade de Uso do Solo, mas tendo como base a classificação de Presant e Acton (1984), amplamente difundida na bibliografia científica da especialidade, a qual estabelece 5 classes ($\leq 0,15$; $0,15-0,30$; $0,30-0,40$; $0,40-0,50$; $>0,50$). No entanto, de forma a respeitar a metodologia anteriormente referida, baseada em 3 classes, agruparam-se as duas inferiores (negligenciável e fraca) na classe de erodibilidade fraca ($\leq 0,30$) e subdividiu-se a classe $0,40-0,50$ nas adjacentes, que passaram a constituir as classes moderada e elevada (Quadro 16).

Do cruzamento das duas variáveis erodibilidade do solo e declive do terreno, com base nas respectivas classes presentes no Quadro 16, obtiveram-se cinco classes de risco de erosão do solo (Re).

Quadro 16 – Factores da erosão hídrica do solo e respectivas classes utilizados na definição das áreas a integrar na REN

DECLIVES	ERODIBILIDADE		
	Er1: fraca ($\leq 0,30$)	Er2: moderada ($0,30 - 0,45$)	Er3: elevada ($> 0,45$)
D1: [0 - 5 %]	Re 1/2	Re 1/2	Re 1/2
D2:]5 - 8%]	Re 2	Re 3	Re 4
D3:]8 - 15%]	Re 3	Re 4	Re 5
D4:]15 - 25%]	Re 4	Re 5	Re 5
D5: > 25%	Re 5	Re 5	Re 5

Valores de erodibilidade (K) em unidades métricas

Para a delimitação da componente da REN “áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo” apenas foram consideradas as classes Re5 (risco muito elevado) e Re4 (risco elevado). Assim:

- (i) integram a REN todas as áreas pertencentes à classe Re5;
- (ii) a fim de aumentar a compacidade das manchas de Re5, consideraram-se, para efeitos de inclusão na REN, as áreas pertencentes à classe Re4 contíguas às de Re5;
- (iii) de forma a melhorar visualmente os resultados à escala regional, foram eliminadas todas as manchas com áreas inferiores a 1 hectare (16 células), consideradas pouco relevantes a esta escala de apresentação, bem como as células de Re4 isoladas (Anexo 5).

4.2. Definição regional das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

A aplicação da metodologia utilizada, à escala regional, permite observar que as áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo atingem cerca de 13% da região do Oeste e Vale do Tejo. A erosão hídrica do solo encontra-se em todos os concelhos do OVT, mas tem claramente menor incidência na planície aluvial do Tejo e nos terrenos planálticos da sua margem esquerda (Anexo 5), devido aos fracos declives. Os concelhos mais afectados, ou seja, que possuem cerca de metade da sua área com elevado risco de erosão hídrica do solo, são: Sobral de Monte Agraço e Arruda dos Vinhos; seguem-se (com mais de 20% da área sujeita a risco elevado): Ferreira do Zêzere, Sardoal, Alenquer, Torres Vedras, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã e Torres Novas.

Segundo a Convenção das Nações Unidas sobre Desertificação (1994), a degradação do solo consiste na redução ou perda da produtividade biológica ou económica da terra, devido aos sistemas de utilização desta ou a um processo ou combinação de processos, quer naturais quer resultantes da actividade humana. Quando a degradação do solo ocorre em áreas áridas, semi-áridas e sub-húmidas secas pode conduzir a uma situação ambiental muito grave: a desertificação. Na região do OVT existem áreas, pertencentes a alguns concelhos da sub-região da Lezíria da margem esquerda do Tejo que, do ponto de vista hidroclimático, são sub-húmidas secas e que, como tal podem sofrer um risco de desertificação.

4.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal

Como se referiu anteriormente, o cálculo desta componente da REN à escala regional seguiu algumas simplificações, nomeadamente a utilização apenas das curvas de nível com equidistância de 10 m (e não dos pontos cotados), a atribuição de valores genéricos de erodibilidade a vários solos não estudados na bibliografia, por analogia com as propriedades dos solos sujeitos a estudos e, ainda, uma simplificação da informação de forma a adequá-la à escala regional.

Por isso, é expectável e desejável que os trabalhos desenvolvidos à escala municipal se baseiem em documentos de maior pormenor e com mais informação, nomeadamente:

i) construção de Modelos Numéricos de Elevação (MNE) a partir de informação em escalas 1/25.000 a 1/10.000, com utilização de curvas de nível, vértices geodésicos e pontos cotados, corrigidos e devidamente validados, de forma a proporcionar o cálculo mais fidedigno dos valores de declive nos respectivos concelhos;

ii) utilização de informação adicional acerca das características dos solos, sempre que esta esteja disponível, de forma a obter, de forma mais aproximada, os valores de erodibilidade, em particular para os solos que não foram sujeitos a estudos e que não constam das tabelas publicadas pelo INAG, anteriormente referidas.

(iii) Para além dos aspectos anteriores, relacionados com a informação de base, a identificação das áreas de elevado risco de erosão hídrica deverá sempre ter em conta a utilização da classe Re4, de forma a aumentar a contiguidade e compacidade das manchas da classe Re5. Em alguns casos, quando as manchas de Re4, mesmo quando isoladas, tiverem dimensão suficiente (área superior a 1ha) e forem consideradas importantes no âmbito municipal (por exemplo, se coincidirem com áreas relevantes do ponto de vista natural), poderão, também, ser integradas na REN.

Por outro lado, é bom não esquecer que, num contexto de alterações climáticas (com tendência de empobrecimento acentuado dos solos e de incremento das situações de risco de cheias), deve ser aplicado o princípio da precaução, pelo que as áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo devem ser espaços de preservação em que as actividades florestais de uso intensivo (por exemplo, matas de crescimento rápido) devem ser fortemente desincentivadas (ou mesmo proibidas, no caso de novas plantações). Aliás, qualquer tipo de actividade agro-florestal que implique a

remobilização mecânica profunda do solo é altamente nociva. Ao contrário, o aumento dos perímetros urbanos, nestas áreas, não se afigura problemática.

5. Áreas de instabilidade de vertentes

5.1. Metodologia utilizada

As áreas de instabilidade de vertentes são as áreas que, devido às suas características de solo e subsolo, declive, dimensão e forma da vertente ou escarpa e condições hidrogeológicas, estão sujeitas à ocorrência de movimentos de massa em vertentes, incluindo os deslizamentos, os desabamentos e a queda de blocos. (...) Na delimitação de áreas de instabilidade de vertentes devem considerar-se as suas características geológicas, geomorfológicas e climáticas (alínea e, Secção III, Anexo 1, do DL n.º 166/2008).

A inclusão destas áreas na REN visa: (i) a estabilidade dos sistemas biofísicos; (ii) a salvaguarda face a fenómenos de instabilidade e de risco de ocorrência de movimentos de massa e de perda de solo; (iii) a prevenção da segurança de pessoas e bens.

Esta componente da REN substitui as antigas “zonas declivosas” do DL n.º 93/90, que incluíam “áreas com riscos de erosão” e “escarpas e respectivas faixas de protecção”. Estas áreas acabaram por ser delimitadas, na maioria dos casos, através do regime transitório da REN, ou seja, “encostas com declive >30%” e “escarpas e abruptos de erosão com desnível >15m e respectiva faixa de protecção”. Contudo, na prática, verificou-se que estes limites não salvaguardavam áreas com riscos de erosão elevados, porque não consideravam factores condicionantes decisivos para a instabilidade de vertentes, como por exemplo, as características do substrato geológico.

O novo diploma veio colmatar esta falha indicando que “na delimitação de áreas de instabilidade de vertentes devem considerar-se as suas características geológicas, geomorfológicas e climáticas”.

Os movimentos de massa em vertentes, classificados de acordo com o tipo de mecanismos de deslocação, incluem os desabamentos (quedas), tombamentos (balançamentos), deslizamentos (escorregamentos), escoadas (fluxos), expansões laterais e movimentos complexos. Estes tipos de instabilidades de vertente têm uma incidência diferente nas três unidades morfoestruturais de Portugal continental,

presentes no OVT (Maciço Antigo, Orla Mesocenozóica e Bacia Cenozóica do Tejo e Sado).

Os terrenos do Maciço Antigo afloram na sub-região do Médio Tejo e são constituídos essencialmente por metassedimentos. No caso das vertentes talhadas em xisto, as múltiplas descontinuidades presentes nestas rochas (estratificação, xistosidade e planos de fractura) favorecem movimentos de deslizamento planar, mesmo em vertentes com declives moderados. Quando o declive da vertente é forte, o movimento inicial de deslizamento pode evoluir rapidamente para escoada lamacenta ou de detritos, caracterizada por velocidades bastante elevadas e um grande poder destrutivo.

Os terrenos da Orla Mesocenozóica Ocidental ocupam toda a sub-região do Oeste, a parte oeste da sub-região do Médio Tejo e o extremo NW da sub-região da Lezíria. Nesta unidade, os movimentos de massa são controlados fundamentalmente pela litologia, estrutura geológica e condições hidrogeológicas, enquanto o declive é um factor secundário. Neste contexto, destacam-se 3 unidades litológicas mais susceptíveis à instabilidade das vertentes, nomeadamente a deslizamentos: (i) sequências de margas, argilas, areias e arenitos do Cretácico superior; (ii) sequências de calcários e margas do Cretácico médio; (iii) sequências margo-calcárias do Jurássico superior.

Os terrenos da Bacia Cenozóica do Tejo e Sado são os que ocupam a maior extensão na região OVT. Nestes terrenos, os movimentos de massa têm uma distribuição relativamente circunscrita, condicionada simultaneamente pelo declive e pela litologia. Os depósitos continentais miocénicos da área de Santarém constituem a unidade litológica mais problemática, pela elevada susceptibilidade a deslizamentos superficiais e profundos, os quais afectam principalmente perfis de alteração, depósitos coluviais e depósitos de antigos movimentos de massa. Na parte superior das vertentes, onde o declive é mais forte, têm origem movimentos de desabamento e tombamento.

Os movimentos de massa em vertentes ocorridos num passado recente na região OVT foram maioritariamente desencadeados pela precipitação. As chuvas intensas e concentradas desencadeiam deslizamentos superficiais, frequentemente com evolução para escoada, e movimentos associados ao trabalho de sapa dos cursos de água. As chuvas abundantes e prolongadas no tempo têm sido responsáveis pelo desencadeamento de deslizamentos rotacionais, translacionais e movimentos complexos com planos de ruptura mais profundos.

Ao contrário do que seria desejável, a avaliação das áreas susceptíveis à instabilidade das vertentes no OVT não pode basear-se num inventário de movimentos de massa

ocorridos no passado na região. Com efeito, tal inventário regional não existe e a extensão do território envolvido (superior a 8.800 km²) inviabiliza a sua realização num período de tempo curto. Deste modo, a avaliação do perigo de movimentos de massa em vertentes no OVT foi efectuada com base numa abordagem indirecta, a partir do cruzamento dos dois principais factores condicionantes da instabilidade das vertentes: litologia e declive. A litologia reflecte as propriedades de resistência mecânica dos terrenos, nomeadamente os seus parâmetros de coesão e ângulo de atrito interno, e o declive controla directamente as tensões tangenciais que se verificam nas vertentes. Acresce que estas duas variáveis, combinadas, condicionam o regime hidrológico dos terrenos, pelo controlo da permeabilidade e da taxa de infiltração.

A litologia foi obtida a partir da Carta Geológica de Portugal, na escala 1/500.000 que, como já foi referido, apresenta erros grosseiros e teve de ser corrigida antes da integração com os dados topográficos de maior escala. Após a validação das correcções, os 54 tipos geológicos foram agregados em oito grandes conjuntos litológicos que têm expressão espacial relevante do OVT: (i) depósitos superficiais, (ii) rochas carbonatadas compactas, (iii) rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados), (iv) rochas sedimentares plásticas (margas, argilas), (v) rochas graníticas e afins, (vi) rochas quartzíticas e afins, (vii) rochas xistentas, e (viii) rochas vulcânicas. Os declives foram obtidos a partir do modelo numérico de elevação (MNE) construído a partir da altimetria na escala de 1:25 000.

Para cada unidade litológica foi definido o limiar crítico de declive (em graus), acima do qual é expectável a ocorrência de fenómenos de instabilidade, independentemente da respectiva tipologia (Quadro 17). Estes limiares são suportados por bibliografia de referência especializada (e.g. Sidle et al, 1985) e foram estabelecidos com base no conhecimento empírico da instabilidade das vertentes da região. Numa fase final, procedeu-se a uma generalização dos resultados, baseada na definição de unidades cartográficas de dimensão mínima equivalente a 0,5 hectares (Anexo 6).

Quadro 17 – Limiares de declive críticos considerados para a identificação das áreas susceptíveis à instabilidade de vertentes no OVT

Litologia	Declive (graus)
Depósitos superficiais	10
Rochas carbonatadas compactas	25
Rochas sedimentares detríticas (grés, conglomerados)	15
Rochas sedimentares plásticas (margas, argilas)	10
Rochas graníticas e afins	25
Rochas quartzíticas e afins	25
Rochas xistentas	15
Rochas vulcânicas	20

5.2. Definição regional das áreas de instabilidade de vertentes

A metodologia referida no ponto anterior permitiu definir as áreas susceptíveis à instabilidade de vertentes as quais atingem 7% da região do OVT. Essas áreas estendem-se essencialmente pelas sub-regiões do Médio Tejo e do Oeste (Anexo 6), afectando, com pouca incidência, a generalidade dos concelhos da sub-região da Lezíria, por possuírem vastas áreas aplanadas e de fraco declive. Os concelhos mais afectados, por terem mais de 30% da sua área dentro desta componente da REN, são Sobral de Monte Agraço e Arruda dos Vinhos, seguindo-se, com mais de 10%, Alenquer, Ferreira do Zêzere, Torres Vedras, Abrantes e Caldas da Rainha. No extremo oposto situam-se os concelhos do Entroncamento e da Golegã, onde a percentagem de área ocupada é insignificante.

5.3. Recomendações para a delimitação da REN municipal

A identificação das áreas susceptíveis à instabilidade de vertentes, à escala municipal, deve ser efectuada por especialistas, no pressuposto de que: (i) os movimentos de vertente já ocorridos no território podem ser reconhecidos, classificados e cartografados; (ii) as condições que determinam os movimentos (factores de instabilidade) podem ser identificadas, registadas e utilizadas para construir modelos preditivos; e (iii) a ocorrência de futuros movimentos de vertente pode ser inferida possibilitando o zonamento do território em classes de susceptibilidade. Assim:

(i) A avaliação da susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa em vertente deve ser efectuada na escala de 1:10 000 e inclui as seguintes etapas: (i) inventário, determinação da tipologia e análise dos movimentos de vertente já verificados no território, com recurso a análise de fotografia aérea e ortofotomapas, devidamente validada com trabalho de campo; (ii) identificação e cartografia dos factores de pré-disposição (condicionantes) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos (e.g., declive, exposição e curvatura das vertentes, litologia, geomorfologia, solos; uso do solo, etc); e (iii) interpretação dos factores com recurso a modelos de relação espacial.

(ii) Os modelos a utilizar para a predição das áreas susceptíveis à ocorrência de movimentos de vertente devem ser: (i) determinísticos (baseados em leis físicas e mecânicas, como a conservação da massa e energia ou o equilíbrio das forças), (ii)

heurísticos de base empírica (baseados na atribuição de *scores* a um conjunto de factores de instabilidade passíveis de representação cartográfica), ou (iii) estatísticos (baseados em funções paramétricas empíricas que correlacionam espacialmente os movimentos de vertente passados e presentes com os factores que condicionam a instabilidade).

A qualidade dos modelos de delimitação das áreas de instabilidade de vertentes deve ser demonstrada pela aplicação de procedimentos de validação (e.g., taxa de sucesso).

(iii) Devem integrar a REN as vertentes classificadas como mais susceptíveis, independentemente do modelo utilizado na avaliação. A área a integrar na REN deve ser a suficiente para garantir a inclusão de uma fracção nunca inferior a 70% das áreas identificadas como instabilizadas.

IV - SÍNTESE DA REN REGIONAL DO OVT

1. Metodologia adoptada

O mapa síntese da REN regional do Oeste e Vale do Tejo, na escala 1:250 000, (Anexo 7) foi obtido a partir da junção das diferentes componentes da REN, discriminadas nos vários pontos constituintes deste trabalho (segundo o DL n.º 166/2008) e cartografadas nos Anexos 1 a 6. Dada a multiplicidade de componentes representadas e, nalguns casos, da sobreposição de várias delas na mesma área, e a fim de evitar uma representação cartográfica de difícil leitura, a construção do mapa síntese seguiu a seguinte metodologia, em ambiente SIG:

(i) as componentes lineares da REN (como os cursos de água, por exemplo) sobrepõem-se às componentes areais (como as áreas de protecção e recarga de aquíferos, por exemplo);

(ii) nos casos em que se sobrepõem componentes da REN lineares (como por exemplo, os cursos de água e respectivos leitos e os troços fluviais afectados por cheias) privilegiou-se a componente do risco, o mesmo se aplicando às componentes areais (ZAC do Tejo e área estratégica de protecção e recarga do aquífero aluvionar do Tejo, por exemplo);

(iii) nos casos em que se sobrepõem componentes de risco areais (como por exemplo, áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo e de instabilidade de vertentes) privilegiou-se o risco mais mortífero (neste caso, a instabilidade de vertentes);

(iv) dada a exiguidade da escala do mapa síntese, as componentes da REN pertencentes às áreas de protecção do litoral foram representadas com os respectivos limites mas com a mesma cor;

(v) Resumindo, a sobreposição dos vários níveis de informação, no mapa síntese, obedeceu à seguinte ordem de representação cartográfica:

1.º limites administrativos (limite regional do OVT e limites concelhios) e sedes de concelho;

2.º zonas ameaçadas pelo mar (ZAM) e pelas cheias (ZAC);

3.º cursos de água, albufeira (Castelo do Bode) e respectiva faixa de protecção;

4.º áreas de instabilidade de vertentes;

5.º áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo;

6.º áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos;

7.º áreas de protecção do litoral.

2. Definição da REN bruta regional

A área emersa da região do Oeste e Vale do Tejo atinge cerca de 8801 km². Considerando a sobreposição das componentes da REN regional, apenas em território emerso, verifica-se que as áreas de REN atingem 57% do território do OVT (Anexo 7). De todas as componentes da REN regional distinguem-se, pela sua importância territorial, as “Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga de Aquíferos” que abrangem, como já foi referido, 38% do território regional (Fig. 16). Esta situação era expectável, uma vez que o OVT possui uma grande parte dos extensos sistemas aquíferos da Bacia Sedimentar do Tejo, de importância estratégica não só nacional, mas também ibérica, pelas importantes reservas de água subterrânea que encerram. Além disso, o OVT possui igualmente vários sistemas aquíferos da Orla Sedimentar Ocidental, de importância estratégica regional.

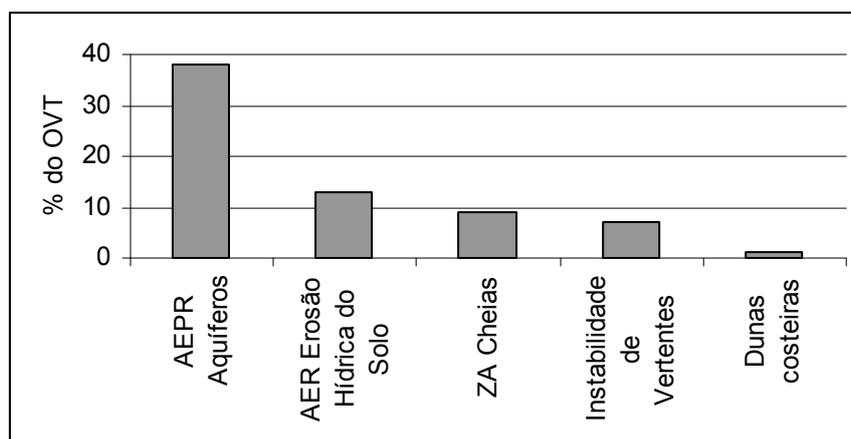


Fig. 16 – Componentes da REN regional mais importantes, pela extensão que ocupam, do Oeste e Vale do Tejo.

A seguir às “Áreas Estratégicas de Protecção e Recarga de Aquíferos” seguem-se, pela área que ocupam (Fig. 16), as áreas de “elevado risco de erosão hídrica do solo”, com 13% do território do OVT; as zonas ameaçadas por cheias (ZAC), com 9%; e as áreas de instabilidade de vertentes (que se sobrepõem em grande parte às de elevado risco de erosão hídrica do solo) com 7%. No contexto regional, além destas últimas, salientam-se as áreas do fundo dos vales do Tejo e principais afluentes, por serem simultaneamente ZAC e áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos (8% do território regional).

Das “Áreas de protecção do litoral” pertencentes à REN destacam-se, pela área ocupada, as dunas costeiras (Fig. 16).

A gestão das áreas de REN, através da utilização dos sistemas de informação geográfica, é muito facilitada, uma vez que facilmente se sabe quantas e quais são as componentes da REN que se sobrepõem, em cada unidade de área (célula). Naturalmente que, quantas mais componentes da REN se sobrepuserem, maior é o desafio da sua gestão estratégica. Uma vez que a REN tem a dupla função de proteger recursos e minimizar riscos naturais, o quadro de referência regional do OVT, que agora se apresenta, permite fazer a gestão integrada das várias componentes da REN, entre os diversos municípios, aplicando os princípios da coordenação, harmonização e continuidade espacial, referidos na Introdução a este trabalho.

Bibliografia

- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J., Petty, R. & Hackett, G. (1987) - *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory. E.P.A..Ada, Oklahoma, USA.
- Almeida, C.; Mendonça, J.J.L.; Jesus, M.R. & Gomes, A.J. (2000) - *Sistemas aquíferos de Portugal Continental*. Centro de Geologia da Fac. Ciências Univ. Lisboa, Instituto da Água, vol. II e III.
- Alves, C.; Ribeiro, R.; Fernandes, M.; Dias, M.; Cardoso, H.; Capinha, C.; Santos, C.; Duarte, S.; Batista, C. (2006) - *Área de Paisagem Protegida de Âmbito Regional da Lagoa de Óbidos*. Dossier de candidatura à classificação. Policopiado.
- Azevedo, T. M.; Martins, J. M. B. & Ubaldo, M. L. (1994) - *Interpretação do estudo microfaunístico de dados de sondagem relativos ao limite Oligocénico/Miocénico no sinclinal de Albufeira (a sul de Lisboa)*. Actas II Congr. Gr. Esp. Terciário, Univ. Zaragoza, pp. 47-50.
- Barbosa, B. P. (1995) - *Alostratigrafia e Litostratigrafia das Unidades Continentais da Bacia Terciária do Baixo Tejo*. Relações com o Eustatismo e a Tectónica, PhD -Thesis Univ. Lisbon. 253 pp.
- Cabral, J. (1995) - Neotectónica em Portugal Continental. *Memórias do Instituto Geológico e Mineiro*, Memória 31, Lisbon, 265 pp.
- Cabral, J.; Moniz, C.; Terrinha, P.; Matias, L.; & Ribeiro, P. (2000) - *Analysis of seismic reflection profiles in the neotectonic characterization of the Lower Tagus Valley area*. XXVII General Assembly of the European Seismological Commission, Lisbon University, 10-15 September 2000, Book of Abstracts and Papers, SSC1-07-P, 72.
- Cardoso, J. V. C (1965) – *Os solos de Portugal, sua classificação, caracterização e génese – a Sul do rio Tejo*, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.
- Carvalho, A. M. G; Ribeiro, A. & Cabral, J. (1983-85) - Evolução paleogeográfica da bacia cenozóica do Tejo-Sado, *Bol. Soc. Geol. Portugal*, XXIV, pp. 209-212.
- CCDR-LVT (2009) - “*Reserva Ecológica Nacional. Documento de apoio à delimitação. Fichas técnicas por tipologia de área (Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto)*”, Comissão de Coordenação Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Janeiro 2009, Lisboa.
- Costa, M., Silva, R. & Vitorino, J. (2001) – *Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima da costa portuguesa*. 2^{as}. Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária. Associação Internacional de Navegação. Sines. CD-ROM. 20p.
- Cowell, P. J., Hanslow, D. J. & Meleo, J. F. (1999) -*The Shoreface*. In Short, A. D. (Ed.) *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex. 379p.
- Cunha, P. M. R. R. P. (1992) - *Estratigrafia e Sedimentologia dos Depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a leste de Coimbra*. Dissertação de doutoramento, Univ. de Coimbra, 262p.

GESTÁGUA (1996) - *Plano director de desenvolvimento do sistema de abastecimento da EPAL - Avaliação das disponibilidades - Origens subterrâneas*. Consórcio PROCESL, Compagnie Generale de Eaux Portugal, Profabril. Lisboa.

Hallermeier, R. (1981). *Seaward Limit of Significant Sand Transport by Waves: An Annual Zonation for Seasonal Profiles*. Coast. Eng. Tec. Aid (81-2). CERC. Virginia. 23p.

Hesp, P. & Hilton, M. J. (1996) - *Nearshore-Surfshore System Limits and the Impacts of Sand Extraction*. Journal of Coastal Research, 12 (3), pp 726-747. Fort Lauderdale (Florida), ISSN 0749-0208.

IHERA (1999) – *Notícia explicativa da Carta de Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo*, Direcção de Serviços dos Recursos Hídricos e Aproveitamentos Hidroagrícolas, Divisão de Solos, Lisboa, 28 p.

Jäger, S. (1994) – *Modelling Regional Soil Erosion Susceptibility using the Universal Soil Loss Equation and GIS*, in Rickson, R. J. (Ed.) *Conserving Soil Resources. European Perspectives*, CAB International, pp. 161-177.

Kirkby, M. J. e Jones, R. I. A. et al. (2004) – *Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: the PESERA Map*, European Soil Bureau – Research Report n.º 16, European Commission.

Kraus, N.C., Larson, M. & Wise, R. (1998) – *Depth of closure in Beach – Fill Design*. Coastal Engineering Technical Note (CETN II-40; 3/98). U.S army Engineer Waterways Experiment Station. 13p.

Kullberg, M. C.; Kullberg, J. C. & Terrinha, P. (2000) - *Tectónica da Cadeia da Arrábida*. In: *Tectónica das regiões de Sintra e, Arrábida, Mem. Geociências, Museu Nac. Hist. Nat. Univ. Lisboa*, 2, pp. 35-84.

MAOT (2002) - *Plano Nacional da Água – Volumes I e II*. Ministério do Ambiente e ordenamento do Território, Lisboa

Mendonça, J.J.L. (1996) – *Características hidráulicas do aquífero terciário do Tejo e do Sado na região de Vila Franca de Xira*. *Recursos Hídricos*, n.º 17, pp. 53-66.

Monturiol, F. e colaboradores (1978) – *Cartografia edafológica y capacidad de uso de los suelos de la franja costera de la provincia de Santander*. CDIS, Santander, y CDIS, Madrid.

Oliveira, M.M. (2004) – *Recarga de águas subterrâneas – métodos de avaliação*. Tese de Doutoramento, FCUL, 440p.

Pimenta, M. T. (1998) – *Caracterização da erodibilidade dos solos a Sul do rio Tejo*, Instituto Nacional da Água (INAG), Lisboa.

Pimenta, M. T. (1999) – *Directrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda do Solo, Factor de Cultura C e Factor de Erodibilidade do Solo K*, Instituto Nacional da Água (INAG), Lisboa.

PNUD (1980) - *Étude ses eaux souterraines de la péninsule de Setúbal (système aquifère Mio-Pliocène du Tejo et du Sado)*. Rapport final sur les résultats du project, conclusions et recommandations. Programme des Nations Unies pour le Developpement, Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Lisboa.

Presant, E.W.; Acton, C.J. (1984) - *The Soils of the Regional Municipality of Haldimand-Norfolk*. Report No. 57, Ontario Institute of Pedology.

Ramos, C. & Reis, E. (2001) - "As Cheias no Sul de Portugal em Diferentes Tipos de Bacias Hidrográficas", *Finisterra, Revista Portuguesa de Geografia*, XXXVI, 71, Centro de Estudos Geográficos, U.L., p. 61-82.

Ramos-Pereira, A. & Angelucci, D.E. (2004) – Formações dunares no litoral português, do final do Plistocénico e inícios do Holocénico, como indicadores paleoclimáticos e paleogeográficos. In Tavares, A. A.; Tavares, M.J. Ferro. & Cardoso, J.L. (Eds.) – *Evolução geohistórica do litoral português e fenómenos correlativos. Geologia, História, Arqueologia e Climatologia*. Universidade Aberta, p. 221-256.
<http://www.ceg.ul.pt/cardune>

Rasmussen, E. S.; Lomholt, S.; Andersen, C. & Vejbæk, O. V. (1998) - Aspects of the structural evolution of the Lusitanian Basin in Portugal and the shelf and slope area offshore Portugal. *Tectonophysics*, 300, pp.199-225.

Ribeiro, A.; Antunes, M.T.; Ferreira, M.P.; Rocha, P.B.; Soares, A.F.; Zbyszewski, G.; Almeida, F. Moitinho de; Carvalho, D. & Monteiro, J.H. (1979) - *Introduction à la Géologie Générale du Portugal*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 114 pp.

Ribeiro, P.; Moniz, C. & Cabral, J. (2000) - *Study of active structures in the Lower Tagus Valley through satellite imagery analysis*. XXVII General Assembly of the of the European Seismological Commission (ESC), Lisbon University, 10-15 September 2000, Book of Abstracts and Papers, SSC1-07-P, 71.

Rushton, K.R. (2003) – *Groundwater hydrology – conceptual and computational models*. Willey, 416 p.

Sidle, R.; Pearce, A.; O'Loughlin, C. (1985) – *Hillslope Stability and Land Use*. American Geophysical Union, Water Resources Monograph 11, 140 p.

Simmers, I. (1990) – *Aridity, ground water recharge and water resources management*. In Groundwater recharge, a guide to understanding natural recharge - Lerner, D.N., Issar, A.S., Simmers, I (Coord). IAH, Vol. 8, pp. 1-20.

Simões, M.M.M. (1998) – *Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do Cenozóico na Bacia do Baixo Tejo*. Tese de Doutoramento. Universidade Nova de Lisboa.

Teixeira, S. B. (1994) – *Dinâmica Morfossedimentar da Ria de Aveiro – Portugal*. Dissertação de Doutoramento. Departamento de Geologia da FCUL. 395p

Vermeulen, H., Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M.M. (1993) - *A method for estimating aquifer recharge in DRASTIC vulnerability mapping*. In "Desenvolvimento se um inventário das águas subterrâneas de Portugal " Vol- 1, pp. 283-305.
Cabral.

Wischmeier, W. H & Smith, D. D. (1978) – *Predicting Rainfall Erosion Losses - a guide to conservation planning*, Agriculture Handbook n.º 537, Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture.