



Na sua resposta indique
sempre a nossa referência

Sua Referência

Sua comunicação de

Nossa referência
382-DSOT/2017

Processo

**ASSUNTO: RELATÓRIO DE APRECIÇÃO DA PROPOSTA DE DELIMITAÇÃO DA RESERVA
ECOLÓGICA NACIONAL PARA O MUNICÍPIO DE MARVÃO**

No sentido de dar cumprimento ao Despacho nº 3402/2017, de 21 de Abril, da Sra. Secretária de Estado do Ordenamento do Território e Conservação da Natureza, remetem-se para apreciação pela Comissão Nacional do Território os seguintes elementos em anexo ao presente ofício:

- Cartografia com a proposta de delimitação da Reserva Ecológica Nacional para o município de Marvão;
- A Memória Descritiva e Justificativa que acompanha a cartografia referida em 1;
- Cópia da acta da conferência de serviços relativa à apreciação da proposta de delimitação da REN e cópia da acta da última reunião plenária da Comissão de Acompanhamento da revisão do PDM de Marvão
- Relatório de apreciação da proposta de delimitação da REN para o município de Marvão que respeita à análise da coerência da nova delimitação perante as características geofísicas e o contexto biogeográfico do território, em articulação com o conteúdo do actual regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional e dos critérios para a sua delimitação e o disposto nas orientações estratégicas de âmbito nacional e regional constantes da RCM nº 81/2012, de 3 de Outubro, na redacção da Declaração de Rectificação nº 71/2012, de 30 de Novembro.

Com os melhores cumprimentos

A Directora de Serviços
(com competência delegada pelo
Despacho nº 1-VPR/2017 de 30 Março)

Fátima Bacharel

Anexo: documentos referidos no texto

Sede

Av. Eng. Arantes e Oliveira, 193
7004-514 ÉVORA
Telef. +351 266 740 300
Fax. +351 266 706 562
E-mail: expediente@ccdr-a.gov.pt
www.ccdr-a.gov.pt

Serviço Sub-Regional de Beja
Avenida Miguel Fernandes, nº 37
7800-396 BEJA
Telef. +351 284 313 610
Fax. +351 284 313 619

Serviço Sub-Regional de Portalegre
Av. Pio XII, Lote 5-3º
7300-073 PORTALEGRE
Telef. +351 245 339 740
Fax. +351 245 308 317

Serviço Sub-Regional do Litoral
Bairro Azil, Parcela 1º Meio,
Colectiva A6 - 1º andar, Apartado 85
7500-999 VILA NOVA DE SANTO ANDRÉ
Telef. +351 269 759 150
Fax. +351 269 759 156

Exma. Sra.
Presidente da CNT – Direcção Geral
do Território
Rua Artilharia Um, 107
1099-052 Lisboa

DGT
E-DGT/2017/3336
01-06-2017

02.06.2017

**CONFERÊNCIA DE SERVIÇOS
ACTA**

DELIMITAÇÃO DA RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL DO CONCELHO DE MARVÃO

Aos seis dias do mês de Maio de 2016, realizou-se, na Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR Alentejo), a Conferência de Serviços relativa à proposta de delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN) do concelho de Marvão.

A proposta apresentada da delimitação da REN, com o procedimento previsto no artigo 15º do Decreto-Lei 166/2008 de 22 de Agosto, na actual redacção do Decreto-Lei nº 239/2012, de 2 de Novembro, enquadra-se nos trabalhos de revisão do Plano Director Municipal de Marvão e fundamenta-se na publicação das orientações estratégicas de âmbito nacional e regional, constantes da Resolução de Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro com a Declaração de Rectificação nº 71/2012, de 30 de Novembro

Nos termos do estabelecido no Artigo 16º do Decreto-Lei nº 166/2008, de 22 de Agosto, na redacção do Decreto-Lei nº 239/2012 de 2 de Novembro e de acordo com o nº 1, do artigo 11º do diploma referido, foram convocados os representantes das seguintes entidades:

- Agência Portuguesa do Ambiente, IP/ARH Tejo (APA, IP)
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR Alentejo)
- Câmara Municipal de Marvão

PARECERES DAS ENTIDADES

Agência Portuguesa do Ambiente, IP – ARH Tejo

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo

Da proposta submetida a apreciação constam os seguintes elementos:

- Cartografia digital com a identificação de áreas a excluir da proposta (não recebida pela ARH Tejo, em tempo útil),
- Cartografia digital com a delimitação dos perímetros urbanos e aglomerados rurais da planta de Ordenamento que resulta da proposta, em curso, de revisão do Plano Director Municipal de Marvão (não recebida pela ARH Tejo, em tempo útil).

A REN actual do concelho de Marvão, publicada pela RCM nº 19/97, DR nº 33, I Série B, 08-02-1997, foi delimitada ao abrigo do regime jurídico vigente à data da publicação, ou seja, o Decreto-Lei nº 93/90, de 19 de Março. A delimitação abrange os seguintes sistemas:

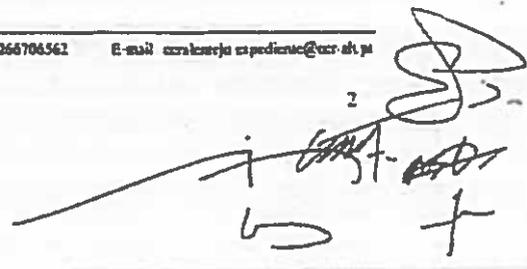
*cursos de água e respectivos leitos e margens,
 albufeiras e respectivas faixas de protecção,
 zonas ameaçadas pelas chelas,
 cabeceiras de linhas de água,
 áreas de máxima infiltração
 áreas com risco de erosão.*

A presente proposta decorre do procedimento de revisão do Plano Director Municipal e é função da revisão da estratégia de ordenamento aprovada em sede de Comissão de Acompanhamento do referido plano e de acertos cartográficos.

No concelho de Marvão, de acordo com a proposta apresentada, observa-se a ocorrência dos sistemas que constam do Quadro 1.

Quadro 1 - Tipologia de áreas integradas em REN no concelho de Marvão

Classe	Tipologia
Áreas Relevantes para a Sustentabilidade do Ciclo Hidrológico Terrestre	Cursos de água e respectivos leitos e margens
	Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respectivos leitos margens e faixas de protecção
	Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos
Áreas de Prevenção de Riscos Naturais	Zonas ameaçadas pelas chelas não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos
	Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo
	Áreas de instabilidade de vertentes

2


A presente proposta teve, no decurso da aplicação dos critérios e metodologia e de desenvolvimento dos modelos a aplicar o acompanhamento da CCDR Alentejo e da APA, IP – ARH Tejo e deverá ficar demonstrado, na respectiva memória descritiva e justificativa, que é o resultado de uma aplicação criteriosa e devidamente ponderada das orientações estratégicas constantes da Resolução de Conselho de Ministros nº 81/2012, de 3 de Outubro com a Declaração de Rectificação nº 71/2012, de 30 de Novembro.

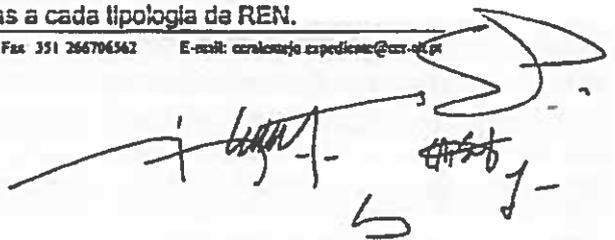
São propostas áreas a excluir da delimitação da REN que correspondem a áreas no interior de perímetros urbanos que se traduzem na identificação de conflitos entre o ordenamento proposto e a restrição de utilidade pública que a REN consubstancia ou outras situações, fora de perímetros urbanos, onde o uso ou a ocupação existente ou previstos não são compatíveis com os permitidos pela REN. Considera-se que estas exclusões não afectam a coerência global da delimitação desta servidão no concelho e constituem casos pontuais de reduzida expressão no que diz respeito à afectação da susceptibilidade da estrutura biofísica que a REN representa.

Nas exclusões podem ser incluídas áreas no interior de perímetros urbanos, dos aglomerados rurais ou de áreas de edificação dispersa, que integram o sistema de "Zonas ameaçadas pelas cheias", ficando estas devidamente salvaguardadas por regras específicas a incorporar no regulamento do Plano Director Municipal e assumindo a designação de zonas inundáveis.

Deverá ainda a Câmara Municipal proceder às seguintes correcções:

- as áreas com a denominação de "aluviões" na cartografia da REN não integram uma das tipologias de sistemas de REN contempladas pelo actual regime jurídico, pelo que não devem constar da delimitação desta condicionante;
- a cartografia final deve apresentar manchas coesas e com expressão territorial, ou seja, deverá ser considerada a seguinte metodologia para a delimitação dos polígonos de REN: i) polígonos da mesma tipologia com distância entre eles inferior a 25 m devem ser agrupados; ii) polígonos isolados com dimensão inferior a 1ha não devem constar da cartografia final; iii) as áreas mínimas de vazio, a considerar dentro de cada polígono, devem ser iguais ou superiores a 1ha.
- a metodologia considerada no ponto anterior deve ser também aplicada nas áreas de sobreposição de sistemas de REN,
- os procedimentos aqui descritos deverão constar da memória descritiva e justificativa,

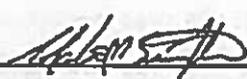
bem como a expressão do cálculo das áreas afectas a cada tipologia de REN.



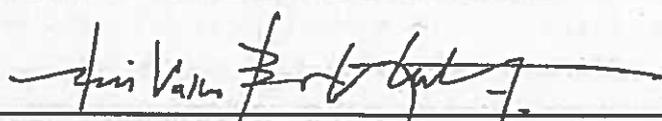
CONCLUSÃO

Consideram as entidades presentes que a proposta de delimitação da REN de Marvão estará em condições de ser submetida a aprovação em sede de comissão de acompanhamento do processo de revisão do PDM, após a Câmara Municipal de Marvão proceder às alterações, esclarecimentos e correcções que constam da presente acta.

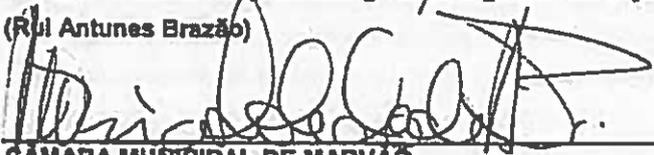
Évora, 06 de Maio de 2016


Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo
(Lília Fidalgo, Colatino Simplicio, José Pinto Leite)



APA, IP – Administração da Região Hidrográfica do Tejo
(Rui Antunes Brazão)



CÂMARA MUNICIPAL DE MARVÃO
(Soledade Almeida Pires)

ACTA DA 3ª E ÚLTIMA REUNIÃO PLENÁRIA DA COMISSÃO DE ACOMPANHAMENTO DO PDM DE MARVÃO

Decorreu no dia 22 de Julho 2016, pelas 11h, nas instalações da CCDR Alentejo em Évora, a 3ª e última reunião plenária da comissão de acompanhamento da revisão do PDM, com as presenças da folha em anexo, estabelecida que foi a articulação sectorial necessária por via da transposição dos planos especiais de ordenamento do território para o PDM de Marvão.

Tendo em conta as fases anteriores, os elementos em apreciação, disponibilizados no site da Câmara Municipal, a partir de 15 de Julho são:

- **Planta de ordenamento**
- **Planta de condicionantes**
- **Regulamento**
- **Relatório Ambiental**, incluindo capítulo sobre a conformidade da transposição do PSRN2000 e o POPNSSM.

A aprovação da REN nesta última reunião da Comissão de Acompanhamento ocorre na sequência do cumprimento das observações da CCDR Alentejo e APA/ARHTO constantes da acta da conferência de serviços realizada para o efeito em 6 de Maio 2016, dando resposta às observações feitas, nomeadamente relativas a:

- **Continuidade das linhas de água** – Como o prolongamento anterior foi efectuado com base no modelo digital de elevações ocorriam algumas descontinuidades face à hidrografia oficial. Assim foram eliminada essa linhas e substituídas por troços da referida cartografia oficial.
 - **Faixas de protecção às linhas de água** – Foram recalculadas as faixas de protecção com base nos critérios em vigor;
 - **Aluviões** – Foi eliminada a tipologia aluviões tal como solicitado. Esta informação, tal como as outras tipologias já se encontrava separada pelo que poderia ter sido facilmente eliminada por vós;
 - **Compacidade e generalização** – Foi verificada a compacidade de todas as tipologias, como pode ser verificado pelo campo "AREA" presente em todas elas com valores calculados em hectares. Foram também eliminados polígonos vazios inclusos nas tipologias classificadas e verificada a não existência de polígonos a menos de 25 metros.
- Foi ainda novamente elaborada a união de todas as tipologias com inclusão de código concatenado.

Com as alterações respeitantes à eliminação de áreas integradas em perímetros urbanos obteve-se a REN constante da planta de condicionantes.

Foi feita uma breve introdução pelo Sr. Presidente da Câmara Municipal sobre a importância da conclusão da revisão do PDM para o futuro do concelho, que sem a possibilidade de promover, de forma equilibrada, actividades que criem emprego e alguma dinâmica económica, correrá fortes riscos de perdas de população ainda mais acentuadas.

A CCDR reiterou que caso não haja necessidade de concertação, emitirá o Parecer final previsto no artigo 85º do RJIGT, sendo este processo a submeter pela Câmara Municipal a Ratificação Governamental nos termos do artigo 91º daquele regime jurídico, por conter disposições desconformes com o Plano de Ordenamento do Parque Natural da Serra de S.Mamede, nomeadamente no que respeita ao Espaço de Ocupação Turística previamente articulado com o ICNF, entidade que tutela aquele plano especial de ordenamento do território.

Da abordagem à sócio-economia:

As recomendações anteriores relativas à sócio economia devem ser reflectidas no Relatório do Plano, documento que “tem por objecto a apresentação das principais ilações decorrentes do diagnóstico efectuado ao território do município apresentados nos diversos estudos de caracterização e sobre os quais se determinou a estratégia e modelo de desenvolvimento e foram estabelecidos os objectivos estratégicos de para o horizonte temporal do processo de revisão do Plano Director Municipal (PDM) de Marvão”.

Assim, reitera-se a sua relevância para a sustentação da estratégia, nomeadamente nos seguintes aspectos:

- Articulação com as estratégias regionais/sectoriais ou nacionais para cada um dos descritores, por exemplo com o PETI 3+, a Estratégia Integrada de Desenvolvimento Territorial do Alto Alentejo, o Turismo 2020 e o Documento Estratégico Turismo do Alentejo 2014 – 2020 - Visão, Prioridades Estratégicas e Eixos de Intervenção.
- Elaboração de projecções demográficas, ao nível concelhio, sustentadas em diferentes cenários de evolução, das variáveis demográficas e essencialmente das variações no âmbito do contexto socioeconómico concelhio e da sua envolvente externa.
- Fundamentação para as propostas sobre Infraestruturas de Apoio à Actividade Económica e o sistema de acessibilidades e transportes (no Relatório é apresentada a pretensão para desenvolver uma plataforma de conectividade internacional, consubstanciada na criação de um aeródromo).
- Análise dos fluxos (movimentos pendulares) em função das deslocações casa/trabalho e casa/estudo ao nível local, regional e nacional em ligação com a estrutura rodoviária e transportes públicos e escolares.

Da delimitação da REN:

Considerando-se que foi dada resposta às observações feitas à delimitação da REN ao abrigo das Orientações Estratégicas de âmbito nacional e regional constantes da RCM 81/2012 de 22 de Agosto, com a Declaração de Rectificação 71/2012 de 30 de Novembro, constantes acta da conferência de serviços realizada para o efeito em 6 de Maio 2016, aprova-se a respectiva proposta apresentada.

O modelo de organização territorial que suporta a estratégia de desenvolvimento municipal, tem em conta orientações específicas sectoriais, tal como os regimes jurídicos associados às servidões e restrições de utilidade pública que constam da planta de condicionantes.

Verifica-se a conformidade com o Plano Regional de Ordenamento do Território do Alentejo, já objecto de alteração por adaptação na versão do PDM que agora é revisto.

Verifica-se a conformidade com o Plano Sectorial da Rede Natura 2000, constante de capítulo próprio do Relatório do Plano, que inclui igualmente abordagem sobre a transposição do conteúdo do Plano de Ordenamento do parque Natural da Serra de S.Mamede.

Assim, a proposta de revisão do Plano Director Municipal de Marvão cumpre o conjunto normativo e regulamentar aplicável, designadamente à transposição do conteúdo dos planos especiais de ordenamento do território directamente vinculativas dos particulares e inerentes ao âmbito do PDM, previstas na Lei n.º 31/2014, de 30 de Maio – Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e urbanismo, tal como as regras relativas à classificação de solos constantes do DR n.º 15/15 de 19 de Agosto.

Relatório Ambiental

Considera-se que o relatório apresentado explícita e fundamenta, adequadamente, a forma como decorreu o processo de avaliação ambiental estratégica da revisão do plano.

O relatório ambiental analisa e enquadra o contexto de revisão do Plano Director Municipal e estabelece os objectivos gerais e as questões estratégicas que ponderaram o diagnóstico e a avaliação do plano em vigor. Estes objectivos são concretizados num conjunto de vectores de intervenção que concretizam a estratégia definida para o Plano, com especial referência para o modelo de ordenamento urbano, o planeamento da ocupação do solo e a salvaguarda e a valorização do património natural e cultural.

O relatório ambiental inclui a informação do relatório de definição de âmbito, nomeadamente, os critérios de identificação e caracterização dos FCD e a sua articulação com as questões ambientais e de sustentabilidade, bem como a sua coerência com vista a observar a concordância do proposto pelo PDM com os principais objectivos dos documentos que configuram o quadro de referência estratégica. A selecção do quadro de referência atende aos objectivos e ao diagnóstico do Plano. Identifica as referências com relevância para a AAE com o objectivo de avaliar a articulação e o nível de correlação dos objectivos prioritários do com as orientações estratégicas consubstanciadas no Quadro de Referência Estratégico.



São propostos sete factores críticos para a decisão, em coerência com as questões ambientais que decorrem do diploma da AAE e quadro de referência, para os quais são descritos os critérios de análise e os indicadores de avaliação. Estes factores consideram-se adequados e suficientes, de forma a aferir da sustentabilidade do plano em proposta

Embora o relatório refira apenas a ponderação de dois cenários, o acompanhamento do processo de revisão permite identificar que foram efectuadas reuniões várias onde se aferiram e ajustaram propostas, destinadas a articular e compatibilizar os objectivos sectoriais. Pelo que se considera que foram ponderados outros cenários possíveis no âmbito dos objectivos da revisão.

A avaliação dos FCD é descritiva e apresenta um resumo com recurso a análise SWOT, que conclui da adequação do PDM proposto às políticas que enquadram os princípios da sustentabilidade.

O Relatório propõe um programa de monitorização e seguimento que se afigura ajustado e suficiente.

Considera-se que o processo de avaliação ambiental da revisão do PDM de Marvão foi bem estruturado e a análise adequada ao contexto dos objectivos, no que se refere ao escrutínio da sustentabilidade das medidas propostas pelo mesmo. Em conclusão, a CCDR Alentejo emite parecer favorável ao relatório ambiental, nos termos do nº 5, do artigo 7º do Decreto-Lei nº 232/2007, de 15 de Junho.

Ruído

Existe apenas um aspecto que deverá ser alterado porquanto, a actual redacção da proposta de Regulamento contraria o disposto no n.º 2 do Artigo 11º do Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro. No RGR é referido: “ *... Os receptores sensíveis isolados não integrados em zonas classificadas, por estarem localizados fora dos perímetros urbanos, são equiparados, em função dos usos existentes na sua proximidade, a zonas sensíveis ou mistas, para efeitos de aplicação dos correspondentes valores limite...*”, pelo que, o referido no n.º 2 do Artigo 11 do Regulamento deverá ser alterado em conformidade.

Os receptores sensíveis isolados não integrados em zonas classificadas, são equiparados, a zonas mistas, para efeitos de aplicação dos respectivos valores limite de exposição ao ruído.

Face ao exposto, considera-se que a proposta de revisão do PDM de Marvão se encontra em condições de ser submetida a Discussão Pública.

Deu-se em seguida a palavra a todas as entidades presentes:

Águas de Lisboa e Vale do Tejo – emite parecer favorável condicionado, apontando observações e correcções a constar na planta de condicionantes



(parecer em anexo). Pronuncia-se favoravelmente relativamente ao Relatório Ambiental.

ANACOM – emite parecer favorável à revisão do PDM de Marvão de acordo com o parecer em anexo.

ANPC – emite parecer favorável à proposta de revisão, apontado como necessária a correcção referente à designação para o plano Municipal de Emergência de Protecção Civil de Marvão aprovado em 28 de Abril de 2016 e à actualização da Directiva Operacional de 2007, conforme consta do parecer anexo.

APA/ARH Tejo – emite parecer favorável à revisão do PDM de Marvão. Deverá constar no artigo 5º o Aquífero da Escusa. Emite parecer favorável à delimitação da REN.

Câmara Municipal de Portalegre – emite parecer favorável à revisão do PDM de Marvão, atendendo à compatibilidade espacial entre o ordenamento e condicionantes no território de contiguidade entre os dois concelhos.

Centro Regional de Segurança Social de Portalegre – emite parecer favorável à revisão do PDM de Marvão.

Direcção Geral do Território – Emite parecer favorável condicionado às observações constantes da informação em anexo e que se prendem com os seguintes aspectos:

- nas plantas de condicionantes deverão figurar as cotas identificadoras da altimetria;
- o mapa de ruído, a planta de enquadramento, planta da situação existente e planta dos compromissos urbanísticos, assinalados com não entregues, constituem elementos complementares do PDM, pelo que integrarão os elementos finais a submeter a discussão pública.

Direcção Geral de Energia e Geologia – Emite parecer favorável condicionado, apontando a necessidade de representação de pedra existente licenciada pela CM em 1989, na planta de condicionantes e ordenamento, a ponderação referente à compatibilidade da exploração de recursos geológicos, nomeadamente de massas minerais (pedreiras) em Espaço da Rede Natura 2000 e a actualização da terminologia e a classificação utilizada para os estabelecimentos industriais (conforme parecer em anexo).

Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo – Emite parecer favorável à RAN “bruta” comunicado através do ofício 885/2016/DAI de 27.06.2016, bem como a RAN final constante da planta de condicionantes mediante os procedimentos de exclusão inerentes pelos particulares, previstos no regime jurídico específico. Emitiu o parecer que consta em anexo.

Direcção Regional de Cultura do Alentejo – emite parecer favorável à revisão do PDM de Marvão que respeita todas as condicionantes expressas por esta Direcção Regional ao longo da sua apreciação.

Instituto de Conservação da Natureza e Florestas – Emite parecer desfavorável de acordo com o parecer em anexo.

Fundamentando-se este parecer, entre outras questões de desconformidade que motivam a necessidade de recurso ao procedimento de ratificação governamental da revisão do PDM de Marvão, a não demonstração da conformidade com o Plano de Ordenamento do Parque Natural da Serra de S.Mamede, pelo que o ICNF enviará o exemplo de uma matriz tipo para complementar a apresentada.

A Acta da reunião sectorial de 28 de Junho de 2016 sobre as questões da compatibilidade/conformidade com os instrumentos de gestão territorial de conservação e salvaguarda de recursos naturais, nomeadamente do Plano de Ordenamento do Parque Natural da Serra de S.Mamede, consta em anexo por se considerar que as respectivas conclusões ultrapassam o que agora volta a ser invocado pelo ICNF.

Infraestruturas de Portugal - emite parecer favorável à revisão do PDM de Marvão que respeita todas as condicionantes expressas por esta entidade ao longo da sua apreciação. Emitiu o parecer que consta em anexo.

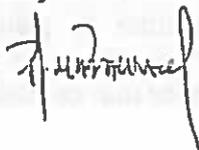
Instituto Português do Desporto e Juventude – não compareceu mas enviou o parecer em anexo.

Turismo de Portugal – emite parecer favorável à proposta de revisão do PDM, devendo ser atendidas as observações relativas ao regulamento constantes do parecer em anexo.

A Assembleia Municipal de Marvão, ARS Portalegre, Câmara Municipal de Castelo de Vide, Direcção Regional de Educação do Alentejo, Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana, Instituto da Mobilidade e Transportes, e VALNOR não compareceram nem enviaram qualquer parecer escrito.

Nada mais havendo a tratar encerrou-se a reunião, comprometendo-se as entidades que ainda não o fizeram a enviar o parecer por escrito, que constará como anexo desta acta. Os mesmos (a receber no prazo de 5 dias úteis) serão objecto de análise pela Câmara Municipal e equipa do plano previamente à abertura da discussão pública.

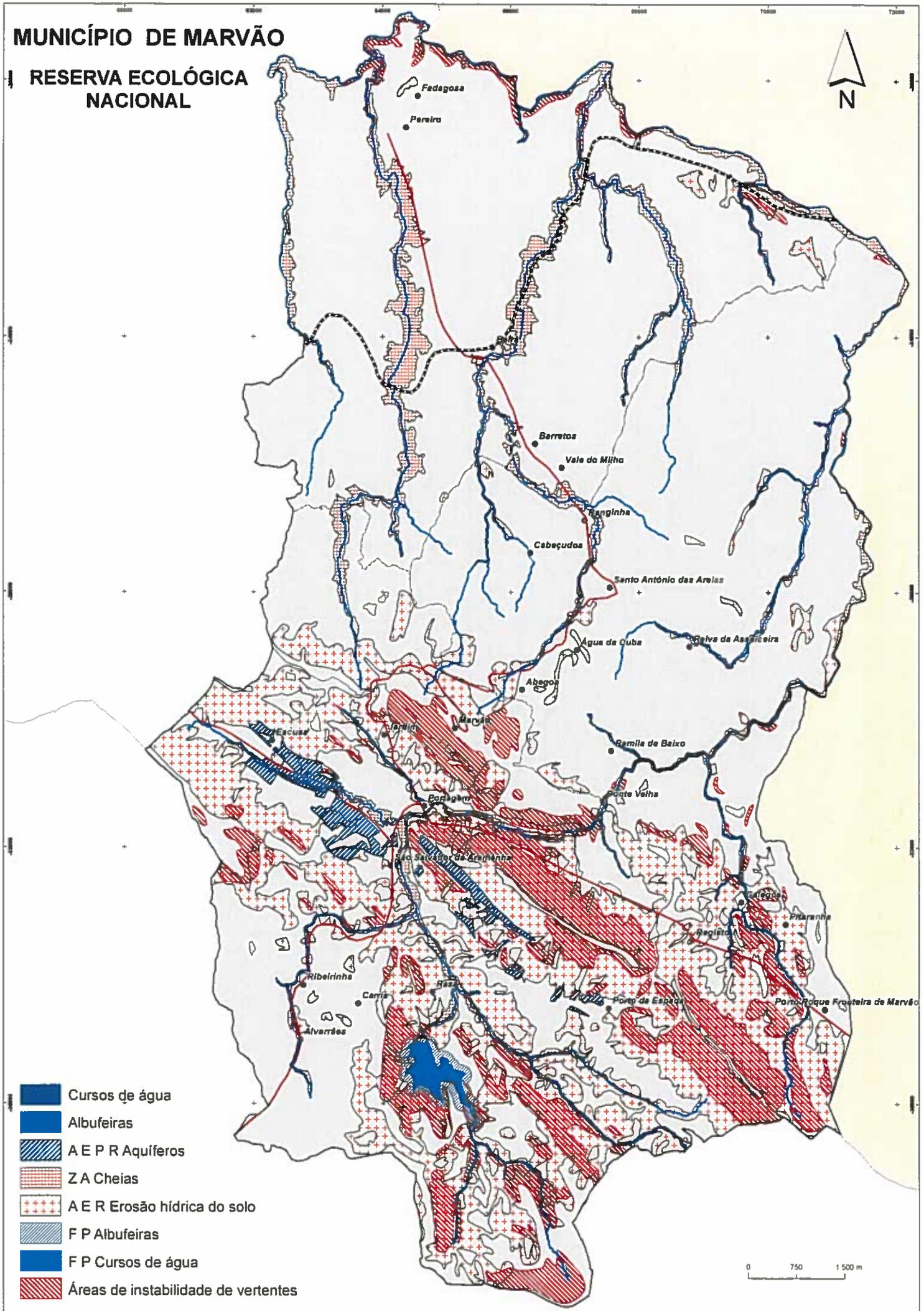
A Directora de Serviços de Ordenamento do Território



Fátima Bacharel

MUNICÍPIO DE MARVÃO

RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL



-  Cursos de água
-  Albufeiras
-  A E P R Aquíferos
-  Z A Cheias
-  A E R Erosão hídrica do solo
-  F P Albufeiras
-  F P Cursos de água
-  Áreas de instabilidade de vertentes

0 750 1 500 m

“Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão”

Equipa:

Nuno Sousa Neves

Nuno Gracinhas Guiomar

Isabel Joaquina Ramos

Silvia Faria



Mobnetics
Sistemas de Informação, Lda.

Maio de 2017

Índice

1. Enquadramento e objetivos do estudo	3
2. Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens	4
3. Carta de albufeiras e faixas de protecção	5
4. Carta de lagoas e lagos e respectivos leitos, margens e faixas de protecção	8
5. Carta de áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos	9
5.1. Metodologia para avaliação da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos	11
5.2. Resultados da aplicação do índice EPIK e integração das aluviões	13
6. Carta de zonas ameaçadas pelas cheias	15
6.1. Definição metodológica geral	16
6.2. Análise SWAMP (<i>Structural Water Accumulation Modelling Prediction</i>)	17
6.3. Resultados de aplicação do modelo	19
7. Carta de áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	20
7.1. Metodologia adotada para quantificação da perda de solo	21
7.1.1. Fator de erosividade da precipitação	22
7.1.2. Fator de erodibilidade do solo	23
7.1.3. Fator fisiográfico	24
7.1.4. Fator relativo ao coberto vegetal	25
7.1.5. Fator antrópico	26
7.1.6. Cálculo do risco de erosão	26
7.2. Resultados da aplicação do modelo	27
8. Carta de áreas de instabilidade de vertentes	30
8.1. Definições	30
8.2. Critérios de delimitação	33
8.3. Dados de base e processamento da informação	36
8.4. Resultados	36
9. Balanço de área classificada	38
10. Nota final	39
11. Referências bibliográficas	40

1. Enquadramento e objetivos do estudo

O relatório que se apresenta descreve as tarefas efetuadas no âmbito do cumprimento do contrato celebrado relativo à aquisição de serviços para “*Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão*”. O documento contém a descrição metodológica, os resultados obtidos e uma ilustração de um conjunto de elementos cartográficos (cujas bases informativas digitais constituem anexo a este documento):

- Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens;
- Carta de albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respetivos leitos, margens e faixas de protecção, no mínimo de 100m de largura;
- Carta de áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos;
- Carta de zonas ameaçadas pelas cheias;
- Carta de áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo;
- Carta de áreas de instabilidade de vertentes.

Os elementos cartográficos foram produzidos de acordo com o estabelecido na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, e Declaração de Retificação n.º 71/2012, de 30 de novembro, e em conformidade com os termos técnicos da proposta adjudicada. O estudo incidiu sobre a área do município de Marvão.

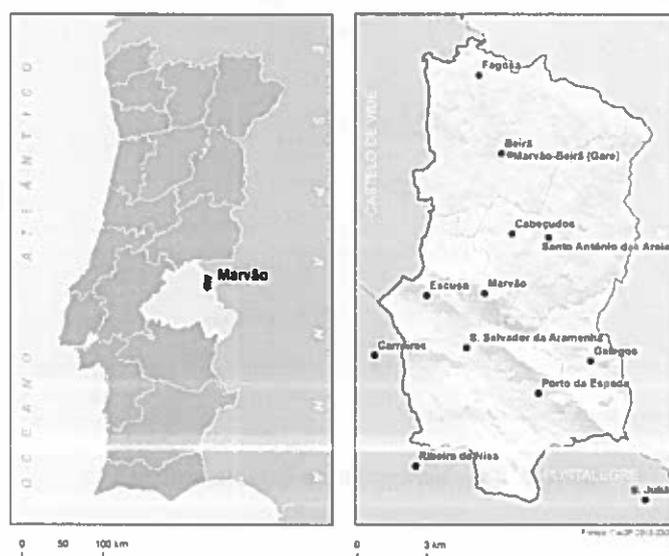


Figura 1. Área de estudo

2. Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens

A elaboração da Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens, seguiu as definições metodológicas constantes na normativa de referência, utilizando como base de classificação os atributos da informação cartográfica à escala 1:10.000 fornecida.

Na definição da rede hidrográfica foi tido em conta o princípio orientador do presente trabalho, em termos de continuidade e integração, pelo que foram identificados os cursos de água que, embora estando fora da área delimitada pelo Concelho de Marvão, contribuem para compreender o funcionamento do sistema em termos hidrológicos.

Em função da classificação dos cursos de água existentes no Concelho de Marvão, foi gerada uma faixa de protecção de 10 metros para o exterior da margem do curso de água, sempre que esta existia na cartografia disponível.

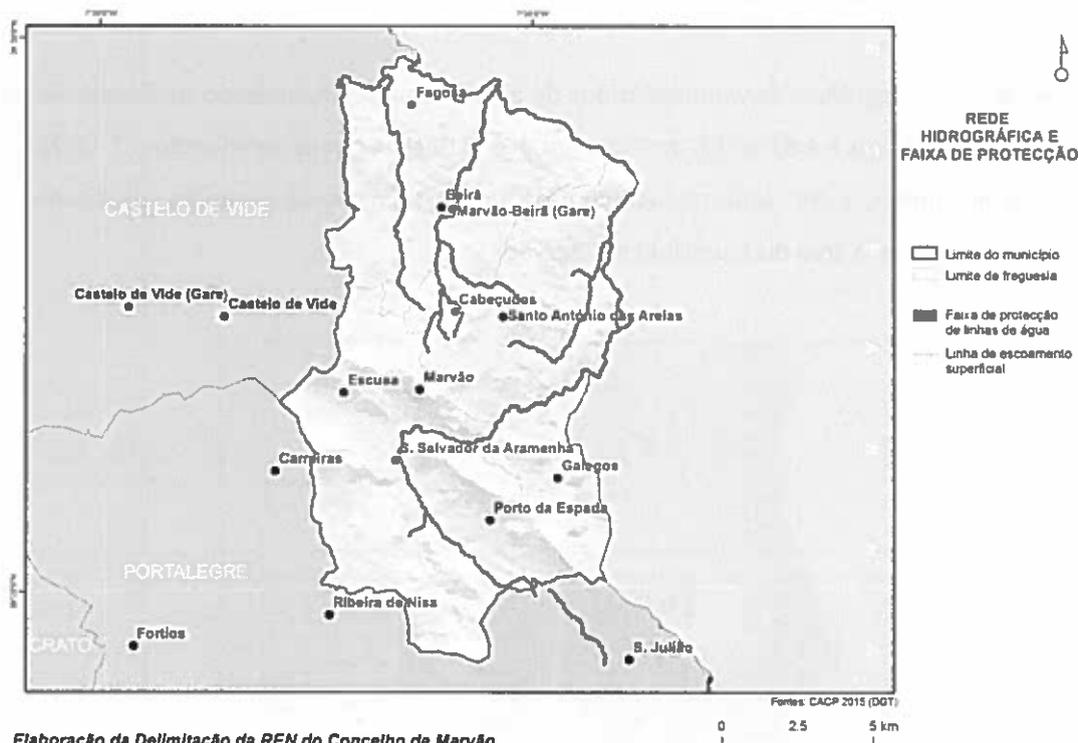


Figura 2. Rede hidrográfica e faixa de protecção

3. Carta de albufeiras e faixas de proteção

Segundo a DSF (1974) consideram-se albufeiras de serviço público, para efeitos de aplicação do Decreto-Lei 502/71, de 18 de novembro:

- As albufeiras cujas águas são ou se prevê que venham a ser utilizadas para o abastecimento de populações, mesmo que também sejam utilizadas para outros fins;
- As albufeiras cujas águas se destinam à rega, integradas em obras de fomento hidroagrícola ao abrigo das disposições da Lei 1949/37, de 15 de fevereiro e do Decreto-Lei 42665/59, de 20 de novembro;
- As albufeiras cujas águas se destinam à produção de energia em centrais hidroeléctricas de serviço público.

Para os efeitos referidos nos termos do Decreto-Lei 502/71, de 18 de novembro, o Decreto Regulamentar 2/88, de 20 janeiro, agrupa as albufeiras em quatro classes:

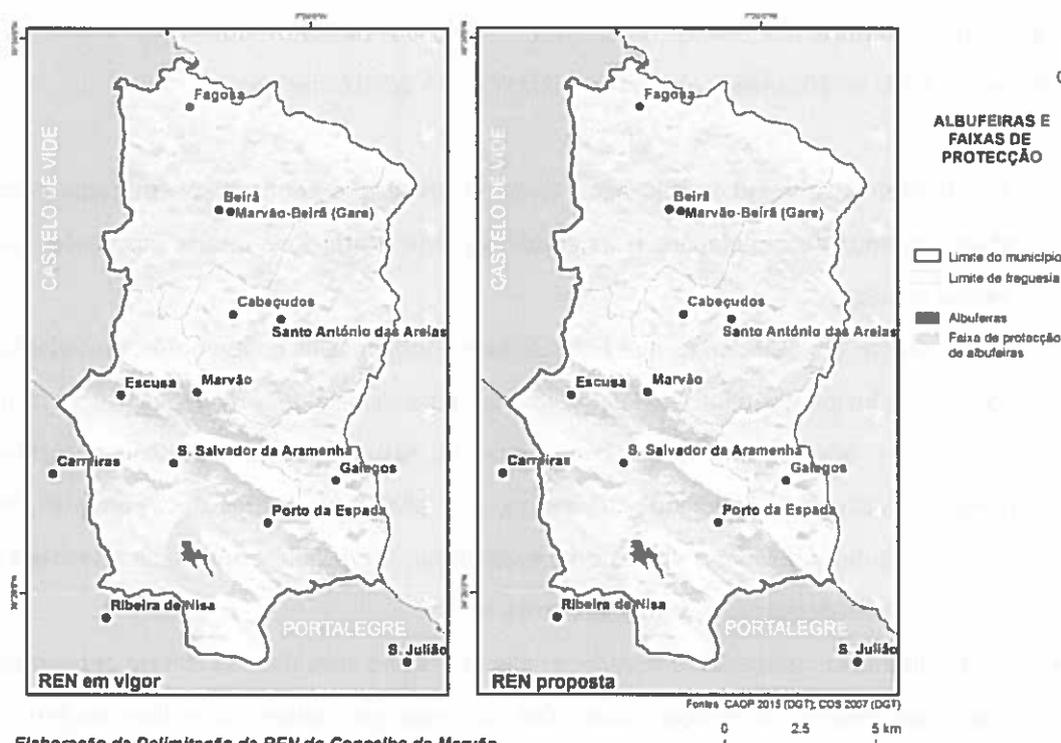
- A – Albufeiras protegidas, cuja água é, ou se prevê que venha a ser, utilizada para abastecimento de populações e as albufeiras cuja proteção é ditada por razões de defesa ecológica;
- B – Albufeiras condicionadas, que não suscitam problemas inconvenientes, em relação aos fins principais, quanto à sua utilização para quaisquer atividades recreativas secundárias, apresentam porém condicionantes naturais como superfície reduzida, margens declivosas, dificuldade de acesso, variações importantes ou frequentes do nível da albufeira devidas a cheias ou à exploração, turvação ou outras características organolépticas desfavoráveis da água, entre outras;
- C – Albufeiras de utilização reservada, as albufeiras não incluídas nas classes anteriores e que apresentam localização, condições ou atractivos naturais que lhes conferem vocação turística potencial ou já aprovada;
- D – Albufeiras de utilização livre, que dispõem de condições que permitem, sem prejuízo dos fins principais, a coexistência das diversas modalidades recreativas, incluindo as desportivas de competição.

A delimitação das albufeiras corresponde ao plano de água até à cota do nível de pleno armazenamento (NPA). Incluem-se todas as albufeiras que estejam classificadas como de

águas públicas de serviço público, nos termos da Portaria n.º 522/2009, de 15 de maio, na redação atual, e as que tenham uma capacidade superior ou igual a 100.000 m³. Os pequenos aproveitamentos hídricos, com capacidade inferior, são considerados cursos de água.

A faixa de proteção inclui a margem. A determinação da largura desta faixa deve atender à dimensão e situação da lagoa ou lago na bacia hidrográfica e à prossecução das funções desempenhadas por estas massas de água, numa avaliação casuística devidamente descrita e fundamentada, adotando como valor de referência a largura de 100 m, medida na horizontal.

A seleção das albufeiras teve em consideração as estruturas já aprovadas nas respetiva REN em vigor e no disposto nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica dos Rios Tejo, Sado e Guadiana. A delimitação final é a que consta na Carta de Ocupação do Solo na escala 1:10.000.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 3. Albufeiras e respetivas faixas de proteção

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Albufeiras	38,94	47,06	8,12
Faixas de proteção	327,31	55,98	-271,33
Albufeiras + Faixa de proteção	366,25	103,04	-263,21

Valores em ha.

Tabela 1. Comparação combinada de áreas de classificação de albufeiras e faixas de proteção

Embora a legislação se refira à delimitação da faixa de proteção das albufeiras como uma área fixa, é entendimento da equipa que esta poderá variar entre albufeiras e até mesmo ao longo de uma albufeira, de acordo com a sua tipologia, capacidade de armazenamento e vulnerabilidade.

4. Carta de lagoas e lagos e respectivos leitos, margens e faixas de protecção

Consideram-se as lagoas e lagos classificados como de águas públicas, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 107/2009, de 15 de maio, e os que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da Reserva Ecológica Nacional (REN), tendo por referência as lagoas identificadas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, ou outras no quadro das disposições do Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, verificando no terreno a sua existência e origem. São integrados nesta tipologia os pauis, não sendo de considerar as turfeiras, as charcas, os lagos artificiais e outras massas de água de origem antrópica.

Segundo Guiomar *et al.* (2009) consideram-se nesta classe áreas permanentemente (ou por alguns períodos) cobertas por água doce, resultantes de acidentes geomorfológicos, tais como:

- Lagoas de montanha, de dimensão reduzida e fraca profundidade e podem ser oligotróficas ou mesotróficas (Alves *et al.*, 1998);
- Lagoas de planície que se constituem em depressões do terreno em que o solo apresenta características de impermeabilidade, em situação terminal ou a jusante de bacias hidrográficas mais ou menos extensas, ou em locais muito deprimidos nos quais o nível da toalha freática atinge a superfície, e podem ser oligotróficas, mesotróficas ou eutrólicas (Alves *et al.*, 1998);
- Charcos temporários que se encontram sazonalmente cobertos por água e temporariamente sem água de cobertura, embora mantenham humidade edáfica (Alves *et al.*, 1998) e apresentem características únicas cuja sobrevivência depende de uma tolerância fisiológica excepcional (Pinho *et al.*, 2003).

Foram localizadas todas as lagoas listadas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, analisadas as Cartas Militares (série M888) e ainda contactados investigadores envolvidos na identificação de habitats naturais no âmbito da elaboração do Plano Sectorial da Rede Natura 2000, não tendo sido encontrados elementos desta classe na área de estudo.

5. Carta de áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos

As águas subterrâneas são um recurso natural essencial para a integridade dos ecossistemas, representando mais de 95% das reservas de água doce exploráveis do globo. Estas são ecossistemas particularmente ameaçados pela sobre-exploração, pela poluição tóxica e difusa e pelos impactos diretos e indiretos das alterações climáticas na disponibilidade hídrica (Ribeiro e Mendes, 2010).

A delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos não incide sobre as águas hidrominerais, por se tratarem de recursos geológicos sujeitos a regime jurídico específico. Os modelos numéricos do escoamento subterrâneo permitem a simulação do comportamento da hidrodinâmica do aquífero. Estes modelos, desenvolvidos à luz do conhecimento técnico-científico existente, são calibrados com dados físicos do terreno e elaborados com base em modelos conceptuais do aquífero e são a única ferramenta eficaz para definir as áreas de recarga e descarga dos aquíferos. No contexto atual, a maioria dos sistemas aquíferos não dispõe de modelos calibrados e em muitos não é conhecido, em rigor, o seu modelo conceptual da dinâmica. Na presença de aquíferos sobrepostos, optámos por avaliar a vulnerabilidade à contaminação para o sistema aquífero mais superficial, uma vez que é o mais vulnerável. Para a delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos considerámos:

- Os sistemas aquíferos e massas de água subterrânea, tal como está definido no artigo 4.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), inventariados à data pelo INAG;
- Outros sistemas identificados em estudos técnico-científicos validados que sejam produtivos e economicamente exploráveis, de acordo com a definição de aquífero constante da Lei da Água;
- As aluviões, bem como algumas áreas de fracturação, que sejam importantes para a manutenção dos ecossistemas fluviais na época de estiagem;
- Outras formações hidrogeológicas indiferenciadas ou outras áreas que sejam importantes para a prevenção e redução de situações de cheia e inundações e de seca extrema, bem como para a sustentabilidade de sistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea.

Portugal continental encontra-se dividido em quatro grandes unidades hidrogeológicas: o Maciço Antigo, a Orla Ocidental, a Orla Meridional e a Bacia do Tejo-Sado. Nestas unidades foram delimitados pelo, à data, INAG, 62 sistemas aquíferos, dos quais 21 são sistemas cársicos, 22 são porosos, 13 têm comportamento misto poroso-cársico, 5 são cársico-fissurados e 1 é poroso-fissurado. Na área geográfica do Alentejo destacam-se os sistemas aquíferos da Bacia do Tejo/Sado (Moura/Ficalho, Estremoz/Cano, Gabros de Beja, Escusa, Calcários de Moura, Ribeira da Toutalga, Moura/Brenhas, Elvas/Vila Boim, Sines, Alter do Chão/Monforte, Charnoquitos de Campo Maior e Elvas, Elvas/Campo Maior, Pavia/Moura, Évora/Montemor/Cuba, Viana/Alvito e Portel). O Distrito de Portalegre encontra-se predominantemente no Maciço Antigo, onde prevalecem as rochas ígneas e metamórficas. Embora consideradas como impermeáveis, pelas falhas e fracturações, estas podem apresentar uma razoável capacidade de armazenamento, surgindo algumas unidades aquíferas com um interesse hidrogeológico relevante, associadas a rochas calcárias, a gabros, a terraços e a cascalheiras que ocupam depressões do soco antigo, como o caso dos seguintes aquíferos (Figura 4): Escusa, Monforte-Alter do Chão, Estremoz-Cano e Elvas-Vila Boim. No limite Oeste do Distrito domina a Bacia do Tejo-Sado, constituída por formações detríticas de idade terciária, sendo o mais extenso sistema aquífero da Península Ibérica: o sistema da bacia do Tejo-Sado.



Figura 4. Enquadramento dos principais sistemas aquíferos no distrito de Portalegre

O único sistema aquífero que intersecta o município de Marvão é o aquífero da Escusa. A caracterização que se apresenta constitui um resumo do trabalho efetuado por Almeida *et al.* (2000) para Portugal Continental.

O sistema aquífero da Escusa é um sistema cársico que tem aproximadamente 7,7 km². A circulação ocorre não só nos blocos rochosos como também nas discontinuidades que os compartimentam, apresentando porosidade dupla, com conexão hidráulica entre os diferentes conjuntos de blocos. As formas exocársicas são pouco desenvolvidas, não se conhecendo dolinas. Contudo, há registo de abatimentos provocados pelo colapso de cavidades endocársicas (Monteiro, 1993). A recarga faz-se por infiltração direta quer da precipitação, que cai diretamente nos calcários e dolomitos, quer em consequência da escorrência superficial que ocorre das outras formações envolventes, menos permeáveis, e que se infiltra quando atinge o contacto com as formações mais permeáveis. Nas zonas com depósitos de cobertura, ocorre a infiltração da água nestas formações dando origem a nascentes que por sua vez vão recarregar linhas de água influentes (e.g. nascentes de Água Formosa e da Atalaia, situadas a sudoeste da povoação de Escusa; Monteiro, 1993).

5.1 Metodologia para avaliação da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos

A vulnerabilidade do sistema aquífero é definida como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características do aquífero (Duijvenbooden e Wargeningh, 1987; Foster e Hirata, 1993). Segundo Paralta *et al.* (2005) “por vulnerabilidade entende-se a maior ou menor capacidade de atenuação das camadas superiores do aquífero à passagem dos poluentes. Trata-se, portanto, de uma propriedade intrínseca do sistema hidrogeológico. A noção de vulnerabilidade específica deverá ser utilizada sempre que se consideram também as propriedades de um poluente específico e as suas relações com as componentes de vulnerabilidade intrínseca”. Segundo os mesmos autores “o interesse de avaliar o grau de vulnerabilidade das diversas formações aquíferas decorre fundamentalmente da necessidade de fornecer às autoridades competentes um instrumento que seja útil nas tomadas de decisão ao nível do planeamento e ordenamento do território”.

Os mapas de vulnerabilidade pretendem representar o grau de proteção natural à poluição de um aquífero em função das suas propriedades hidrogeológicas. Neste caso, fala-se de

vulnerabilidade intrínseca do aquífero (CCDRA, 2003). Segundo Oliveira e Lobo-Ferreira (2003) “o processo de avaliação da vulnerabilidade deve corresponder ao cálculo bem definido de índices de forma a reduzir a subjetividade envolvida na caracterização desses índices. Os índices devem ser de aplicação relativamente simples, dadas as limitações de dados normalmente existentes, embora devam ser consistentes e válidos para a classificação da vulnerabilidade que se pretende fazer numa área em estudo”.

Os sistemas cársicos ocorrem essencialmente em rochas carbonatadas, calcário e dolomites. Estas apresentam um valor elevado por conterem recursos hídricos subterrâneos de elevado interesse económico. No caso do aquífero de Escusa foi aplicado do índice de vulnerabilidade EPIK, método desenvolvido especificamente para a avaliação da vulnerabilidade deste tipo de aquíferos (Doerfliger e Zwahlen, 1997). Este índice considera a geologia cársica dos aquíferos, a geomorfologia e as características hidrogeológicas. O índice é construído com base nos seguintes quatro parâmetros: epicarso (*E*), cobertura de proteção (*P*), condições de infiltração (*I*) e grau de desenvolvimento da rede cársica (*K*). A cada parâmetro é atribuído um valor segundo uma classificação que tem em conta o impacto potencial da poluição.

Epicarso: aspetos da geomorfologia cársica		Classificação
E1	Sumidouros, dolinas, afloramentos muito fraturados	1
E2	Zonas intermediárias no alinhamento de dolinas, vales secos, afloramentos com fracturação média	3
E3	Ausência	4
Cobertura de proteção: Espessura do solo acima do aquífero cársico		
P1	0 cm -20 cm	1
P2	20 cm -100 cm	2
P3	1 m -8 m	3
P4	> 8m	4
Condições de infiltração		
I1	Cursos de água de caráter perene ou temporário que alimentam sumidouros e dolinas	1
I2	Áreas em bacias hidrográficas com inclinação > 10 % em áreas cultivadas e > 25 % em prados e pastagens	2
I3	Áreas em bacias hidrográficas com inclinação < 10 % em áreas cultivadas e < 25 % em prados e pastagens	3
I4	A restante área da bacia hidrográfica	4
Rede cársica: grau de desenvolvimento		
K1	Moderado a muito desenvolvido	1
K2	Fraco	2
K3	Aquíferos sem carsificação	3

Tabela 2. Valores de referência para os parâmetros do modelo EPIK

Após a classificação dos vários parâmetros (*E*, *P*, *I*, *K*) é efetuada a soma ponderada de acordo com a seguinte expressão:

$$F = 3 E_i + P_j + 3 I_k + 2 K_l$$

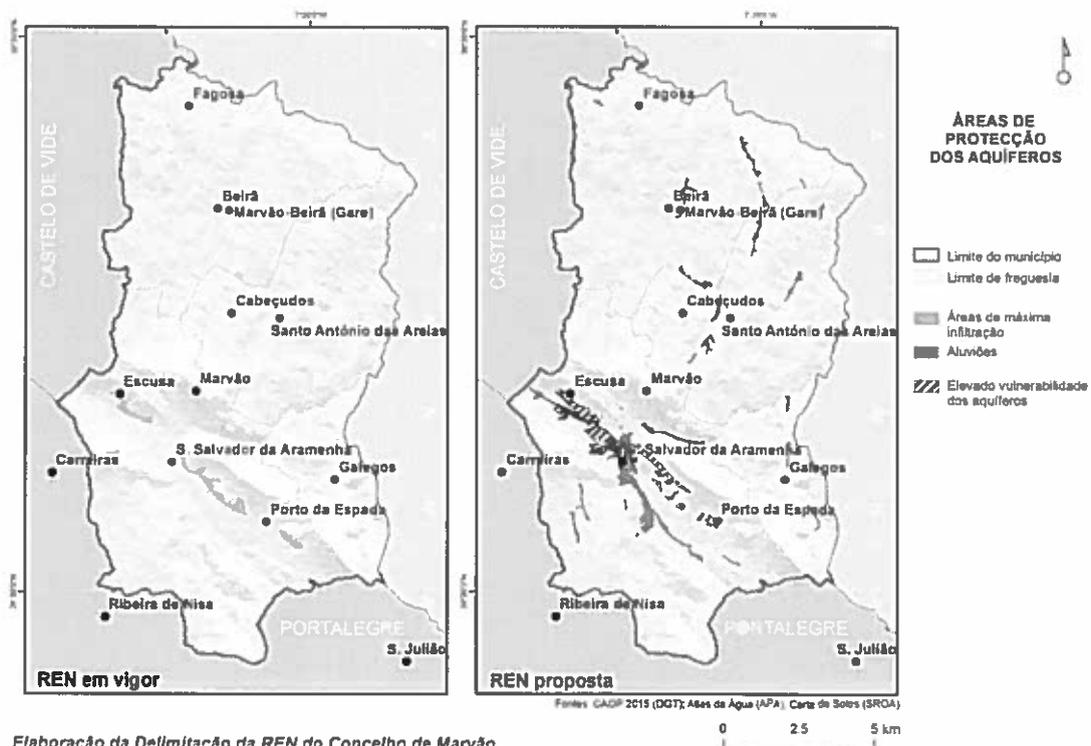
Efetua-se, por fim, a classificação dos valores do EPIK em função da sua vulnerabilidade. Consideram-se as áreas mais vulneráveis à poluição dos aquíferos cársicos tomando os valores de EPIK correspondentes às classes de vulnerabilidade “Muito alta” a “Alta”.

Índice EPIK (F)	Vulnerabilidade
≤ 19	Muito alta
19 < F < 25	Alta
> 25	

Tabela 3. Classificação da vulnerabilidade

5.2 Resultados da aplicação do índice EPIK e integração das aluviões

Apesar de constrangimentos iniciais na aplicação do índice EPIK, em particular na delimitação do parâmetro epicarso, dada a ausência de cartografia geomorfológica com grau de detalhe suficiente para definir com exatidão alguns aspetos da geomorfologia cársica, foi possível definir com algum detalhe as áreas de maior vulnerabilidade do aquífero da Escusa (Figura 5).



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 5. Áreas de proteção dos aquíferos

Tal como ilustra a Figura, e com o objetivo de complementar a análise de vulnerabilidade dos aquíferos subterrâneos, foram ainda extraídos os aluviososolos e os coluviososolos da Carta de Solos de Portugal na escala 1:50.000. Da união destes dois *layers* – vulnerabilidade dos aquíferos e aluviões – resulta o parâmetro da REN referente à proteção dos aquíferos.

As áreas podem ser analisadas e comparadas com as áreas classificadas na REN atualmente em vigor como *Áreas de Máxima Infiltração* (Tabela 4).

MUNICÍPIO	AMI (REN)	VAQ	ALV	VAQ+ALV	VAR
Marvão	105,63	163,02	438,41	561,01	455,38

AMI: Áreas de infiltração máxima; VAQ: Vulnerabilidade dos aquíferos; ALV: Aluviões; VAR: Variação
Valores em ha.

Tabela 4. Comparação entre as áreas de máxima infiltração atualmente em vigor, e as áreas de elevada vulnerabilidade dos aquíferos e aluviões

6. Carta de zonas ameaçadas pelas cheias

Consideram-se como zonas ameaçadas pelas cheias, ou zonas inundáveis, as áreas suscetíveis de inundação por transbordo de água do leito dos cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados. Não estão incluídas nesta tipologia as áreas suscetíveis de inundação motivada por outros fenómenos, como por exemplo *tsunamis*, rotura de barragens ou diques.

Normalmente, e para efeitos de ordenamento e gestão do território, considera-se que a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias deve processar-se de forma diferenciada em função do uso e ocupação do território:

- Áreas com potenciais impactes negativos importantes (consequências prejudiciais significativas) sobre elementos expostos: a delimitação da área ameaçada pelas cheias considerará sempre o período de retorno de 100 anos embora possa integrar concomitantemente períodos de retorno mais baixos (ex. 20 anos). A delimitação deve ser apoiada em estudo hidrológico referente à bacia hidrográfica e em estudo hidráulico a realizar para o(s) troço(s) do curso(s) de água associados àqueles impactes;
- Áreas em que os impactes das cheias em usos agrícolas ou florestais possuam pouca valorização (grande maioria dos territórios rurais): nestes casos a delimitação das zonas inundáveis 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 da aplicação de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos apropriados.

No Alentejo, as zonas ameaçadas por cheias estão associadas maioritariamente às bacias hidrográficas dos rios Sado e Mira, atingindo várias zonas urbanas, não assumindo uma importância predominante na bacia do Guadiana.

A determinação das zonas ameaçadas pelas cheias associadas ao período de retorno de 100 anos, bem como daquelas onde a ocorrência de cheias fluviais com excecionalidades inferiores (por exemplo 20 anos) conduza a consequências prejudiciais significativas, obriga ou à elaboração de estudos hidrológicos e hidráulicos que utilizem os dados hidrometeorológicos e morfológicos existentes, ou à aplicação de procedimentos hidrológicos expeditos, em caso de

bacias hidrográficas não suficientemente monitorizadas e de bacias hidrográficas entre 10 km² e 600 km², ou a estudos geomorfológicos combinados com uma avaliação estatística.

A aplicação de procedimentos expeditos é complementada com estudos hidrológicos mais desenvolvidos sempre que existam especificidades próprias. Os estudos hidrológicos consideram os dados e informações obtidos nas redes de monitorização de carácter nacional, geridas pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e pelo organismo competente em matéria de meteorologia. Para além destas duas origens, e caso seja relevante, podem utilizar-se dados de redes específicas, locais, regionais ou mesmo nacionais, operadas por outros organismos, instituições ou grupos de investigação.

Do ponto de vista hidrológico, verifica-se a ocorrência de uma cheia quando a bacia hidrográfica é alimentada por água de um modo intenso e prolongado, de modo que o caudal que daí advém e que aflui à rede hidrográfica excede a capacidade normal de transporte ao longo da rede, transbordando as margens naturais ou artificiais e alagando as zonas contíguas.

6.1 Definição metodológica geral

Neste trabalho foi adoptado o modelo (SWAMP – *Structural Water Accumulation Modelling Prediction*),¹ desenvolvido anteriormente por um conjunto de membros da equipa do presente estudo, cujo potencial demonstrado em análises anteriores se tinha revelado extremamente significativo. O modelo SWAMP destina-se primariamente à avaliação da pantanosidade estrutural, que pode ser descrita como a propensão para a acumulação de escoamentos e a sua estagnação decorrente de uma menor propensão para o movimento.

Neste modelo considera-se que a morfologia do terreno é simultaneamente a assinatura e a infra-estrutura dos fenómenos hidrológicos e que os processos de acumulação de escoamentos ocorrem em resultado de diversos factores bem mais dificilmente modeláveis, sendo o seu comportamento passado, presente e futuro passível de ser inferido a partir do condicionamento infra-estruturante da morfologia do terreno. O condicionamento infra-estruturante da morfologia do terreno tem sido abordado sobretudo numa dimensão de

¹ O método utilizado resultou da experiência acumulada no desenvolvimento do modelo SWAMP apresentado pela primeira vez na conferência TEMPRIV – *Temporary Rivers*, e mais recentemente no Congresso da Geografia Portuguesa.

caracterização local e focal, sendo escassas as tentativas de criação de métricas globais capazes de permitir uma adequada integração da complexidade dos fenómenos envolvidos.

O modelo SWAMP integra a formulação e o processo de modelação geográfica assente na criação de um conjunto de variáveis morfométricas globais visando a criação de um índice de pantanosidade. De entre as variáveis morfométricas e morfodinâmicas globais utilizadas merecem particular destaque as seguintes:

- HRACCM (*Hydrological Reverse Accumulation Metric*): variável morfométrica e morfodinâmica descrevendo um tensor de alagamento, obtida pela integração do valor estimado de acumulação reversiva através do modelo relativo do terreno para uma bacia ou sub-bacia hidrográfica com morfologia hidrologicamente funcional;
- HRTM (*Hydrological Relative Terrain Model*): modelo digital de elevações relativo, gerado a partir da modelação recursiva de escoamentos segundo o modelo D8 clássico, sobre uma base do modelo digital de elevação definido a partir de processos de multi-resolução adaptativa com condicionamento hidrológico funcional.

Considerando a sua formulação matemática e os processos integrados de modelação geográfica, o modelo SWAMP permite uma avaliação de altura de alagamento bem como o estabelecimento de funções de previsão de base logística, estabelecendo a probabilidade de classificação como local de cheia (1) ou de não-cheia (0) em todas as células de uma bacia hidrográfica representada matricialmente.

Foi efetuada a definição espacial das áreas de cheias para a totalidade da área de estudo, com um nível de qualidade que se considera elevado, face às limitações de detalhe e frequência altimétrica da informação utilizada.

6.2 Análise SWAMP (*Structural Water Accumulation Modelling Prediction*)

A relação entre a ocorrência de cheias e as variáveis HRACCM e HRTM foi analisada através da aplicação de um modelo de regressão logística. Este método tem como objectivo produzir a partir de um conjunto de registos (observações), um modelo estatístico que permita a predição de valores tomados por uma variável binária a partir de um conjunto de variáveis explicativas. Assim, com base na variável resposta binária (1 = ocorrência de cheias, 0 = não

ocorrência de cheias) gerou-se uma regressão logística com recurso ao modelo linear generalizado implementado na “package” *stats* do *software R project* para ajustar uma função de probabilidade de um qualquer ponto do terreno ser “ocorrência de cheia” ($Y=1$) em função dos valores das variáveis independentes através da seguinte expressão:

$$\pi = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_\eta x_\eta)}}$$

Onde x_η é a variável explicativa e β_η é o coeficiente ajustado para a variável x_η .

O modelo de regressão logística utilizado aplica como função de ligação a função *logit*, sendo que neste processo a distribuição utilizada foi a *quasibinomial* para evitar problemas de “overdispersion” dos dados de entrada (Kabacoff, 2011).

A análise estatística para ajustamento do modelo final de regressão logística foi desenvolvida seguindo duas fases principais. Na primeira foram aplicados modelos de regressão logística univariados, onde cada uma das variáveis em estudo foram testadas separadamente (modelos parciais) para avaliar a sua significância e importância na explicação da ocorrência de cheias. Com bases nos resultados desta fase foi ajustado o modelo final.

Por fim, para avaliar a qualidade de ajustamento do modelo foi calculado o valor D^2 (*explained deviance*) (Guisan e Zimmermann, 2000) através da seguinte expressão:

$$D^2 = \frac{\text{Null deviance} - \text{Residual deviance}}{\text{Null deviance}} * 100$$

O valor de D^2 pode ser interpretado como sendo a variabilidade total explicada pelo modelo, sendo que quanto maior for o valor (varia entre 0 e 100%) melhor será o ajustamento do modelo e assim uma maior capacidade de predição de novos valores.

O modelo final tem um ajustamento excelente na medida em que explica 94.3% da variabilidade total dos dados amostrados, demonstrando que o modelo ajustado é robusto e pode ser generalizado para toda a área de estudo de forma a predizer os locais com maior probabilidade de ocorrência de cheia.

6.3 Resultados de aplicação do modelo

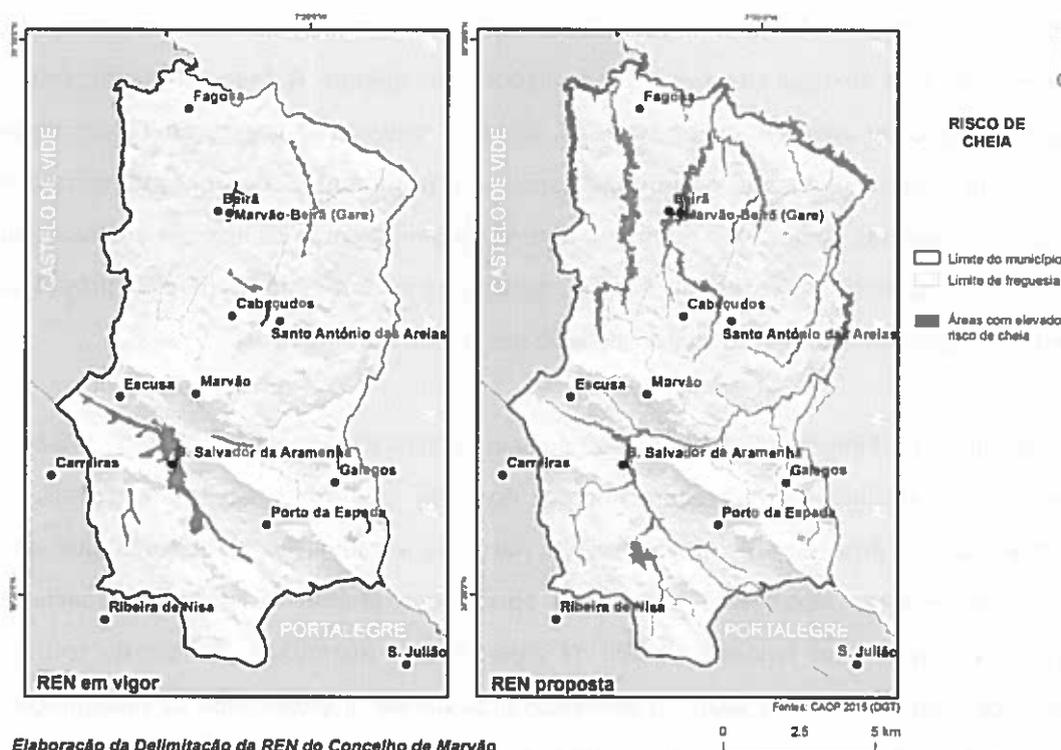
Os resultados matriciais da aplicação do modelo SWAMP foram reclassificados em duas classes: cheia (0,9-1), não cheia (0-0,9) e posteriormente vectorizados, produzindo os resultados finais após um processo de generalização relativamente suave (PAEK limiar 30 metros), visando facilitar uma melhor representação cartográfica.

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Marvão	472,14	938,66	466,52

Valores em ha

Tabela 5. Comparação de áreas de classificação de zonas ameaçadas pelas cheias

Verificam-se acentuadas diferenças nos resultados, com o acréscimo de algumas áreas a integrar em REN quando comparada com a REN atualmente em vigor.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 6. Áreas de elevado risco de cheia incluídas na REN atualmente em vigor

7. Carta de áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

A erosão é um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos e temperatura (Galetti, 1976), ou ainda por ação da gravidade (Bennet, 1951). Os fatores determinantes no fenómeno erosivo são primordialmente o solo, a morfologia do terreno, o clima, o coberto vegetal e a atividade humana. A natureza do solo e o seu relevo são sem dúvida os mais importantes na dinâmica do fenómeno erosivo, em conjugação com os fatores climáticos, sendo a precipitação um agente ativo no processo de desagregação do solo. As variáveis térmicas pronunciadas são elementos de desagregação das rochas e dos próprios constituintes do solo. O vento, para além de agente de desagregação, é também agente de transporte (Sardinha e Macedo, 1981).

Segundo os mesmos autores, a cobertura vegetal é um dos elementos fundamentais de defesa e conservação do solo. Além de o proteger, com a sua parte aérea, da ação direta do vento e da chuva, o seu raizame forma uma rede de retenção das partículas de solo. Por outro lado, absorve a água do solo para prover às necessidades das plantas. A água do escoamento é obrigada a percorrer áreas em maior extensão, devido à presença de vegetação, reduzindo-se assim a sua energia cinética e, portanto, a força de arrastamento. Logo que desapareça o revestimento vegetal, rompe-se o equilíbrio natural, podendo então os agentes erosivos agir livremente, arrastando por vezes vultosas quantidades de solo. A extinção parcial ou total da cobertura vegetal tem conduzido à intensificação dos fenómenos erosivos.

Segundo Álvares e Pimenta (1998), a erosão do solo caracteriza-se pela remoção de material superficial, conduzindo ao empobrecimento do solo e, em situações extremas, à desertificação. O processo de erosão resulta de uma combinação de fatores que são dependentes e estão interligados entre si, e apresentam grande variabilidade espacial e temporal, tornando este fenómeno difícil de equacionar e quantificar. De acordo com os autores, os fatores que influenciam os processos erosivos são a erosividade da precipitação, medida pela sua intensidade e energia cinética, a erodibilidade dos solos, definida pelas suas características físicas e químicas, o coberto vegetal, pela sua maior ou menor proteção do solo, os declives e comprimentos de encostas e as práticas de conservação existentes.

7.1 Metodologia adotada para a quantificação da perda de solo

Sendo o fenómeno erosivo decorrente de variados fatores em contextos de complexidade, decorrente da sua natureza inter-relacionada, considera-se pertinente uma aproximação visando a definição de uma metodologia simples e eficaz, facilmente aplicável na definição de políticas de ordenamento do território.

Podendo a força gravítica, ou melhor dizendo, o trabalho da força gravítica ser considerado o fator primordial em processos de erosão decorrentes do escoamento superficial, a metodologia desenvolvida por Ferreira *et al.* (2011) e por Neves *et al.* (2010, 2011a, 2011b) integrou primeiramente esta dimensão. Os autores consideram o estudo dos processos erosivos numa perspectiva global ou de contexto, integrando nos procedimentos metodológicos não a erosão específica local decorrente da inclinação do terreno em cada local ou célula, mas a erosão potencial global cumulativa, em que a erosão em cada célula é influenciada por um conjunto de células e influencia outro conjunto de células.

Outros modelos de previsão de perda de solo recorrem a este princípio, como o WEPP – *Water Erosion Prediction Project* (Flanagan *et al.*, 1994), e têm demonstrado bastante aderência à realidade, de acordo com os trabalhos desenvolvidos com base nos dados da Estação Experimental de Erosão de Vale Formoso (Tomás, 1997), sendo limitado pela quantidade de informação de base necessária à sua utilização. Em 2001 foi adaptado ao modelo WEPP a metodologia MIR (*Minimum Information Requirement*) que se baseia fundamentalmente em informação topográfica, de solo e de ocupação do solo associada a um simulador, usando um conjunto mínimo de informação para estimar a perda de solo (Brazier, 2001).

A delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo apoia-se na aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS), adaptada a Portugal continental e à unidade de gestão bacia hidrográfica. A metodologia adotada, desenvolvida pela APA I.P., resulta da possibilidade de expansão do número de estimativas pontuais do fator de erosividade da EUPS ao território continental, apoio para a determinação de superfícies de potencial de erosividade da precipitação.

Para estimar a erosão específica do solo (A), em ton/ha.ano, faz-se a ponderação dos fatores da EUPS nas várias bacias hidrográficas e aplica-se a expressão:

$$A = 2,24 \times R \times K \times LS \times C \times P$$

onde:

- *A*: perda de solo média ou erosão específica [$t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$];
- *R*: fator de erosividade da precipitação, baseado nas estimativas efetuadas pelo, à data, INAG, considerando eventos com precipitação total superior a 50,8mm (duas polegadas), ponderados para as bacias hidrográficas em análise [$MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$];
- *K*: fator relativo à erodibilidade dos solos [$t \cdot ha \cdot h \cdot ano \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$], baseado na correspondência entre a classificação da FAO e o valor de erodibilidade proposto por Pimenta (1999);
- *LS*: fator topográfico, adimensional, que exprime a importância conjugada do comprimento da encosta (*L*) e do seu declive (*S*), aferidos à geometria normalizada dos talhões experimentais (*L* igual a 22,5m e *S* igual a 9%).
- *C*: fator relativo ao tipo de culturas e sua sequência, baseado na correspondência entre as cartas *Corine Land Cover* e *COS'90* e o valor de *C* proposto por Pimenta (1999);
- *P*: fator antrópico, baseado na densidade populacional dos concelhos do continente ($n.º \text{ hab}/km^2$) obtida através dos dados do INE, a partir dos quais são definidas 20 classes, correspondendo a classe de menor densidade populacional ao valor de *P* 5 % e a de maior densidade ao valor 100 %.

A EUPS está vocacionada para o cálculo da perda de solo média de unidades de paisagem específicas associadas a um determinado tipo de cultura e de gestão territorial (Tomás, 1992, 1997; Rosewell e Edwards, 1998).

7.1.1 Fator de erosividade da precipitação

A desagregação de partículas de um solo pelas gotas de chuva é um dos processos fundamentais relacionados com a erosão hídrica dos solos, tornando-se assim necessário quantificar a energia cinética da precipitação (Tomás, 1992).

Os estudos de Wischmeier e Smith (1978) e de Ferro *et al.* (1991) foram a base para a expansão do número de estimativas pontuais do fator de erosividade (*R*) em todo o território

continental, permitindo a determinação de superfícies de potencial de erosividade. Estas superfícies estão representadas no mapa de isoerodentes disponível em suporte digital no portal do SNIRH (<http://snirh.pt>, opção Atlas da Água e Atlas Nacionais), correspondente ao representado na Figura 7.



Figura 7. Erosividade da precipitação (R)

7.1.2 Fator de erodibilidade do solo

Segundo Pimenta (1998b), “a determinação da erodibilidade do solo pressupõe o conhecimento dos seus constituintes no que se refere ao conteúdo em areia, limo, argila e matéria orgânica, bem como à informação sobre a permeabilidade e a estrutura. As características físicas e químicas do solo e as suas inter-relações têm um efeito variado nos valores de erodibilidade. Além disso, muitos mecanismos de erosão atuam ao mesmo tempo, relacionados com cada propriedade específica do solo”.

Ainda segundo a mesma autora, “o factor erodibilidade K da EUPS foi desenvolvido para talhões experimentais, nos quais, as características físicas e químicas dos solos são facilmente analisadas, bem como as suas alterações ao longo do tempo. Quando se pretende avaliar a erodibilidade do solo em áreas mais vastas do território e para um determinado intervalo de tempo, é necessário utilizar informação mais generalizada, recorrendo à cartografia de solos com as unidades pedológicas devidamente caracterizadas”.

O cálculo da erodibilidade é função de cinco parâmetros (Pimenta, 1998a): argila, areia grossa, areia fina, limo, matéria orgânica (OM), estrutura (s) e permeabilidade (p). A erodibilidade pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$K = \frac{[2,1 \times 10(12 - OM)M + 3,25(s - 2) + 2,5(p - 3)]}{100 \times 7,59}$$

Segundo Pimenta (1998a), o parâmetro M define o tamanho das partículas e corresponde ao produto:

$$M = (\% \text{ limo} + \text{ areia fina}) \times (100 - \% \text{ argila})$$

Para a caracterização deste parâmetro foram utilizadas as Cartas de Solos de Portugal, na escala 1:50.000.

7.1.3 Fator fisiográfico

O factor fisiográfico é uma das variáveis mais complexas de determinar, correspondendo o fator L aos valores cumulativos dos *pixeis* existentes numa determinada encosta. Este problema foi solucionado através do cálculo do comprimento cumulativo do declive (Hickey *et al.*, 1994; Hickey, 2000; van Remortel *et al.*, 2001). O fator fisiográfico pode então ser obtido através da seguinte expressão:

$$LS = \left(\lambda/72,6\right)^m (65,41 \sin^2 \beta + 4,56 \sin \beta + 0,065)$$

em que:

LS – Factor Fisiográfico

λ - Comprimento cumulativo do declive

β - Declive

m – Variável associada ao declive (0,5 para declives superiores a 2,86°; 0,4 para declives entre 1,72° e 2,86°; 0,3 para declives entre 0,57° e 1,72°; e 0,2 para declives inferiores a 0,57°)

Segundo Ribeiro *et al.* (2004), a transposição desta equação para álgebra de mapas pode ser feito de acordo com a expressão seguinte:

$$LS = \left(\frac{A_s}{22,13} \right) \times 1,4 \times \left(\frac{\sin b}{0,0896} \right)$$

em que:

A_s – acumulação de escoamento (Jenson & Domingue, 1988)

b – declive

Para o objectivo proposto, optámos pela expressão publicada em Mitsova *et al.* (1996):

$$LS_{(r)} = (m + 1) \left[\frac{A_s \cdot (r)}{22,13} \right]^m \left[\frac{\sin b_{(r)}}{\sin 5,143} \right]^n$$

em que:

r – resolução

22,13 m [L] e 5,143° [S] – geometria normalizada dos talhões experimentais

m e n – coeficientes relacionados com o escoamento e infiltração

Para o coeficiente m foram atribuídos os valores que se apresentam na primeira equação deste sub-capítulo, e que variam de acordo com o declive, enquanto o fator n foi assumido como uma constante de valor 1,3 (Mitsova *et al.*, 1996). Os processos de análise espacial para a obtenção do parâmetro LS foram realizados sobre a altimetria, nas escalas 1:10.000 e 1:25.000, fornecida pela CIMAA.

7.1.4 Fator relativo ao coberto vegetal

O fator de cultura foi derivado em talhões experimentais, baseado em determinadas condições iniciais. No entanto, quando nos referimos a grandes áreas do território é necessário fazer algumas simplificações para a definição do fator de cultura a atribuir a cada tipo de ocupação

do solo (Pimenta, 1998b). A classificação foi associada à carta de ocupação do solo na escala 1:25.000.

7.1.5 Fator antrópico

O fator antrópico é determinado a partir da densidade populacional dos concelhos do continente ($n.^{\circ}$ hab/km²) obtida através dos dados do INE, a partir dos quais são definidas 20 classes, correspondendo a classe de menor densidade populacional ao valor de P 5 % e a de maior densidade ao valor 100 %. No caso particular recorreu-se à distribuição da população à escala da BGRI.

7.1.6 Cálculo do risco de erosão

Após o cálculo de *A*, estima-se a perda de solo específico recorrendo à Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR). A SDR foi determinada a partir de pares de valores de área de drenagem (*Ab*), expressa em km², e de SDR, expressa em percentagem (SCS, 1971 *in* Cardoso, 1984 e *in* Mitchell e Bubenzer, 1980), aos quais se ajustou a equação do tipo potencial:

$$SDR = 0,332 Ab^{-0,2236}$$

A perda de solo específico (*Pse*) é determinada a partir da equação:

$$Pse = SDR \times A$$

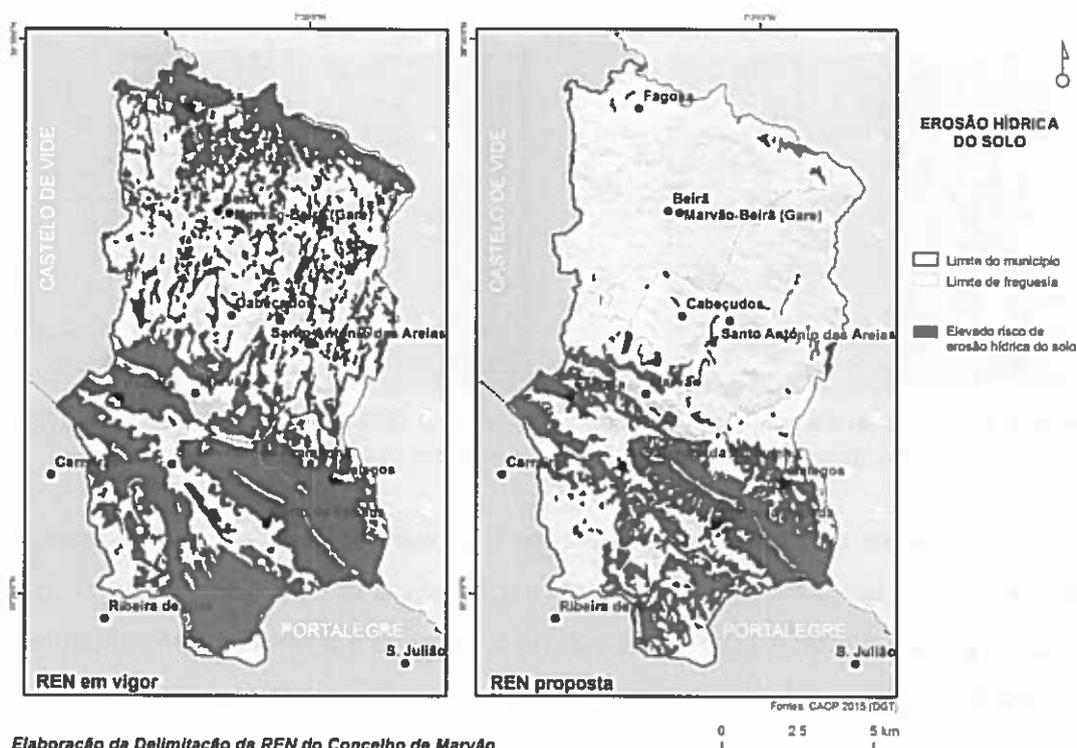
Em termos de classificação qualitativa da perda do solo associada a um risco de erosão hídrica, aplicam-se os valores indicados na Tabela 6.

Perda do solo (<i>Pse</i>) - ton/ha.ano	Avaliação do Risco
Maior ou igual a 55	Elevado
Entre 25 e 55	Médio
Entre 0 a 25	Baixo

Tabela 6. Valores de referência para o parâmetro *Pse*

7.2 Resultados da aplicação do modelo

A Figura 8 representa a área a integrar na REN de acordo com o limiar publicado no diploma legislativo anteriormente referido.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 8. Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

Os dados comparativos entre as áreas (em ha) atualmente inscritas na REN e as obtidas neste estudo podem ser observados na Tabela 7.

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Marvão	7811,83	3676,92	-4134,92

Valores em ha

Tabela 7. Comparação da classificação das áreas de erosão do solo

Verificam-se acentuadas diferenças nos resultados, com um decréscimo muito significativo da área a integrar em REN quando comparada com a REN atualmente em vigor. Um dos fatores com implicação nas diferenças evidenciadas está relacionado com a inclusão do fator relacionado com a distribuição da população. Estas diferenças podem estar igualmente relacionadas com o facto de a REN atualmente em vigor ter sido cartografada recorrendo ao

uso da Carta de Capacidade de Uso do Solo (Figura 9) para este fim. O exemplo que se segue permite evidenciar que esta foi a informação base para definir as áreas com eventual Risco de Erosão a integrar na REN. A sobreposição das áreas com eventual Risco de Erosão classificadas em REN, com Carta de Capacidade de Uso do Solo, permite verificar uma coincidência dos limites destas com as áreas *Ee* e *De* (dominantes em complexos de solos).

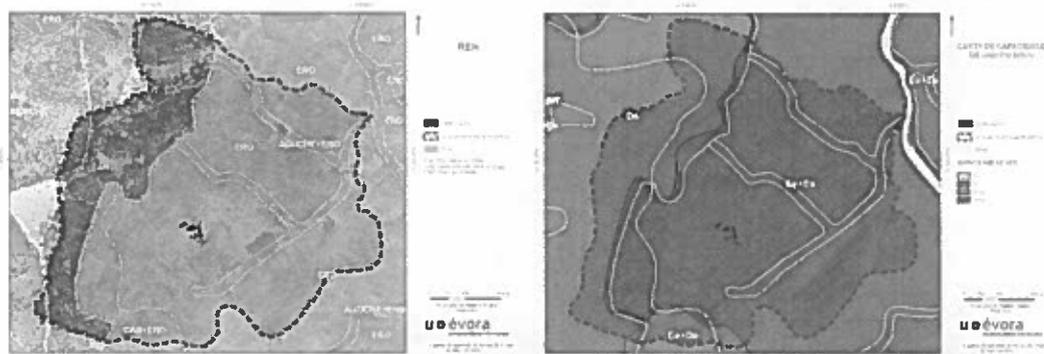


Figura 9. Tipologias de REN numa área analisada em Neves et al. (2014), e sobreposição das áreas REN classificadas com risco de erosão e as classes e subclasses de Capacidade de Uso do Solo

As diferenças entre as cartas poderão dever-se a conversões *raster-vector*, processos de georreferenciação ou mesmo aquando da delimitação original da REN. A capacidade de uso é avaliada segundo 5 classes e 3 subclasses, cujas características e significado estão sintetizados na Tabela 8.

Classe	Características principais
A	- Poucas ou nenhuma limitações
	- Sem riscos de erosão ou com riscos ligeiros
	- Susceptível de utilização agrícola intensiva
B	- Limitações moderadas
	- Riscos de erosão no máximo moderados
	- Susceptível de utilização agrícola moderadamente intensiva
C	- Limitações acentuadas
	- Riscos de erosão no máximo elevados
	- Susceptível de utilização agrícola pouco intensiva
D	- Limitações severas
	- Riscos de erosão no máximo elevados a muito elevados
	- Não susceptível de utilização agrícola, salvo casos muito especiais
E	- Poucas ou moderadas limitações para pastagens, exploração de matos e exploração florestal
	- Limitações muito severas
	- Riscos de erosão muito elevados
	- Não susceptível de utilização agrícola
	- Severas a muito severas limitações para pastagens, matos e exploração florestal
- Ou servindo apenas para vegetação natural, floresta de proteção ou de recuperação	
- Ou não susceptível de qualquer utilização	
Subclasses	Significado
e	Erosão e escoamento superficial
h	Excesso de água
s	Limitações do solo na zona radicular

Tabela 8. Classes e subclasses da Carta de Capacidade de Uso do Solo

A Carta de Capacidade de Uso do Solo (SROA) de 1960 é amplamente utilizada com objetivos de planeamento em Portugal, sem ter em consideração o seu significado e a sua validade para outras utilizações para além da que foi feita. Por esse motivo, é necessário explicar qual a origem e objetivos da Carta de Capacidade de Uso do Solo e assim aferir a sua utilidade noutros âmbitos:

- As bases para elaboração da CCUS foram estabelecidas por adaptação dos critérios e métodos usados pelo *Soil Conservation Service* do *United States Department of Agriculture* às condições da sua elaboração, ditadas pelas diferenças dos objetivos a atingir, pela natureza das unidades da Carta de Solos, pela escala de trabalho e ainda pela natureza quantitativa dos elementos de trabalho disponíveis;
- A CCUS é uma interpretação da Carta de Solos em que as diferentes unidades são agrupadas de acordo com a sua capacidade de uso;
- A capacidade de uso do solo define-se em função das limitações que as unidades apresentam em relação à sua utilização na produção das culturas agrícolas mais comuns², que não necessitam de condições especiais³, durante um período longo de tempo sem sofrerem deterioração;
- As classes são agrupamentos de solos que apresentam o mesmo grau de limitação e/ou riscos semelhantes que afetam o seu uso durante um período de tempo longo, e as subclasses são grupos de solos de uma mesma classe que apresentam a mesma espécie de limitação dominante ou de riscos de deterioração;
- Não foram consideradas limitações resultantes de variáveis climáticas, ao contrário da metodologia desenvolvida pelo *Soil Conservation Service*, nem é considerada a vegetação existente;
- A classificação segundo a capacidade de uso não é um agrupamento de solos, de acordo com o uso mais rentável que se possa fazer da terra;
- Os solos da mesma classe são semelhantes apenas no que respeita ao grau de limitações de uso para fins agrícolas ou aos riscos que estão sujeitos quando agricultados.

² Na verdade teve como referência o trigo, e não integra culturas permanentes características da paisagem mediterrânica como o olival ou a vinha.

³ Como por exemplo o arroz.

8. Carta de áreas de instabilidade de vertentes

A delimitação das *Áreas de Instabilidade de Vertentes* baseia-se na avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em encostas devendo ser efetuada respeitando, no mínimo, a sequência de procedimentos metodológicos adotados no diploma referido no Caderno de Encargos. As áreas de instabilidade de vertentes são integradas no Anexo I do Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto, na classe “Áreas de Prevenção de Riscos Naturais” sendo consideradas por Gaspar (2004) um dos riscos naturais que ocorre com maior preponderância em Portugal Continental. A sua delimitação, no contexto das ações de planeamento e ordenamento territorial, tem como principais objetivos:

- Garantir a estabilidade dos sistemas biofísicos;
- Salvaguarda face a fenómenos de instabilidade e de risco de ocorrência de movimentos de massa em vertente e de perda de solo;
- Prevenção da segurança de pessoas e bens.

É neste contexto que a Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012 de 3 de Outubro estabelece como obrigatoriedade a delimitação das áreas de instabilidade de vertentes.

As escarpas naturais deverão ser delimitadas e incluídas enquanto áreas de instabilidade de vertentes. Deverão, nessa delimitação, estar incluídas as faixas de proteção a partir do rebordo superior e da base, cada uma das quais com largura determinada em função da geodinâmica e dimensão da escarpa e do interesse cénico e geológico do local⁴. No entanto, no Alentejo as áreas com instabilidade de vertentes correspondem essencialmente a ocorrências isoladas, associados a ocorrências geológicas em situação de relevo acidentado, como escarpas de falha e zonas de montanha.

8.1 Definições

De acordo com o Anexo I do DL n.º 166/2008, de 22 de agosto, as áreas de instabilidade das vertentes são áreas que, devido às suas características de solo e subsolo, declive, dimensão e forma da vertente ou escarpa e condições hidrológicas, estão sujeitas à ocorrência de

⁴ No mínimo, deverá ser igual à altura do desnível entre a crista e o sopé.

movimentos de massa em vertentes, incluindo os deslizamentos, os desabamentos e a queda de blocos.

A diversidade de definições existentes na comunidade científica para descrever os movimentos em vertentes, é revelador da complexidade inerente a este fenómeno. De acordo com a classificação inicialmente proposta por Varnes (1978), existem cinco grandes tipos de movimentos: deslizamentos (rotacionais, translacionais e de rochas), desabamento, balançamentos, escoadas (de detritos fluida, de detritos, de solo, e de rocha), Expansões laterais e Complexos.

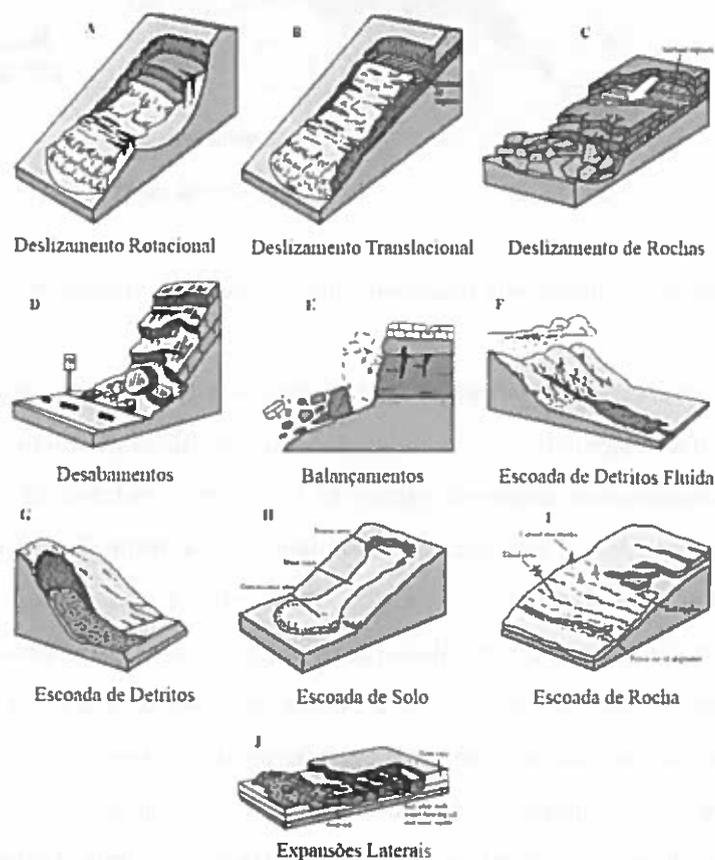


Figura 10. Principais tipos de movimentos de vertente (Highland e Bobrowsky, 2008)

Considerando o exposto na figura anterior podemos afirmar que um movimento de vertente é, em geral, um termo utilizado para descrever o movimento em descida, numa encosta, de uma massa de solo, rocha e materiais orgânicos, por influência da gravidade e da própria forma do terreno (Highland e Bobrowsky, 2008). À parte da definição exata para o fenómeno em análise, é tão ou mais importante conhecer e compreender as componentes básicas de um movimento

de vertente típico. Desta forma, a Figura 11 exemplifica um tipo de movimento, um deslizamento rotacional, e as suas principais componentes.

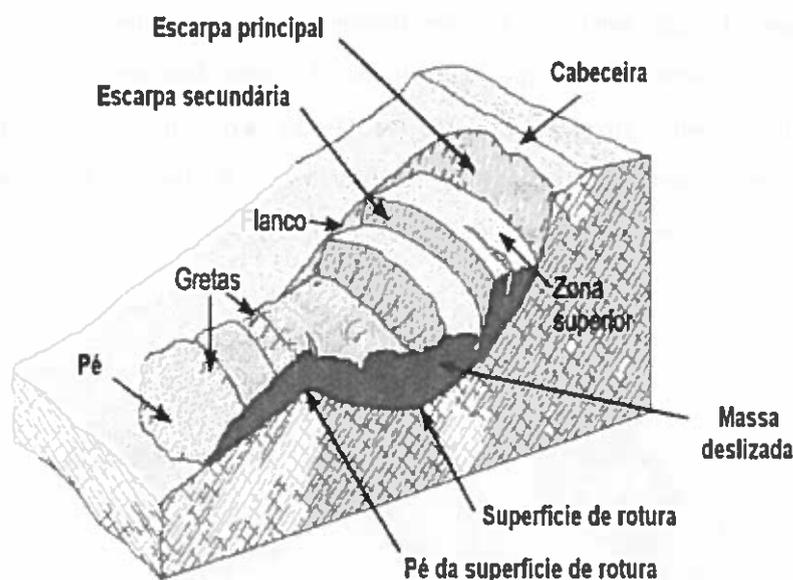


Figura 11. Esquema de um movimento rotacional e suas componentes (adaptado de Varnes, 1978)

A ocorrência de movimentos de vertentes está associada a dois grandes grupos de fatores: condicionantes e desencadeantes. O primeiro diz respeito fundamentalmente ao contexto geológico e às características geomorfológicas do local. Estes factores são permanentes e podem retardar ou acelerar o processo de movimento na vertente. Do contexto geológico fazem parte o tipo, as características e a disposição espacial das rochas, a orientação e inclinação das camadas e o grau de alteração e fracturação das camadas rochosas. Das características geomorfológicas destacam-se o declive, a gravidade e a força de atrito, como agentes causadores de movimentos de massa em vertentes. O segundo grupo de fatores é muito variado e resulta de alterações que foram introduzidas numa determinada vertente e que podem desencadear movimentos em massa. De entre os mais importantes destacam-se a ocorrência de eventos de precipitação elevada, a ação humana por via da destruição do coberto vegetal e remoção de solo, ocorrência de sismos e vibrações e variações de temperatura que provocam movimentos de contração e dilatação dos materiais rochosos. A conjugação espaço-temporal destes fatores bem como a sua magnitude, determina a ocorrência de diferentes tipos de movimentos em vertente.

8.2 Critérios de delimitação

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012 de 3 de Outubro explícita a metodologia que deverá ser seguida para a delimitação das áreas de instabilidade de vertentes. O modelo proposto para a delimitação deveria considerar como informação fundamental o inventário de movimentos de massas em vertentes já ocorridos nas áreas dos municípios em análise, obedecendo aos seguintes procedimentos:

- Inventariação, 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. A avaliação da suscetibilidade deve ser efetuada de modo individualizado para cada tipo de movimento de vertente que tenha incidência relevante no concelho, só sendo aceite o eventual tratamento conjunto quando se demonstre que a análise não resulta distorcida por essa opção. Pela maior importância que assumem no território português, deve ser dedicada uma atenção especial a três tipos de movimentos: desabamentos, deslizamentos e escoadas.
- Identificação e cartografia dos fatores de pré-disposição (condicionantes) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos. Os fatores de predisposição da instabilidade das vertentes são estáticos e inerentes ao terreno. Estes fatores condicionam o grau de instabilidade potencial da vertente e determinam a variação espacial da suscetibilidade do território à instabilidade. No procedimento de delimitação das áreas de instabilidade de vertentes devem ser considerados, pelo menos, os seguintes fatores de predisposição: declive, exposição das vertentes, curvatura das vertentes (perfil transversal), litologia e coberto vegetal/uso do solo. Adicionalmente, podem ser utilizados outros fatores relevantes, como é o caso dos solos, formações superficiais, *Wetness Index*, estrutura geológica.
- Interpretação dos fatores com recurso a um modelo estatístico de relação espacial. A ponderação de cada classe de cada fator de predisposição da instabilidade de vertentes deve ser efetuada de forma objetiva e quantificada, através da aplicação do Método do Valor Informativo (Yin e Yan, 1988; Zêzere, 2002) sobre unidades de terreno matriciais (*pixels*).

Este método tem uma base Bayesiana, sustentando-se na transformação logarítmica (log natural) da razão entre probabilidade condicionada e probabilidade *a priori*. O Valor Informativo (I_i) para qualquer variável independente X_i é determinado pela equação:

$$I_i = \log \frac{S_i N_i}{S N}$$

onde:

S_i é o número de *pixels* com movimentos de massa em vertentes na variável X_i ; N_i é o número de *pixels* com a variável X_i no território concelhio; S é o número total de *pixels* com movimentos de massa em vertentes no território concelhio; e N é o número total de *pixels* no território concelhio.

Devido à normalização logarítmica, I_i não é determinável quando $S_i = 0$. Nestes casos, o valor de I_i deve ser assumido como igual ao I_i mais baixo determinado para o conjunto das variáveis de predisposição consideradas.

O valor de suscetibilidade para cada unidade matricial j é calculado pelo Valor Informativo total dado pela equação:

$$I_j = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_i$$

onde:

m é o número de variáveis e X_{ij} é igual a 1 ou 0, consoante a variável X_i está ou não presente no *pixel* j , respetivamente.

De seguida é efetuada a validação do modelo preditivo com a curva de sucesso. A qualidade da carta de avaliação da suscetibilidade à instabilidade das vertentes deve ser demonstrada pela aplicação de procedimentos de validação estandardizados, baseados no cruzamento do inventário de movimentos com a carta de suscetibilidade. Utiliza-se a Taxa de Sucesso, que permite validar o mapa de suscetibilidade a partir do cruzamento com os mesmos movimentos de vertente que foram utilizados para a sua realização. A expressão gráfica da Taxa de Sucesso obtém-se através da representação da percentagem da área de estudo, hierarquizada por ordem decrescente de instabilidade (em abcissas) e a correspondente distribuição acumulada da área instabilizada corretamente classificada (em ordenadas).

Devem integrar-se as vertentes classificadas como mais suscetíveis pela aplicação do Método do Valor Informativo. A área a integrar deve ser a suficiente para garantir a inclusão de uma fração nunca inferior a 70% das áreas identificadas como instabilizadas no inventário referido no primeiro ponto deste subcapítulo. Assim, é expectável que cerca de 30% dos movimentos de massa em vertentes não sejam englobados na REN pelo modelo preditivo baseado na aplicação do Valor Informativo. A superfície correspondente aos movimentos de massa em questão deve ser incluída, acrescida de uma faixa de segurança de 10 m definida para o exterior dos limites de cada movimento.

Contudo, das reuniões de trabalho realizadas anteriormente com a CCDR-Alentejo concluiu-se que, a existir este tipo de informação, não há a garantia de que os dados tenham sido recolhidos ou registados com exatidão espacial minimamente credível que permita a utilização do processo de modelação proposto pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012 de 3 de Outubro. Para que o modelo estatístico de relação espacial explanado no referido diploma possa ter uma utilização plena e os resultados sejam considerados fiáveis, é imperativo que o volume de dados sobre ocorrências de movimentos em vertentes seja significativo de modo a ser representativo da realidade do território em estudo.

Tendo em conta que a informação detalhada e sistemática sobre os registos de fenómenos de instabilidade de vertentes ocorridos no distrito de Portalegre não foi possível de obter, a aplicação da metodologia sugerida foi preterida por uma estratégia alternativa, mas verosímil, para cumprir com este requisito do caderno de encargos. Assim, considerando que no Alentejo as áreas com instabilidade de vertentes correspondem essencialmente a episódios isolados, associados a ocorrências geológicas em situação de relevo acidentado, como escarpas de falha e zonas de serra, optou-se por seguir a metodologia utilizada no Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo - PROTOVT (CCDRLVT, 2008). A metodologia utilizada neste estudo teve por base a aplicação de um modelo heurístico para a delimitação das áreas de maior Suscetibilidade aos Movimentos de Vertente (SMV) já que não existiam inventários de ocorrência de movimentos de massa para a região. Este modelo sugere o cruzamento dos fatores considerados como sendo os principais condicionantes da instabilidade de movimento de vertentes, nomeadamente a litologia e o declive (Zêzere *et al.*, 2005; CCDRLVT, 2008; Henriques, 2009).

8.3 Dados de base e processamento da informação

Com base na metodologia citada anteriormente efetuou-se a agregação das unidades litológicas existentes. Esta agregação teve por base a Carta Geológica de Portugal à escala 1:500.000 dado que a série 1:50.000 não está completa (nem editada em formato vetorial) para a totalidade do distrito de Portalegre. Do processo de agregação litológica resultou um conjunto de oito classes distintas: depósitos superficiais, rochas carbonatadas compactas, rochas graníticas e afins, rochas quartzíticas e afins, rochas sedimentares detríticas, rochas sedimentares plásticas, rochas vulcânicas e rochas xistentas. Após esta agregação adaptaram-se, para a realidade litológica do município de Marvão, os Limiares Críticos de Declive (LCD), que representam o limiar a partir do qual os materiais rochosos passam a ser considerados como formações com susceptibilidade à ocorrência de fenómenos de instabilidade (Zêzere *et al.*, 2005; CCDRLVT, 2008; Henriques, 2009).

Classe litológica	Limiar Crítico de Declive (°)
Depósitos superficiais	10
Rochas carbonatadas compactas	25
Rochas graníticas e afins	25
Rochas quartzíticas e afins	25
Rochas sedimentares detríticas	15
Rochas sedimentares plásticas	10
Rochas vulcânicas	20
Rochas xistentas	15

Tabela 9. Unidades litológicas e limiares de declive

Para o cálculo da Carta de Declives (em graus) foi utilizada a altimetria fornecida pela CIMAA. O processamento desta informação foi desenvolvido em ambiente SIG com recurso ao algoritmo *Topo to Raster* implementado no *software* ArcGIS 10.1 (Hutchinson, 1989) para o cálculo do Modelo Digital de Elevações. A Carta de Declives foi gerada com resolução espacial de 10m através do método de Horn (Horn, 1981). A sobreposição destes dois *layers* gerou uma nova rede matricial que depois de reclassificada de acordo com as relações incluídas na Tabela 9 permitiu diferenciar as áreas de maior susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertentes (Figura 12).

8.4 Resultados

A delimitação das áreas de instabilidade de vertentes para o município de Marvão, segundo a metodologia anteriormente descrita, permitiu a identificação de locais com maior susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente, e que por esse motivo devem ser

incluídos na delimitação da REN. O processo de generalização cartográfica compreendeu a agregação de polígonos com distâncias entre si inferiores a 20 m e preenchimentos de espaços vazios inferiores a 1 ha resultantes da conversão raster-vetorial, de acordo com os limiares para a elaboração de cartografia na escala 1:25.000 incluídos em Guiomar et al. (2009). Os restantes polígonos isolados com área inferior à área mínima cartográfica não foram considerados. Os polígonos foram posteriormente suavizados através do algoritmo de generalização geométrica de polígonos PAEK (Polynomial with Approximation Exponential Kernel). As zonas mais críticas no que se refere à suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes surgem maioritariamente concentradas nas encostas da Serra Fria e da Serra de Selada.

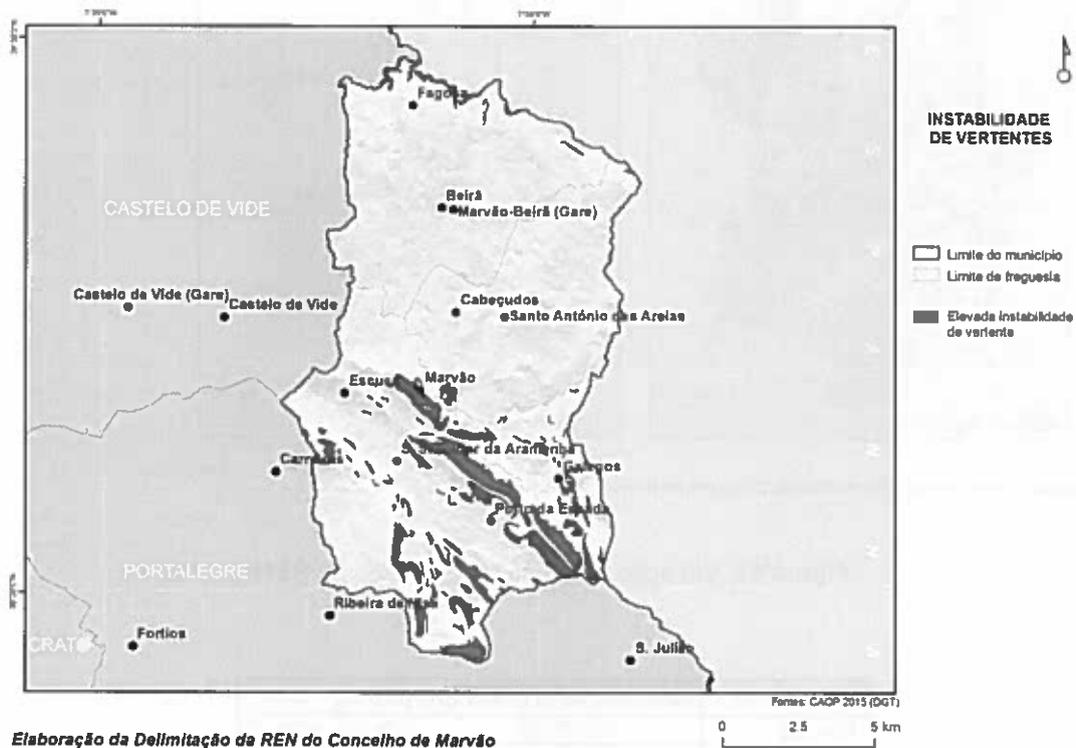


Figura 12. Áreas de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertentes (SMV).

Os resultados obtidos no município de Marvão podem ser analisados na Tabela 10.

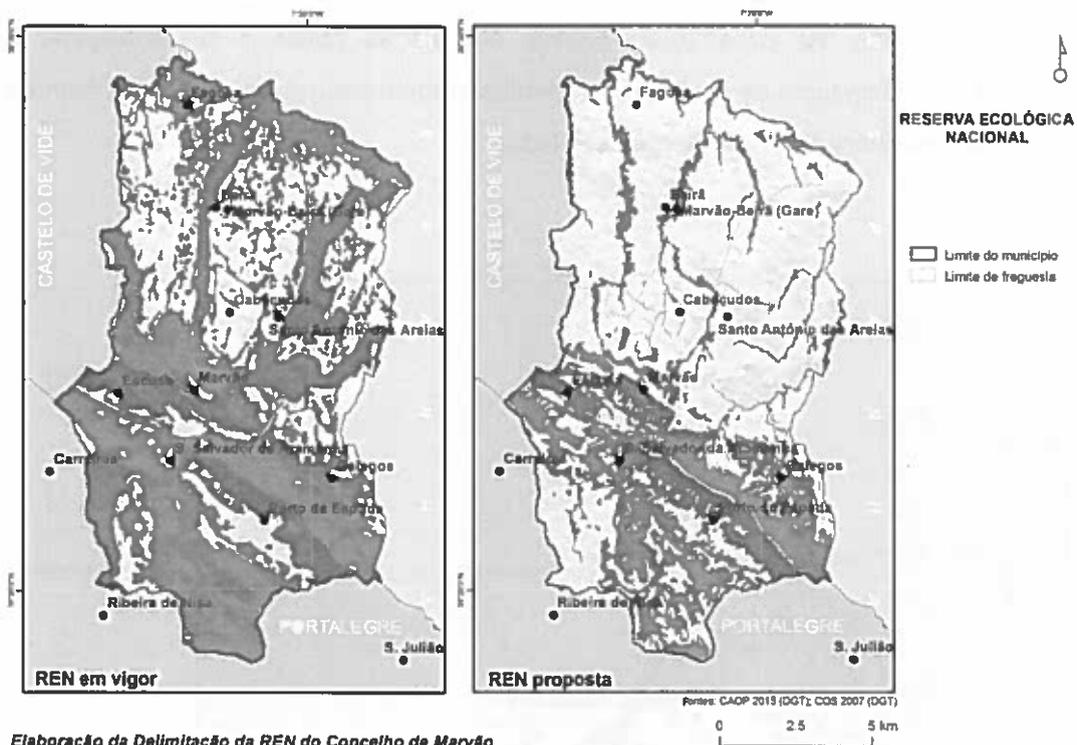
Município	Instabilidade de Vertentes
Marvão	1387,70

Todos os valores de área estão em ha

Tabela 10. Áreas com suscetibilidade elevada à instabilidade de vertentes

10. Balanço de área classificada

Na sequência da proposta de delimitação elaborada e considerando todas as avaliações de variação de área classificada elaboradas, apresenta-se agora um balanço final de área classificada dentro das tipologias a incluir na Reserva Ecológica Nacional.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 13. Variação de áreas classificadas de REN

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Marvão	10502,30	5146,21	-5356,09

Valores em ha

Tabela 11. Comparação de variação de áreas classificadas de REN

11. Nota final

O relatório elaborado descreve de forma não exaustiva o conjunto de trabalhos efectuado, apresentando como complemento das bases informativas criadas a referência às aproximações metodológicas seguidas e implementadas. As bases informativas criadas e entregues conjuntamente com este documento estão todas concluídas.

A informação final constante nas bases informativas foi objecto de processos de filtragem e generalização com critérios perfeitamente estabelecidos, visando garantir a necessária compacidade e leitura da informação e permitir a sua adequada utilização em processos de ordenamento e gestão do território.

11. Referências bibliográficas

- Almeida, C., Mendonça, J.J.L., Jesus, M.R., Gomes, A.J., 2000. *Sistemas aquíferos de Portugal Continental*. INAG/CG, Lisboa.
- Álvares, M. T. P., e Pimenta, M. T., 1998. *Erosão Hídrica e Transporte Sólido em Pequenas Bacias Hidrográficas*. Proceedings do IV Congresso da Água, Lisboa.
- Alves, J. M., Espírito-Santo, M. D., Costa, J. C., Capelo, J., Lousã, M., 1998. *Habitats naturais e seminaturais de Portugal Continental: Tipos de habitats mais significativos e agrupamentos vegetais característicos*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- Bennet, H. H., 1951. *Manual de Conservação do Solo*. Repartição de Línguas Estrangeiras da Secretaria de Estado dos Estados Unidos da América, Rio de Janeiro.
- Brazier R.E., Rowan, J.S., Anthony, S.G., Quinn P.F, 2001. "MIRSED" towards an MIR approach to modelling hillslope soil erosion at the national scale. *Catena* 42: 59-79.
- Cardoso, J., 1984. *A erosão de bacias hidrográficas e o assoreamento de albufeiras*. Dissertação para obtenção do grau de doutoramento.
- CCDRA, 2003. *Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)*. CCDRA, Évora.
- CCDRLVT, 2008. *Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo*. Relatório Sectorial Riscos e Protecção Civil. CCDR-LVT. Lisboa
- Doerfliger, N., Zwahlen, F., 1997. EPIK: A new method for outlining of protection areas in karstic environment, in Gunnay G, Jonshon AI (eds), *International Symposium and Field seminar on karst waters and environmental impacts*, Antalya, Turkey, Balkema, Rotterdam, pp. 117 -123.
- Duijvenbooden, W., e Wargeningh, H. G., 1987. *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants*. Proceedings da International Conference Held in the Netherlands (Delft: TNO Committee on Hydrological Research).
- Ferreira, A.G., Neves, N., Gonçalves, A.C., 2011. *Reserva Ecológica Nacional: critérios para a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo (decreto-lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto)*. Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidade de Évora.
- Ferro, V., Giordano, G., Iovino, M., 1991. Isoerosivity and erosion risk map for Sicily. *Hydrological Sciences Journal* 36(6): 549-564.
- Flanagan, D.C., 1994. *Water erosion prediction project: Erosion Prediction Model*. NSERL, report n.º 9, USDA-ARS, National Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana, USA.

- Foster, S. e Hirata, R. (1993). *Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas*. Governo do Estado de São Paulo Secretaria do Meio Ambiente, Boletim do Instituto Geológico, n.º 10.
- Galeti, P. A., 1976. *Conservação do Solo – Reflorestamento e Clima*. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, São Paulo.
- Gaspar, J. (coord.), 2004. *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território, 3º Relatório – Transformações na ocupação do território: retrospectiva e tendências. Vol. III. Recursos naturais, Ambiente, Património e Riscos*, MCOTA, DGOTDU, Lisboa.
- Guiomar, N., Batista, T., Fernandes, J.P., Cruz, C.S., 2009. *Corine Land Cover nível 5: contribuição para a carta de uso do solo em Portugal Continental*. AMDE, Évora.
- Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol Model* 135: 147-186.
- Henriques C. S., 2009. Dinâmica de vertentes no contexto da reserva ecológica nacional: o caso de estudo do concelho das Caldas da Rainha. Tese de mestrado em sistemas de informação geográfica e modelação territorial aplicados ao ordenamento. Departamento de geografia. Faculdade de letras. Universidade de Lisboa.
- Hickey, R., 2000, Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS. *Cartography*, v. 29, no. 1, pp. 1 - 8.
- Hickey, R, Smith, A., e Jankowski, P., 1994, Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID: *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 18, no. 5, pp. 365 - 380.
- Highland, L.M., & Bobrowsky, P., 2008. *The landslide handbook - A guide to understanding landslides*: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.
- Horn, B.K.P., 1981. Hill shading and the reflectance map. *P. IEEE* 69, 14-47.
- Hutchinson, M.F., 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *J. Hydrol.* 106, 211-232.
- INAG, 2005. *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*. (URL: <http://snirh.inag.pt/>, consulta em: 12-05-2005).
- Kabacoff, R.I. 2011. *R in Action. Data analysis and graphics with R*. Manning Publications Co. 477p.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., & Iverson, L. R., 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5), 629-641.
- Mitchell, J.K., Bubenzer, G.D., 1980. Soil loss estimation. Kirkby, M.J., Morgan, R.P.C. (eds.) *Soil erosion*. John Wiley and Sons Ltd.

- Monteiro, J., 1993. Hidrogeologia da formação carbonatada de Escusa (Castelo de Vide). Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Neves, N., Ferreira, A.G., Gonçalves, A.C., Cancela d'Abreu, A., Ramos, I.A., Freire, M., Guiomar, N., 2011. *Erosão Hídrica Estrutural – EHE: Descrição de processos de modelação geográfica*. Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidade de Évora.
- Neves, N., Freire, M., Guiomar, N., Duarte, L., 2011. Nova métrica focal do acidentado do terreno: avaliação dos efeitos de escala e de contexto. In Santos, N., Cunha, L., *Trunfos de uma geografia activa. Desenvolvimento local, ambiente, ordenamento e tecnologia*. Imprensa da Universidade de Coimbra, pp. 671-679.
- Neves, N., Freire, M., Guiomar, N., Madeira, L., Ramos, I.A., Cancela d'Abreu, A., 2010. *Reserva Ecológica Nacional: esquema nacional de referência*. Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidade de Évora.
- Neves, N., Ramos, I., Guiomar, N., Freire, M., Vila-Viçosa, C., Mendes, P., Machado, R., Godinho, S., Faria, S., 2014. Caracterização do Risco de Erosão nos Municípios do Distrito de Évora – Relatório Final. CIMAC/DPAO-Universidade de Évora.
- Oliveira, M. M., e Lobo-Ferreira, J. P., 2003. Análise de Sensibilidade da Aplicação de Métodos Indexados de Avaliação da Vulnerabilidade à Poluição de Águas Subterrâneas. Jornadas Luso-Espanholas sobre Águas Subterrâneas no Sul da Península Ibérica, Faro.
- Paralta, E. A., Francès, A. P., e Ribeiro, L. F., 2005. *Avaliação da Vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e Análise Crítica das Redes de Monitorização no Contexto da Directiva da Água*. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (Évora: APRH).
- Pimenta, M. T., 1998a. *Caracterização da Erodibilidade dos Solos a Sul do Rio Tejo*. INAG, Lisboa.
- Pimenta, M. T., 1998b. *Directrizes para a Aplicação da Equação Universal da Perda de Solos em SIG*. INAG, Lisboa.
- Pimenta, M.T., 1999. Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K. INAG, Lisboa.
- Pinho, R., Lopes, L., Leão, F., Morgado, F., 2003. *Conhecer as plantas nos seus habitats*. Plátano Edições Técnicas, Lisboa.
- Ribeiro, N. A., Dias, S. S., Surový, P., Gonçalves, A. C., Ferreira, A., Oliveira, A. C., 2004. The importance of Crown Cover on the Sustainability of Cork Oak Stands: A Simulation Approach. In S. Schnabel e A. Ferreira (Eds.), *Sustainability of Agrosilvopastoral Systems – Dehesas, Montados*, Catena Verlag, Reiskirchjen.

- SROA, 1960. *Carta dos solos e carta de capacidade de uso do solo de Portugal*. Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, Secretaria de Estado da Agricultura, Ministério da Economia, Lisboa.
- Tomás, P.M.P.P., 1997. *Modelos de previsão da erosão hídrica em solos agrícolas*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Varnes, D. J., 1978. Slope movement types and processes. In: *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control* (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture in Cooperation with Agriculture Experiment Station, Supersedes Agriculture Handbook n.º 282.
- Yin, K. L., Yan, T. Z., 1988. Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. In Bonnard, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, 2, Balkema, Rotterdam, pp. 1269-1272.
- Zêzere J. L., 2002. Landslide susceptibility assessment considering landslide typology - A case study in the area north of Lisbon (Portugal). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2, 1/2: 73 -82.
- Zêzere, J., Pereira, A.R., Morgado, P., 2005. Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal continental. Actas do X Colóquio Ibérico de Geografia. Associação Portuguesa de Geógrafos. APG. Instituto de Ciências Sociais. ICS. Lisboa.

“Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão”

Versão Preliminar

Equipa:

Nuno Sousa Neves

Nuno Gracinhas Guiomar

Isabel Joaquina Ramos

Sílvia Faria



Mobnetics
Sistemas de Informação, Lda.

Outubro de 2015

Documento Confidencial

Índice

1. Enquadramento e objetivos do estudo	3
2. Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens	4
3. Carta de albufeiras e faixas de protecção	5
4. Carta de lagoas e lagos e respetivos leitos, margens e faixas de protecção	8
5. Carta de áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos	9
5.1. Metodologia para avaliação da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos	11
5.2. Resultados da aplicação do índice EPIK e integração das aluviões	13
6. Carta de zonas ameaçadas pelas cheias	15
6.1. Definição metodológica geral	16
6.2. Análise SWAMP (<i>Structural Water Accumulation Modelling Prediction</i>)	17
6.3. Resultados de aplicação do modelo	19
7. Carta de áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	20
7.1. Metodologia adotada para quantificação da perda de solo	21
7.1.1. Fator de erosividade da precipitação	22
7.1.2. Fator de erodibilidade do solo	23
7.1.3. Fator fisiográfico	24
7.1.4. Fator relativo ao coberto vegetal	25
7.1.5. Fator antrópico	26
7.1.6. Cálculo do risco de erosão	26
7.2. Resultados da aplicação do modelo	27
8. Carta de áreas de instabilidade de vertentes	30
8.1. Definições	30
8.2. Critérios de delimitação	33
8.3. Dados de base e processamento da informação	36
8.4. Resultados	36
9. Balanço de área classificada	38
10. Nota final	39
11. Referências bibliográficas	40

1. Enquadramento e objetivos do estudo

O relatório que se apresenta descreve as tarefas efetuadas no âmbito do cumprimento do contrato celebrado relativo à aquisição de serviços para “*Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão*”. O documento contém a descrição metodológica, os resultados obtidos e uma ilustração de um conjunto de elementos cartográficos (cujas bases informativas digitais constituem anexo a este documento):

- Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens;
- Carta de albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, com os respetivos leitos, margens e faixas de protecção, no mínimo de 100m de largura;
- Carta de áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos;
- Carta de zonas ameaçadas pelas cheias;
- Carta de áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo;
- Carta de áreas de instabilidade de vertentes.

Os elementos cartográficos foram produzidos de acordo com o estabelecido na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, e Declaração de Retificação n.º 71/2012, de 30 de novembro, e em conformidade com os termos técnicos da proposta adjudicada. O estudo incidiu sobre a área do município de Marvão.

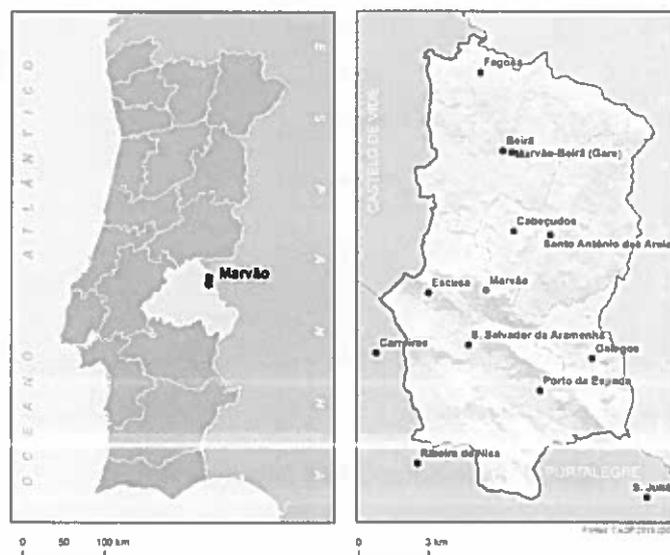


Figura 1. Área de estudo

2. Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens

A elaboração da Carta de cursos de água e respetivos leitos e margens, seguiu as definições metodológicas constantes na normativa de referência, utilizando como base de classificação os atributos da informação cartográfica à escala 1:10.000 fornecida.

Na definição da rede hidrográfica foi tido em conta o princípio orientador do presente trabalho, em termos de continuidade e integração, pelo que foram identificados os cursos de água que, embora estando fora da área delimitada pelo Concelho de Marvão, contribuem para compreender o funcionamento do sistema em termos hidrológicos.

Em função da classificação dos cursos de água existentes no Concelho de Marvão, foi gerada uma faixa de protecção de 10 metros para o exterior da margem do curso de água, sempre que esta existia na cartografia disponível.

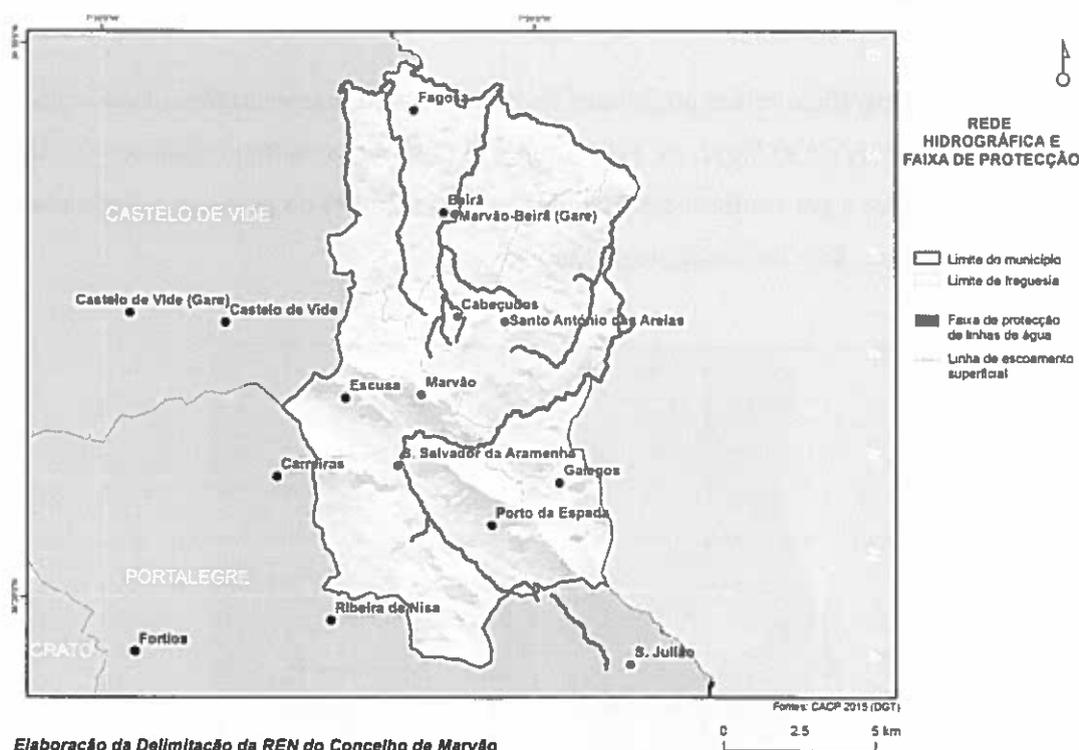


Figura 2. Rede hidrográfica e faixa de protecção

3. Carta de albufeiras e faixas de proteção

Segundo a DSF (1974) consideram-se albufeiras de serviço público, para efeitos de aplicação do Decreto-Lei 502/71, de 18 de novembro:

- As albufeiras cujas águas são ou se prevê que venham a ser utilizadas para o abastecimento de populações, mesmo que também sejam utilizadas para outros fins;
- As albufeiras cujas águas se destinam à rega, integradas em obras de fomento hidroagrícola ao abrigo das disposições da Lei 1949/37, de 15 de fevereiro e do Decreto-Lei 42665/59, de 20 de novembro;
- As albufeiras cujas águas se destinam à produção de energia em centrais hidroeléctricas de serviço público.

Para os efeitos referidos nos termos do Decreto-Lei 502/71, de 18 de novembro, o Decreto Regulamentar 2/88, de 20 janeiro, agrupa as albufeiras em quatro classes:

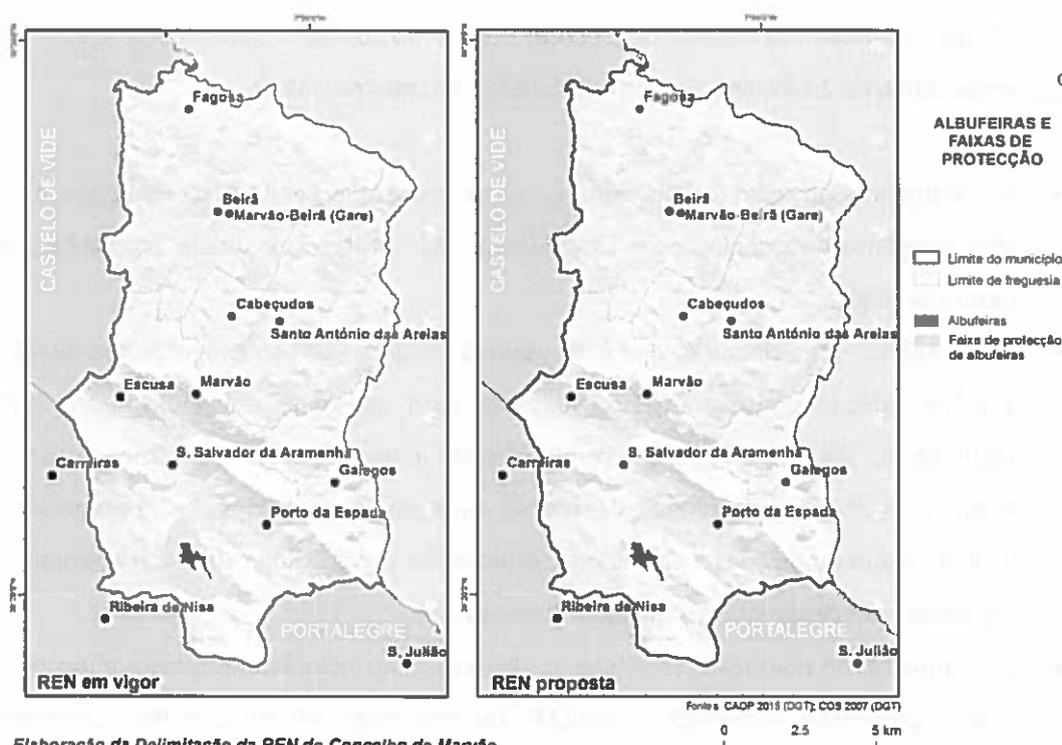
- A – Albufeiras protegidas, cuja água é, ou se prevê que venha a ser, utilizada para abastecimento de populações e as albufeiras cuja proteção é ditada por razões de defesa ecológica;
- B – Albufeiras condicionadas, que não suscitem problemas inconvenientes, em relação aos fins principais, quanto à sua utilização para quaisquer atividades recreativas secundárias, apresentam porém condicionantes naturais como superfície reduzida, margens declivosas, dificuldade de acesso, variações importantes ou frequentes do nível da albufeira devidas a cheias ou à exploração, turvação ou outras características organolépticas desfavoráveis da água, entre outras;
- C – Albufeiras de utilização reservada, as albufeiras não incluídas nas classes anteriores e que apresentam localização, condições ou atractivos naturais que lhes conferem vocação turística potencial ou já aprovada;
- D – Albufeiras de utilização livre, que dispõem de condições que permitem, sem prejuízo dos fins principais, a coexistência das diversas modalidades recreativas, incluindo as desportivas de competição.

A delimitação das albufeiras corresponde ao plano de água até à cota do nível de pleno armazenamento (NPA). Incluem-se todas as albufeiras que estejam classificadas como de

águas públicas de serviço público, nos termos da Portaria n.º 522/2009, de 15 de maio, na redação atual, e as que tenham uma capacidade superior ou igual a 100.000 m³. Os pequenos aproveitamentos hídricos, com capacidade inferior, são considerados cursos de água.

A faixa de proteção inclui a margem. A determinação da largura desta faixa deve atender à dimensão e situação da lagoa ou lago na bacia hidrográfica e à prossecução das funções desempenhadas por estas massas de água, numa avaliação casuística devidamente descrita e fundamentada, adotando como valor de referência a largura de 100 m, medida na horizontal.

A seleção das albufeiras teve em consideração as estruturas já aprovadas nas respetiva REN em vigor e no disposto nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica dos Rios Tejo, Sado e Guadiana. A delimitação final é a que consta na Carta de Ocupação do Solo na escala 1:10.000.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 3. Albufeiras e respetivas faixas de protecção

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Albufeiras	38,94	47,06	8,12
Faixas de protecção	327,31	55,98	-271,33
Albufeiras + Faixa de protecção	366,25	103,04	-263,21

Valores em ha.

Tabela 1. Comparação combinada de áreas de classificação de albufeiras e faixas de protecção

Embora a legislação se refira à delimitação da faixa de proteção das albufeiras como uma área fixa, é entendimento da equipa que esta poderá variar entre albufeiras e até mesmo ao longo de uma albufeira, de acordo com a sua tipologia, capacidade de armazenamento e vulnerabilidade.

4. Carta de lagoas e lagos e respectivos leitos, margens e faixas de protecção

Consideram-se as lagoas e lagos classificados como de águas públicas, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 107/2009, de 15 de maio, e os que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da Reserva Ecológica Nacional (REN), tendo por referência as lagoas identificadas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de outubro, ou outras no quadro das disposições do Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, verificando no terreno a sua existência e origem. São integrados nesta tipologia os pauis, não sendo de considerar as turfeiras, as charcas, os lagos artificiais e outras massas de água de origem antrópica.

Segundo Guiomar *et al.* (2009) consideram-se nesta classe áreas permanentemente (ou por alguns períodos) cobertas por água doce, resultantes de acidentes geomorfológicos, tais como:

- Lagoas de montanha, de dimensão reduzida e fraca profundidade e podem ser oligotróficas ou mesotróficas (Alves *et al.*, 1998);
- Lagoas de planície que se constituem em depressões do terreno em que o solo apresenta características de impermeabilidade, em situação terminal ou a jusante de bacias hidrográficas mais ou menos extensas, ou em locais muito deprimidos nos quais o nível da toalha freática atinge a superfície, e podem ser oligotróficas, mesotróficas ou eutrólicas (Alves *et al.*, 1998);
- Charcos temporários que se encontram sazonalmente cobertos por água e temporariamente sem água de cobertura, embora mantenham humidade edáfica (Alves *et al.*, 1998) e apresentem características únicas cuja sobrevivência depende de uma tolerância fisiológica excepcional (Pinho *et al.*, 2003).

Foram localizadas todas as lagoas listadas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, analisadas as Cartas Militares (série M888) e ainda contactados investigadores envolvidos na identificação de habitats naturais no âmbito da elaboração do Plano Sectorial da Rede Natura 2000, não tendo sido encontrados elementos desta classe na área de estudo.

5. Carta de áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos

As águas subterrâneas são um recurso natural essencial para a integridade dos ecossistemas, representando mais de 95% das reservas de água doce exploráveis do globo. Estas são ecossistemas particularmente ameaçados pela sobre-exploração, pela poluição tóxica e difusa e pelos impactes diretos e indiretos das alterações climáticas na disponibilidade hídrica (Ribeiro e Mendes, 2010).

A delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos não incide sobre as águas hidrominerais, por se tratarem de recursos geológicos sujeitos a regime jurídico específico. Os modelos numéricos do escoamento subterrâneo permitem a simulação do comportamento da hidrodinâmica do aquífero. Estes modelos, desenvolvidos à luz do conhecimento técnico-científico existente, são calibrados com dados físicos do terreno e elaborados com base em modelos conceptuais do aquífero e são a única ferramenta eficaz para definir as áreas de recarga e descarga dos aquíferos. No contexto atual, a maioria dos sistemas aquíferos não dispõe de modelos calibrados e em muitos não é conhecido, em rigor, o seu modelo conceptual da dinâmica. Na presença de aquíferos sobrepostos, optámos por avaliar a vulnerabilidade à contaminação para o sistema aquífero mais superficial, uma vez que é o mais vulnerável. Para a delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos considerámos:

- Os sistemas aquíferos e massas de água subterrânea, tal como está definido no artigo 4.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), inventariados à data pelo INAG;
- Outros sistemas identificados em estudos técnico-científicos validados que sejam produtivos e economicamente exploráveis, de acordo com a definição de aquífero constante da Lei da Água;
- As aluviões, bem como algumas áreas de fracturação, que sejam importantes para a manutenção dos ecossistemas fluviais na época de estiagem;
- Outras formações hidrogeológicas indiferenciadas ou outras áreas que sejam importantes para a prevenção e redução de situações de cheia e inundação e de seca extrema, bem como para a sustentabilidade de sistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea.

Portugal continental encontra-se dividido em quatro grandes unidades hidrogeológicas: o Maciço Antigo, a Orla Ocidental, a Orla Meridional e a Bacia do Tejo-Sado. Nestas unidades foram delimitados pelo, à data, INAG, 62 sistemas aquíferos, dos quais 21 são sistemas cársicos, 22 são porosos, 13 têm comportamento misto poroso-cársico, 5 são cársico-fissurados e 1 é poroso-fissurado. Na área geográfica do Alentejo destacam-se os sistemas aquíferos da Bacia do Tejo/Sado (Moura/Ficalho, Estremoz/Cano, Gabros de Beja, Escusa, Calcários de Moura, Ribeira da Toutalga, Moura/Brenhas, Elvas/Vila Boim, Sines, Alter do Chão/Monforte, Charnuquitos de Campo Maior e Elvas, Elvas/Campo Maior, Pavia/Moura, Évora/Montemor/Cuba, Viana/Alvito e Portel). O Distrito de Portalegre encontra-se predominantemente no Maciço Antigo, onde prevalecem as rochas ígneas e metamórficas. Embora consideradas como impermeáveis, pelas falhas e fracturações, estas podem apresentar uma razoável capacidade de armazenamento, surgindo algumas unidades aquíferas com um interesse hidrogeológico relevante, associadas a rochas calcárias, a gabros, a terraços e a cascalheiras que ocupam depressões do soco antigo, como o caso dos seguintes aquíferos (Figura 4): Escusa, Monforte-Alter do Chão, Estremoz-Cano e Elvas-Vila Boim. No limite Oeste do Distrito domina a Bacia do Tejo-Sado, constituída por formações detríticas de idade terciária, sendo o mais extenso sistema aquífero da Península Ibérica: o sistema da bacia do Tejo-Sado.



Figura 4. Enquadramento dos principais sistemas aquíferos no distrito de Portalegre

O único sistema aquífero que intersecta o município de Marvão é o aquífero da Escusa. A caracterização que se apresenta constitui um resumo do trabalho efetuado por Almeida *et al.* (2000) para Portugal Continental.

O sistema aquífero da Escusa é um sistema cársico que tem aproximadamente 7,7 km². A circulação ocorre não só nos blocos rochosos como também nas discontinuidades que os compartimentam, apresentando porosidade dupla, com conexão hidráulica entre os diferentes conjuntos de blocos. As formas exocársicas são pouco desenvolvidas, não se conhecendo dolinas. Contudo, há registo de abatimentos provocados pelo colapso de cavidades endocársicas (Monteiro, 1993). A recarga faz-se por infiltração direta quer da precipitação, que cai diretamente nos calcários e dolomitos, quer em consequência da escorrência superficial que ocorre das outras formações envolventes, menos permeáveis, e que se infiltra quando atinge o contacto com as formações mais permeáveis. Nas zonas com depósitos de cobertura, ocorre a infiltração da água nestas formações dando origem a nascentes que por sua vez vão recarregar linhas de água influentes (e.g. nascentes de Água Formosa e da Atalaia, situadas a sudoeste da povoação de Escusa; Monteiro, 1993).

5.1 Metodologia para avaliação da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos

A vulnerabilidade do sistema aquífero é definida como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características do aquífero (Duijvenbooden e Wargeningh, 1987; Foster e Hirata, 1993). Segundo Paralta *et al.* (2005) “por vulnerabilidade entende-se a maior ou menor capacidade de atenuação das camadas superiores do aquífero à passagem dos poluentes. Trata-se, portanto, de uma propriedade intrínseca do sistema hidrogeológico. A noção de vulnerabilidade específica deverá ser utilizada sempre que se consideram também as propriedades de um poluente específico e as suas relações com as componentes de vulnerabilidade intrínseca”. Segundo os mesmos autores “o interesse de avaliar o grau de vulnerabilidade das diversas formações aquíferas decorre fundamentalmente da necessidade de fornecer às autoridades competentes um instrumento que seja útil nas tomadas de decisão ao nível do planeamento e ordenamento do território”.

Os mapas de vulnerabilidade pretendem representar o grau de proteção natural à poluição de um aquífero em função das suas propriedades hidrogeológicas. Neste caso, fala-se de

vulnerabilidade intrínseca do aquífero (CCDRA, 2003). Segundo Oliveira e Lobo-Ferreira (2003) “o processo de avaliação da vulnerabilidade deve corresponder ao cálculo bem definido de índices de forma a reduzir a subjetividade envolvida na caracterização desses índices. Os índices devem ser de aplicação relativamente simples, dadas as limitações de dados normalmente existentes, embora devam ser consistentes e válidos para a classificação da vulnerabilidade que se pretende fazer numa área em estudo”.

Os sistemas cársicos ocorrem essencialmente em rochas carbonatadas, calcário e dolomites. Estas apresentam um valor elevado por conterem recursos hídricos subterrâneos de elevado interesse económico. No caso do aquífero de Escusa foi aplicado do índice de vulnerabilidade EPIK, método desenvolvido especificamente para a avaliação da vulnerabilidade deste tipo de aquíferos (Doerfliger e Zwahlen, 1997). Este índice considera a geologia cársica dos aquíferos, a geomorfologia e as características hidrogeológicas. O índice é construído com base nos seguintes quatro parâmetros: epicarso (*E*), cobertura de proteção (*P*), condições de infiltração (*I*) e grau de desenvolvimento da rede cársica (*K*). A cada parâmetro é atribuído um valor segundo uma classificação que tem em conta o impacte potencial da poluição.

Epicarso: aspetos da geomorfologia cársica		Classificação
E1	Sumidouros, dolinas, afloramentos muito fraturados	1
E2	Zonas intermediárias no alinhamento de dolinas, vales secos, afloramentos com fracturação média	3
E3	Ausência	4
Cobertura de proteção: Espessura do solo acima do aquífero cársico		
P1	0 cm -20 cm	1
P2	20 cm -100 cm	2
P3	1 m -8 m	3
P4	> 8m	4
Condições de infiltração		
I1	Cursos de água de carácter perene ou temporário que alimentam sumidouros e dolinas	1
I2	Áreas em bacias hidrográficas com inclinação > 10 % em áreas cultivadas e > 25 % em prados e pastagens	2
I3	Áreas em bacias hidrográficas com inclinação < 10 % em áreas cultivadas e < 25 % em prados e pastagens	3
I4	A restante área da bacia hidrográfica	4
Rede cársica: grau de desenvolvimento		
K1	Moderado a muito desenvolvido	1
K2	Fraco	2
K3	Aquíferos sem carsificação	3

Tabela 2. Valores de referência para os parâmetros do modelo EPIK

Após a classificação dos vários parâmetros (*E*, *P*, *I*, *K*) é efetuada a soma ponderada de acordo com a seguinte expressão:

$$F = 3 Ei + Pj + 3 Ik + 2 Kl$$

Efetua-se, por fim, a classificação dos valores do EPIK em função da sua vulnerabilidade. Consideram-se as áreas mais vulneráveis à poluição dos aquíferos cársicos tomando os valores de EPIK correspondentes às classes de vulnerabilidade “Muito alta” a “Alta”.

Índice EPIK (F)	Vulnerabilidade
≤ 19	Muito alta
19 < F < 25	Alta
> 25	Média

Tabela 3. Classificação da vulnerabilidade

5.2 Resultados da aplicação do índice EPIK e integração das aluviões

Apesar de constrangimentos iniciais na aplicação do índice EPIK, em particular na delimitação do parâmetro epicarso, dada a ausência de cartografia geomorfológica com grau de detalhe suficiente para definir com exatidão alguns aspetos da geomorfologia cársica, foi possível definir com algum detalhe as áreas de maior vulnerabilidade do aquífero da Escusa (Figura 5).

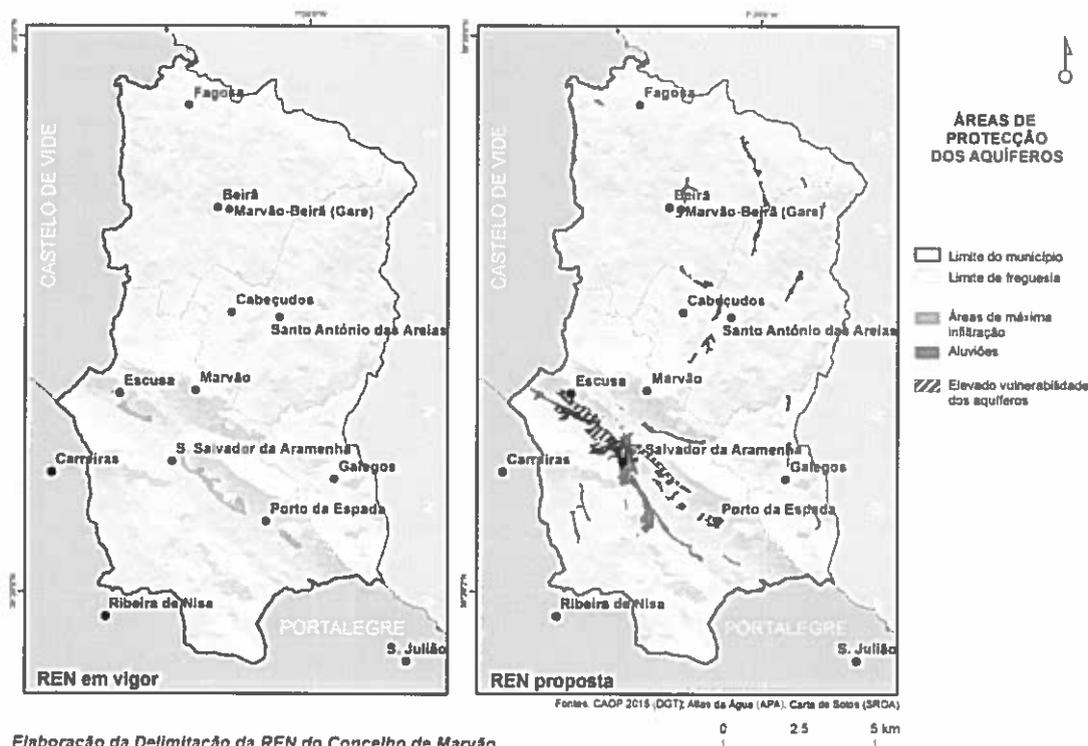


Figura 5. Áreas de proteção dos aquíferos

Tal como ilustra a Figura, e com o objetivo de complementar a análise de vulnerabilidade dos aquíferos subterrâneos, foram ainda extraídos os aluviossolos e os coluviossolos da Carta de Solos de Portugal na escala 1:50.000. Da união destes dois *layers* – vulnerabilidade dos aquíferos e aluviões – resulta o parâmetro da REN referente à proteção dos aquíferos.

As áreas podem ser analisadas e comparadas com as áreas classificadas na REN atualmente em vigor como *Áreas de Máxima Infiltração* (Tabela 4).

MUNICÍPIO	AMI (REN)	VAQ	ALV	VAQ+ALV	VAR
Marvão	105,63	163,02	438,41	561,01	455,38

AMI: Áreas de infiltração máxima; VAQ: Vulnerabilidade dos aquíferos; ALV: Aluviões; VAR: Variação
Valores em ha.

Tabela 4. Comparação entre as áreas de máxima infiltração atualmente em vigor, e as áreas de elevada vulnerabilidade dos aquíferos e aluviões

6. Carta de zonas ameaçadas pelas cheias

Consideram-se como zonas ameaçadas pelas cheias, ou zonas inundáveis, as áreas suscetíveis de inundações por transbordo de água do leito dos cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados. Não estão incluídas nesta tipologia as áreas suscetíveis de inundações motivadas por outros fenómenos, como por exemplo *tsunamis*, rotura de barragens ou diques.

Normalmente, e para efeitos de ordenamento e gestão do território, considera-se que a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias deve processar-se de forma diferenciada em função do uso e ocupação do território:

- Áreas com potenciais impactos negativos importantes (consequências prejudiciais significativas) sobre elementos expostos: a delimitação da área ameaçada pelas cheias considerará sempre o período de retorno de 100 anos embora possa integrar concomitantemente períodos de retorno mais baixos (ex. 20 anos). A delimitação deve ser apoiada em estudo hidrológico referente à bacia hidrográfica e em estudo hidráulico a realizar para o(s) troço(s) do curso(s) de água associados àqueles impactos;
- Áreas em que os impactos das cheias em usos agrícolas ou florestais possuam pouca valorização (grande maioria dos territórios rurais): nestes casos a delimitação das zonas inundáveis 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 da aplicação de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos apropriados.

No Alentejo, as zonas ameaçadas por cheias estão associadas maioritariamente às bacias hidrográficas dos rios Sado e Mira, atingindo várias zonas urbanas, não assumindo uma importância predominante na bacia do Guadiana.

A determinação das zonas ameaçadas pelas cheias associadas ao período de retorno de 100 anos, bem como daquelas onde a ocorrência de cheias fluviais com exceções inferiores (por exemplo 20 anos) conduza a consequências prejudiciais significativas, obriga ou à elaboração de estudos hidrológicos e hidráulicos que utilizem os dados hidrometeorológicos e morfológicos existentes, ou à aplicação de procedimentos hidrológicos expeditos, em caso de

bacias hidrográficas não suficientemente monitorizadas e de bacias hidrográficas entre 10 km² e 600 km², ou a estudos geomorfológicos combinados com uma avaliação estatística.

A aplicação de procedimentos expeditos é complementada com estudos hidrológicos mais desenvolvidos sempre que existam especificidades próprias. Os estudos hidrológicos consideram os dados e informações obtidos nas redes de monitorização de carácter nacional, geridas pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e pelo organismo competente em matéria de meteorologia. Para além destas duas origens, e caso seja relevante, podem utilizar-se dados de redes específicas, locais, regionais ou mesmo nacionais, operadas por outros organismos, instituições ou grupos de investigação.

Do ponto de vista hidrológico, verifica-se a ocorrência de uma cheia quando a bacia hidrográfica é alimentada por água de um modo intenso e prolongado, de modo que o caudal que daí advém e que afluí à rede hidrográfica excede a capacidade normal de transporte ao longo da rede, transbordando as margens naturais ou artificiais e alagando as zonas contíguas.

6.1 Definição metodológica geral

Neste trabalho foi adoptado o modelo (SWAMP – *Structural Water Accumulation Modelling Prediction*),¹ desenvolvido anteriormente por um conjunto de membros da equipa do presente estudo, cujo potencial demonstrado em análises anteriores se tinha revelado extremamente significativo. O modelo SWAMP destina-se primariamente à avaliação da pantanosidade estrutural, que pode ser descrita como a propensão para a acumulação de escoamentos e a sua estagnação decorrente de uma menor propensão para o movimento.

Neste modelo considera-se que a morfologia do terreno é simultaneamente a assinatura e a infra-estrutura dos fenómenos hidrológicos e que os processos de acumulação de escoamentos ocorrem em resultado de diversos factores bem mais dificilmente modeláveis, sendo o seu comportamento passado, presente e futuro passível de ser inferido a partir do condicionamento infra-estruturante da morfologia do terreno. O condicionamento infra-estruturante da morfologia do terreno tem sido abordado sobretudo numa dimensão de

¹ O método utilizado resultou da experiência acumulada no desenvolvimento do modelo SWAMP apresentado pela primeira vez na conferência TEMPRIV – *Temporary Rivers*, e mais recentemente no Congresso da Geografia Portuguesa.

caracterização local e focal, sendo escassas as tentativas de criação de métricas globais capazes de permitir uma adequada integração da complexidade dos fenómenos envolvidos.

O modelo SWAMP integra a formulação e o processo de modelação geográfica assente na criação de um conjunto de variáveis morfométricas globais visando a criação de um índice de pantanosidade. De entre as variáveis morfométricas e morfodinâmicas globais utilizadas merecem particular destaque as seguintes:

- HRACCM (*Hydrological Reverse Accumulation Metric*): variável morfométrica e morfodinâmica descrevendo um tensor de alagamento, obtida pela integração do valor estimado de acumulação reversiva através do modelo relativo do terreno para uma bacia ou sub-bacia hidrográfica com morfologia hidrologicamente funcional;
- HRTM (*Hydrological Relative Terrain Model*): modelo digital de elevações relativo, gerado a partir da modelação recursiva de escoamentos segundo o modelo D8 clássico, sobre uma base do modelo digital de elevação definido a partir de processos de multi-resolução adaptativa com condicionamento hidrológico funcional.

Considerando a sua formulação matemática e os processos integrados de modelação geográfica, o modelo SWAMP permite uma avaliação de altura de alagamento bem como o estabelecimento de funções de previsão de base logística, estabelecendo a probabilidade de classificação como local de cheia (1) ou de não-cheia (0) em todas as células de uma bacia hidrográfica representada matricialmente.

Foi efetuada a definição espacial das áreas de cheias para a totalidade da área de estudo, com um nível de qualidade que se considera elevado, face às limitações de detalhe e frequência altimétrica da informação utilizada.

6.2 Análise SWAMP (*Structural Water Accumulation Modelling Prediction*)

A relação entre a ocorrência de cheias e as variáveis HRACCM e HRTM foi analisada através da aplicação de um modelo de regressão logística. Este método tem como objectivo produzir a partir de um conjunto de registos (observações), um modelo estatístico que permita a predição de valores tomados por uma variável binária a partir de um conjunto de variáveis explicativas. Assim, com base na variável resposta binária (1 = ocorrência de cheias, 0 = não

ocorrência de cheias) gerou-se uma regressão logística com recurso ao modelo linear generalizado implementado na “package” *stats* do *software R project* para ajustar uma função de probabilidade de um qualquer ponto do terreno ser “ocorrência de cheia” ($Y=1$) em função dos valores das variáveis independentes através da seguinte expressão:

$$\pi = \frac{1}{1 + e^{-(\beta + \beta_0 x_1 + \beta_\eta x_\eta)}}$$

Onde x_η é a variável explicativa e β_η é o coeficiente ajustado para a variável x_η .

O modelo de regressão logística utilizado aplica como função de ligação a função *logit*, sendo que neste processo a distribuição utilizada foi a *quasibinomial* para evitar problemas de “overdispersion” dos dados de entrada (Kabacoff, 2011).

A análise estatística para ajustamento do modelo final de regressão logística foi desenvolvida seguindo duas fases principais. Na primeira foram aplicados modelos de regressão logística univariados, onde cada uma das variáveis em estudo foram testadas separadamente (modelos parciais) para avaliar a sua significância e importância na explicação da ocorrência de cheias. Com bases nos resultados desta fase foi ajustado o modelo final.

Por fim, para avaliar a qualidade de ajustamento do modelo foi calculado o valor D^2 (*explained deviance*) (Guisan e Zimmermann, 2000) através da seguinte expressão:

$$D^2 = \frac{\text{Null deviance} - \text{Residual deviance}}{\text{Null deviance}} * 100$$

O valor de D^2 pode ser interpretado como sendo a variabilidade total explicada pelo modelo, sendo que quanto maior for o valor (varia entre 0 e 100%) melhor será o ajustamento do modelo e assim uma maior capacidade de predição de novos valores.

O modelo final tem um ajustamento excelente na medida em que explica 94.3% da variabilidade total dos dados amostrados, demonstrando que o modelo ajustado é robusto e pode ser generalizado para toda a área de estudo de forma a predizer os locais com maior probabilidade de ocorrência de cheia.

6.3 Resultados de aplicação do modelo

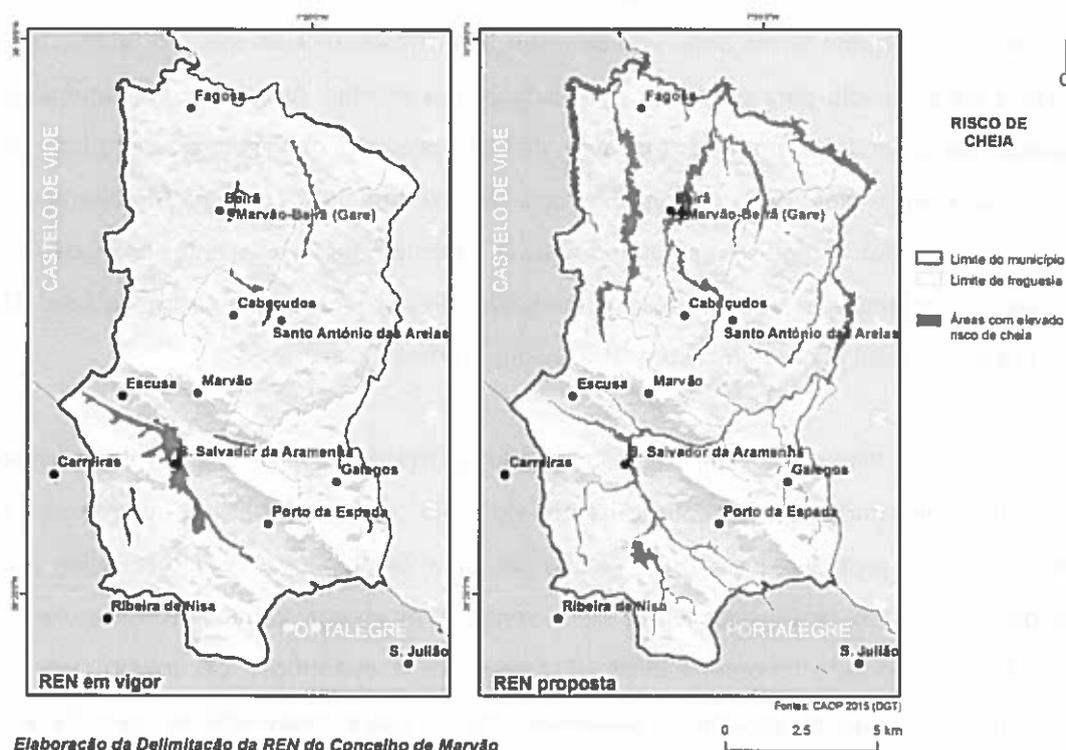
Os resultados matriciais da aplicação do modelo SWAMP foram reclassificados em duas classes: cheia (0,9-1), não cheia (0-0,9) e posteriormente vectorizados, produzindo os resultados finais após um processo de generalização relativamente suave (PAEK limiar 30 metros), visando facilitar uma melhor representação cartográfica.

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Marvão	472,14	1184,25	712,11

Valores em ha

Tabela 5. Comparação de áreas de classificação de zonas ameaçadas pelas cheias

Verificam-se acentuadas diferenças nos resultados, com o acréscimo de algumas áreas a integrar em REN quando comparada com a REN atualmente em vigor.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 6. Áreas de elevado risco de cheia incluídas na REN atualmente em vigor

7. Carta de áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

A erosão é um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos e temperatura (Galetti, 1976), ou ainda por ação da gravidade (Bennet, 1951). Os fatores determinantes no fenómeno erosivo são primordialmente o solo, a morfologia do terreno, o clima, o coberto vegetal e a atividade humana. A natureza do solo e o seu relevo são sem dúvida os mais importantes na dinâmica do fenómeno erosivo, em conjugação com os fatores climáticos, sendo a precipitação um agente ativo no processo de desagregação do solo. As variáveis térmicas pronunciadas são elementos de desagregação das rochas e dos próprios constituintes do solo. O vento, para além de agente de desagregação, é também agente de transporte (Sardinha e Macedo, 1981).

Segundo os mesmos autores, a cobertura vegetal é um dos elementos fundamentais de defesa e conservação do solo. Além de o proteger, com a sua parte aérea, da ação direta do vento e da chuva, o seu raizame forma uma rede de retenção das partículas de solo. Por outro lado, absorve a água do solo para prover às necessidades das plantas. A água do escoamento é obrigada a percorrer áreas em maior extensão, devido à presença de vegetação, reduzindo-se assim a sua energia cinética e, portanto, a força de arrastamento. Logo que desapareça o revestimento vegetal, rompe-se o equilíbrio natural, podendo então os agentes erosivos agir livremente, arrastando por vezes vultosas quantidades de solo. A extinção parcial ou total da cobertura vegetal tem conduzido à intensificação dos fenómenos erosivos.

Segundo Álvares e Pimenta (1998), a erosão do solo caracteriza-se pela remoção de material superficial, conduzindo ao empobrecimento do solo e, em situações extremas, à desertificação. O processo de erosão resulta de uma combinação de fatores que são dependentes e estão interligados entre si, e apresentam grande variabilidade espacial e temporal, tornando este fenómeno difícil de equacionar e quantificar. De acordo com os autores, os fatores que influenciam os processos erosivos são a erosividade da precipitação, medida pela sua intensidade e energia cinética, a erodibilidade dos solos, definida pelas suas características físicas e químicas, o coberto vegetal, pela sua maior ou menor proteção do solo, os declives e comprimentos de encostas e as práticas de conservação existentes.

7.1 Metodologia adotada para a quantificação da perda de solo

Sendo o fenómeno erosivo decorrente de variados fatores em contextos de complexidade, decorrente da sua natureza inter-relacionada, considera-se pertinente uma aproximação visando a definição de uma metodologia simples e eficaz, facilmente aplicável na definição de políticas de ordenamento do território.

Podendo a força gravítica, ou melhor dizendo, o trabalho da força gravítica ser considerado o fator primordial em processos de erosão decorrentes do escoamento superficial, a metodologia desenvolvida por Ferreira *et al.* (2011) e por Neves *et al.* (2010, 2011a, 2011b) integrou primeiramente esta dimensão. Os autores consideram o estudo dos processos erosivos numa perspectiva global ou de contexto, integrando nos procedimentos metodológicos não a erosão específica local decorrente da inclinação do terreno em cada local ou célula, mas a erosão potencial global cumulativa, em que a erosão em cada célula é influenciada por um conjunto de células e influencia outro conjunto de células.

Outros modelos de previsão de perda de solo recorrem a este princípio, como o WEPP – *Water Erosion Prediction Project* (Flanagan *et al.*, 1994), e têm demonstrado bastante aderência à realidade, de acordo com os trabalhos desenvolvidos com base nos dados da Estação Experimental de Erosão de Vale Formoso (Tomás, 1997), sendo limitado pela quantidade de informação de base necessária à sua utilização. Em 2001 foi adaptado ao modelo WEPP a metodologia MIR (*Minimum Information Requirement*) que se baseia fundamentalmente em informação topográfica, de solo e de ocupação do solo associada a um simulador, usando um conjunto mínimo de informação para estimar a perda de solo (Brazier, 2001).

A delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo apoia-se na aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS), adaptada a Portugal continental e à unidade de gestão bacia hidrográfica. A metodologia adotada, desenvolvida pela APA I.P., resulta da possibilidade de expansão do número de estimativas pontuais do fator de erosividade da EUPS ao território continental, apoio para a determinação de superfícies de potencial de erosividade da precipitação.

Para estimar a erosão específica do solo (A), em ton/ha.ano, faz-se a ponderação dos fatores da EUPS nas várias bacias hidrográficas e aplica-se a expressão:

$$A = 2,24 \times R \times K \times LS \times C \times P$$

onde:

- *A*: perda de solo média ou erosão específica [$t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$];
- *R*: fator de erosividade da precipitação, baseado nas estimativas efetuadas pelo, à data, INAG, considerando eventos com precipitação total superior a 50,8mm (duas polegadas), ponderados para as bacias hidrográficas em análise [$MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$];
- *K*: fator relativo à erodibilidade dos solos [$t \cdot ha \cdot h \cdot ano \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$], baseado na correspondência entre a classificação da FAO e o valor de erodibilidade proposto por Pimenta (1999);
- *LS*: fator topográfico, adimensional, que exprime a importância conjugada do comprimento da encosta (*L*) e do seu declive (*S*), aferidos à geometria normalizada dos talhões experimentais (*L* igual a 22,5m e *S* igual a 9%).
- *C*: fator relativo ao tipo de culturas e sua sequência, baseado na correspondência entre as cartas *Corine Land Cover* e COS'90 e o valor de *C* proposto por Pimenta (1999);
- *P*: fator antrópico, baseado na densidade populacional dos concelhos do continente ($n.º \text{ hab}/km^2$) obtida através dos dados do INE, a partir dos quais são definidas 20 classes, correspondendo a classe de menor densidade populacional ao valor de *P* 5 % e a de maior densidade ao valor 100 %.

A EUPS está vocacionada para o cálculo da perda de solo média de unidades de paisagem específicas associadas a um determinado tipo de cultura e de gestão territorial (Tomás, 1992, 1997; Rosewell e Edwards, 1998).

7.1.1 Fator de erosividade da precipitação

A desagregação de partículas de um solo pelas gotas de chuva é um dos processos fundamentais relacionados com a erosão hídrica dos solos, tornando-se assim necessário quantificar a energia cinética da precipitação (Tomás, 1992).

Os estudos de Wischmeier e Smith (1978) e de Ferro *et al.* (1991) foram a base para a expansão do número de estimativas pontuais do fator de erosividade (*R*) em todo o território

continental, permitindo a determinação de superfícies de potencial de erosividade. Estas superfícies estão representadas no mapa de isoerodentes disponível em suporte digital no portal do SNIRH (<http://snirh.pt>, opção Atlas da Água e Atlas Nacionais), correspondente ao representado na Figura 7.



Figura 7. Erosividade da precipitação (R)

7.1.2 Fator de erodibilidade do solo

Segundo Pimenta (1998b), “a determinação da erodibilidade do solo pressupõe o conhecimento dos seus constituintes no que se refere ao conteúdo em areia, limo, argila e matéria orgânica, bem como à informação sobre a permeabilidade e a estrutura. As características físicas e químicas do solo e as suas inter-relações têm um efeito variado nos valores de erodibilidade. Além disso, muitos mecanismos de erosão atuam ao mesmo tempo, relacionados com cada propriedade específica do solo”.

Ainda segundo a mesma autora, “o factor erodibilidade K da EUPS foi desenvolvido para talhões experimentais, nos quais, as características físicas e químicas dos solos são facilmente analisadas, bem como as suas alterações ao longo do tempo. Quando se pretende avaliar a erodibilidade do solo em áreas mais vastas do território e para um determinado intervalo de tempo, é necessário utilizar informação mais generalizada, recorrendo à cartografia de solos com as unidades pedológicas devidamente caracterizadas”.

O cálculo da erodibilidade é função de cinco parâmetros (Pimenta, 1998a): argila, areia grossa, areia fina, limo, matéria orgânica (OM), estrutura (s) e permeabilidade (p). A erodibilidade pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$K = \frac{[2,1 \times 10(12 - OM)M + 3,25(s - 2) + 2,5(p - 3)]}{100 \times 7,59}$$

Segundo Pimenta (1998a), o parâmetro M define o tamanho das partículas e corresponde ao produto:

$$M = (\% \text{ limo} + \text{areia fina}) \times (100 - \% \text{ argila})$$

Para a caracterização deste parâmetro foram utilizadas as Cartas de Solos de Portugal, na escala 1:50.000.

7.1.3 Fator fisiográfico

O factor fisiográfico é uma das variáveis mais complexas de determinar, correspondendo o fator L aos valores cumulativos dos *pixels* existentes numa determinada encosta. Este problema foi solucionado através do cálculo do comprimento cumulativo do declive (Hickey *et al.*, 1994; Hickey, 2000; van Remortel *et al.*, 2001). O fator fisiográfico pode então ser obtido através da seguinte expressão:

$$LS = \left(\lambda/72,6\right)^m (65,41 \sin^2 \beta + 4,56 \sin \beta + 0,065)$$

em que:

LS – Factor Fisiográfico

λ - Comprimento cumulativo do declive

β - Declive

m - Variável associada ao declive (0,5 para declives superiores a 2,86°; 0,4 para declives entre 1,72° e 2,86°; 0,3 para declives entre 0,57° e 1,72°; e 0,2 para declives inferiores a 0,57°)

Segundo Ribeiro *et al.* (2004), a transposição desta equação para álgebra de mapas pode ser feito de acordo com a expressão seguinte:

$$LS = \left(\frac{A_s}{22,13} \right) \times 1,4 \times \left(\frac{\sin b}{0,0896} \right)$$

em que:

A_s - acumulação de escoamento (Jenson & Domingue, 1988)

b - declive

Para o objectivo proposto, optámos pela expressão publicada em Mitsova *et al.* (1996):

$$LS_{(r)} = (m + 1) \left[\frac{A_s(r)}{22,13} \right]^m \left[\frac{\sin b_{(r)}}{\sin 5,143} \right]^n$$

em que:

r - resolução

22,13 m [L] e 5,143° [S] - geometria normalizada dos talhões experimentais

m e n - coeficientes relacionados com o escoamento e infiltração

Para o coeficiente m foram atribuídos os valores que se apresentam na primeira equação deste sub-capítulo, e que variam de acordo com o declive, enquanto o fator n foi assumido como uma constante de valor 1,3 (Mitsova *et al.*, 1996). Os processos de análise espacial para a obtenção do parâmetro LS foram realizados sobre a altimetria, nas escalas 1:10.000 e 1:25.000, fornecida pela CIMAA.

7.1.4 Fator relativo ao coberto vegetal

O fator de cultura foi derivado em talhões experimentais, baseado em determinadas condições iniciais. No entanto, quando nos referimos a grandes áreas do território é necessário fazer algumas simplificações para a definição do fator de cultura a atribuir a cada tipo de ocupação

do solo (Pimenta, 1998b). A classificação foi associada à carta de ocupação do solo na escala 1:25.000.

7.1.5 Fator antrópico

O fator antrópico é determinado a partir da densidade populacional dos concelhos do continente ($n.^{\circ}$ hab/km²) obtida através dos dados do INE, a partir dos quais são definidas 20 classes, correspondendo a classe de menor densidade populacional ao valor de P 5 % e a de maior densidade ao valor 100 %. No caso particular recorreu-se à distribuição da população à escala da BGRI.

7.1.6 Cálculo do risco de erosão

Após o cálculo de *A*, estima-se a perda de solo específico recorrendo à Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR). A SDR foi determinada a partir de pares de valores de área de drenagem (*Ab*), expressa em km², e de SDR, expressa em percentagem (SCS, 1971 *in* Cardoso, 1984 e *in* Mitchell e Bubenzer, 1980), aos quais se ajustou a equação do tipo potencial:

$$SDR = 0,332 Ab^{-0,2236}$$

A perda de solo específico (*Pse*) é determinada a partir da equação:

$$Pse = SDR \times A$$

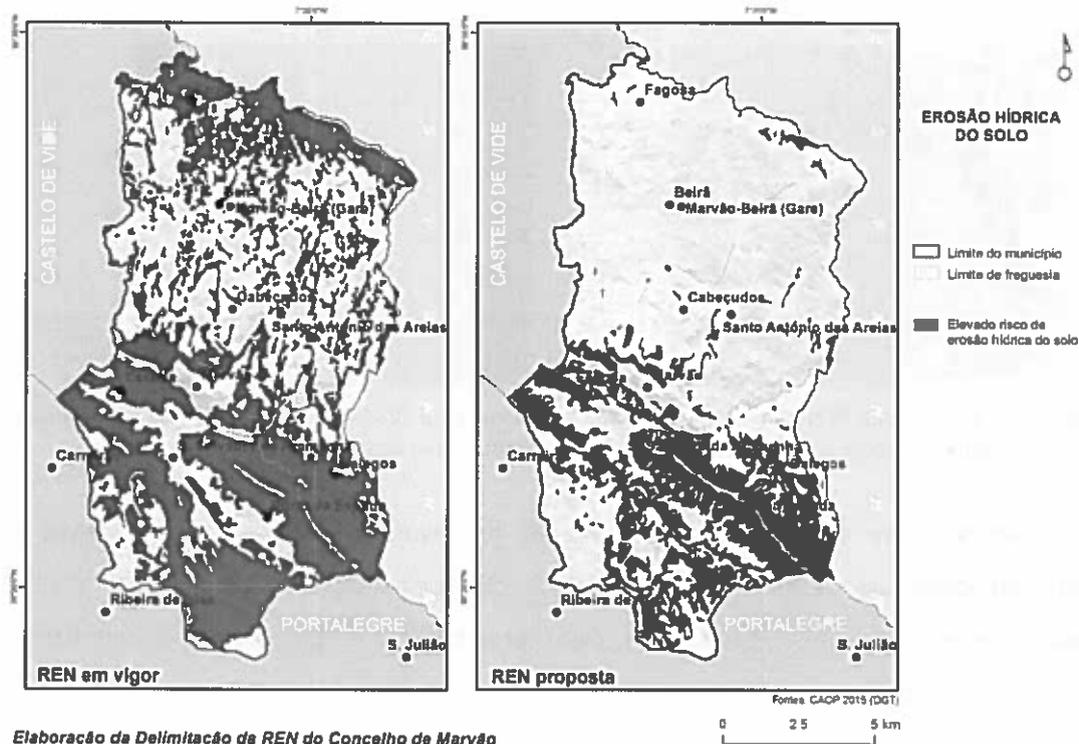
Em termos de classificação qualitativa da perda do solo associada a um risco de erosão hídrica, aplicam-se os valores indicados na Tabela 6.

Perda do solo (<i>Pse</i>) - ton/ha.ano	Avaliação do Risco
Maior ou igual a 55	Elevado
Entre 25 e 55	Médio
Entre 0 a 25	Baixo

Tabela 6. Valores de referência para o parâmetro *Pse*

7.2 Resultados da aplicação do modelo

A Figura 8 representa a área a integrar na REN de acordo com o limiar publicado no diploma legislativo anteriormente referido.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 8. Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

Os dados comparativos entre as áreas (em ha) atualmente inscritas na REN e as obtidas neste estudo podem ser observados na Tabela 7.

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Marvão	7811,83	3692,38	-4119,45

Valores em ha

Tabela 7. Comparação da classificação das áreas de erosão do solo

Verificam-se acentuadas diferenças nos resultados, com um decréscimo muito significativo da área a integrar em REN quando comparada com a REN atualmente em vigor. Um dos fatores com implicação nas diferenças evidenciadas está relacionado com a inclusão do fator relacionado com a distribuição da população. Estas diferenças podem estar igualmente relacionadas com o facto de a REN atualmente em vigor ter sido cartografada recorrendo ao

uso da Carta de Capacidade de Uso do Solo (Figura 9) para este fim. O exemplo que se segue permite evidenciar que esta foi a informação base para definir as áreas com eventual Risco de Erosão a integrar na REN. A sobreposição das áreas com eventual Risco de Erosão classificadas em REN, com Carta de Capacidade de Uso do Solo, permite verificar uma coincidência dos limites destas com as áreas *Ee* e *De* (dominantes em complexos de solos).

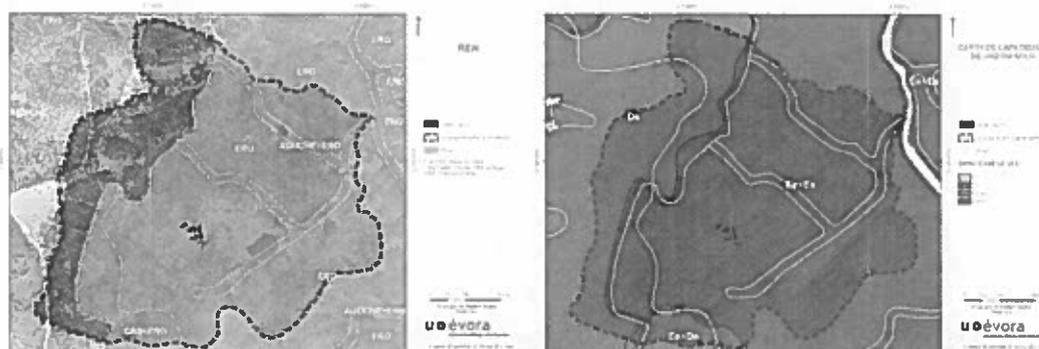


Figura 9. Tipologias de REN numa área analisada em Neves et al. (2014), e sobreposição das áreas REN classificadas com risco de erosão e as classes e subclasses de Capacidade de Uso do Solo

As diferenças entre as cartas poderão dever-se a conversões *raster-vector*, processos de georreferenciação ou mesmo aquando da delimitação original da REN. A capacidade de uso é avaliada segundo 5 classes e 3 subclasses, cujas características e significado estão sintetizados na Tabela 8.

Classe	Características principais
A	- Poucas ou nenhuma limitações
	- Sem riscos de erosão ou com riscos ligeiros
	- Susceptível de utilização agrícola intensiva
B	- Limitações moderadas
	- Riscos de erosão no máximo moderados
	- Susceptível de utilização agrícola moderadamente intensiva
C	- Limitações acentuadas
	- Riscos de erosão no máximo elevados
	- Susceptível de utilização agrícola pouco intensiva
D	- Limitações severas
	- Riscos de erosão no máximo elevados a muito elevados
	- Não susceptível de utilização agrícola, salvo casos muito especiais
	- Poucas ou moderadas limitações para pastagens, exploração de matos e exploração florestal
E	- Limitações muito severas
	- Riscos de erosão muito elevados
	- Não susceptível de utilização agrícola
	- Severas a muito severas limitações para pastagens, matos e exploração florestal
	- Ou servindo apenas para vegetação natural, floresta de proteção ou de recuperação
- Ou não susceptível de qualquer utilização	
Subclasses	Significado
e	Erosão e escoamento superficial
h	Excesso de água
s	Limitações do solo na zona radicular

Tabela 8. Classes e subclasses da Carta de Capacidade de Uso do Solo

A Carta de Capacidade de Uso do Solo (SROA) de 1960 é amplamente utilizada com objetivos de planeamento em Portugal, sem ter em consideração o seu significado e a sua validade para outras utilizações para além da que foi feita. Por esse motivo, é necessário explanar qual a origem e objetivos da Carta de Capacidade de Uso do Solo e assim aferir a sua utilidade noutros âmbitos:

- As bases para elaboração da CCUS foram estabelecidas por adaptação dos critérios e métodos usados pelo *Soil Conservation Service* do *United States Department of Agriculture* às condições da sua elaboração, ditadas pelas diferenças dos objetivos a atingir, pela natureza das unidades da Carta de Solos, pela escala de trabalho e ainda pela natureza quantitativa dos elementos de trabalho disponíveis;
- A CCUS é uma interpretação da Carta de Solos em que as diferentes unidades são agrupadas de acordo com a sua capacidade de uso;
- A capacidade de uso do solo define-se em função das limitações que as unidades apresentam em relação à sua utilização na produção das culturas agrícolas mais comuns², que não necessitam de condições especiais³, durante um período longo de tempo sem sofrerem deterioração;
- As classes são agrupamentos de solos que apresentam o mesmo grau de limitação e/ou riscos semelhantes que afetam o seu uso durante um período de tempo longo, e as subclasses são grupos de solos de uma mesma classe que apresentam a mesma espécie de limitação dominante ou de riscos de deterioração;
- Não foram consideradas limitações resultantes de variáveis climáticas, ao contrário da metodologia desenvolvida pelo *Soil Conservation Service*, nem é considerada a vegetação existente;
- A classificação segundo a capacidade de uso não é um agrupamento de solos, de acordo com o uso mais rentável que se possa fazer da terra;
- Os solos da mesma classe são semelhantes apenas no que respeita ao grau de limitações de uso para fins agrícolas ou aos riscos que estão sujeitos quando agricultados.

² Na verdade teve como referência o trigo, e não integra culturas permanentes características da paisagem mediterrânica como o olival ou a vinha.

³ Como por exemplo o arroz.

8. Carta de áreas de instabilidade de vertentes

A delimitação das *Áreas de Instabilidade de Vertentes* baseia-se na avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa em encostas devendo ser efetuada respeitando, no mínimo, a sequência de procedimentos metodológicos adotados no diploma referido no Caderno de Encargos. As áreas de instabilidade de vertentes são integradas no Anexo I do Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto, na classe “Áreas de Prevenção de Riscos Naturais” sendo consideradas por Gaspar (2004) um dos riscos naturais que ocorre com maior preponderância em Portugal Continental. A sua delimitação, no contexto das ações de planeamento e ordenamento territorial, tem como principais objetivos:

- Garantir a estabilidade dos sistemas biofísicos;
- Salvaguarda face a fenómenos de instabilidade e de risco de ocorrência de movimentos de massa em vertente e de perda de solo;
- Prevenção da segurança de pessoas e bens.

É neste contexto que a Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012 de 3 de Outubro estabelece como obrigatoriedade a delimitação das áreas de instabilidade de vertentes.

As escarpas naturais deverão ser delimitadas e incluídas enquanto áreas de instabilidade de vertentes. Deverão, nessa delimitação, estar incluídas as faixas de proteção a partir do rebordo superior e da base, cada uma das quais com largura determinada em função da geodinâmica e dimensão da escarpa e do interesse cénico e geológico do local⁴. No entanto, no Alentejo as áreas com instabilidade de vertentes correspondem essencialmente a ocorrências isoladas, associados a ocorrências geológicas em situação de relevo acidentado, como escarpas de falha e zonas de montanha.

8.1 Definições

De acordo com o Anexo I do DL n.º 166/2008, de 22 de agosto, as áreas de instabilidade das vertentes são áreas que, devido às suas características de solo e subsolo, declive, dimensão e forma da vertente ou escarpa e condições hidrológicas, estão sujeitas à ocorrência de

⁴ No mínimo, deverá ser igual à altura do desnível entre a crista e o sopé.

movimentos de massa em vertentes, incluindo os deslizamentos, os desabamentos e a queda de blocos.

A diversidade de definições existentes na comunidade científica para descrever os movimentos em vertentes, é revelador da complexidade inerente a este fenómeno. De acordo com a classificação inicialmente proposta por Varnes (1978), existem cinco grandes tipos de movimentos: deslizamentos (rotacionais, translacionais e de rochas), desabamento, balançamentos, escoadas (de detritos fluida, de detritos, de solo, e de rocha), Expansões laterais e Complexos.



Figura 10. Principais tipos de movimentos de vertente (Highland e Bobrowsky, 2008)

Considerando o exposto na figura anterior podemos afirmar que um movimento de vertente é, em geral, um termo utilizado para descrever o movimento em descida, numa encosta, de uma massa de solo, rocha e materiais orgânicos, por influência da gravidade e da própria forma do terreno (Highland e Bobrowsky, 2008). À parte da definição exata para o fenómeno em análise, é tão ou mais importante conhecer e compreender as componentes básicas de um movimento

de vertente típico. Desta forma, a Figura 11 exemplifica um tipo de movimento, um deslizamento rotacional, e as suas principais componentes.

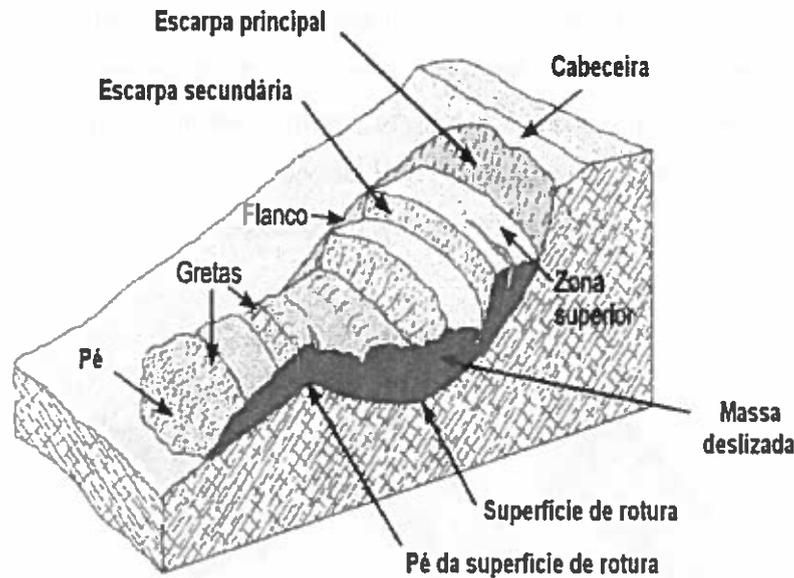


Figura 11. Esquema de um movimento rotacional e suas componentes (adaptado de Varnes, 1978)

A ocorrência de movimentos de vertentes está associada a dois grandes grupos de fatores: condicionantes e desencadeantes. O primeiro diz respeito fundamentalmente ao contexto geológico e às características geomorfológicas do local. Estes factores são permanentes e podem retardar ou acelerar o processo de movimento na vertente. Do contexto geológico fazem parte o tipo, as características e a disposição espacial das rochas, a orientação e inclinação das camadas e o grau de alteração e fracturação das camadas rochosas. Das características geomorfológicas destacam-se o declive, a gravidade e a força de atrito, como agentes causadores de movimentos de massa em vertentes. O segundo grupo de fatores é muito variado e resulta de alterações que foram introduzidas numa determinada vertente e que podem desencadear movimentos em massa. De entre os mais importantes destacam-se a ocorrência de eventos de precipitação elevada, a ação humana por via da destruição do coberto vegetal e remoção de solo, ocorrência de sismos e vibrações e variações de temperatura que provocam movimentos de contração e dilatação dos materiais rochosos. A conjugação espaço-temporal destes fatores bem como a sua magnitude, determina a ocorrência de diferentes tipos de movimentos em vertente.

8.2 Critérios de delimitação

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012 de 3 de Outubro explícita a metodologia que deverá ser seguida para a delimitação das áreas de instabilidade de vertentes. O modelo proposto para a delimitação deveria considerar como informação fundamental o inventário de movimentos de massas em vertentes já ocorridos nas áreas dos municípios em análise, obedecendo aos seguintes procedimentos:

- Inventariação, 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. A avaliação da suscetibilidade deve ser efetuada de modo individualizado para cada tipo de movimento de vertente que tenha incidência relevante no concelho, só sendo aceite o eventual tratamento conjunto quando se demonstre que a análise não resulta distorcida por essa opção. Pela maior importância que assumem no território português, deve ser dedicada uma atenção especial a três tipos de movimentos: desabamentos, deslizamentos e escoadas.
- Identificação e cartografia dos fatores de pré-disposição (condicionantes) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos. Os fatores de predisposição da instabilidade das vertentes são estáticos e inerentes ao terreno. Estes fatores condicionam o grau de instabilidade potencial da vertente e determinam a variação espacial da suscetibilidade do território à instabilidade. No procedimento de delimitação das áreas de instabilidade de vertentes devem ser considerados, pelo menos, os seguintes fatores de predisposição: declive, exposição das vertentes, curvatura das vertentes (perfil transversal), litologia e coberto vegetal/uso do solo. Adicionalmente, podem ser utilizados outros fatores relevantes, como é o caso dos solos, formações superficiais, *Wetness Index*, estrutura geológica.
- Interpretação dos fatores com recurso a um modelo estatístico de relação espacial. A ponderação de cada classe de cada fator de predisposição da instabilidade de vertentes deve ser efetuada de forma objetiva e quantificada, através da aplicação do Método do Valor Informativo (Yin e Yan, 1988; Zêzere, 2002) sobre unidades de terreno matriciais (*pixeis*).

Este método tem uma base Bayesiana, sustentando-se na transformação logarítmica (log natural) da razão entre probabilidade condicionada e probabilidade *a priori*. O Valor Informativo (*li*) para qualquer variável independente X_i é determinado pela equação:

$$li = \log \frac{S_i N_i}{S N}$$

onde:

S_i é o número de *pixels* com movimentos de massa em vertentes na variável X_i ; N_i é o número de *pixels* com a variável X_i no território concelhio; S é o número total de *pixels* com movimentos de massa em vertentes no território concelhio; e N é o número total de *pixels* no território concelhio.

Devido à normalização logarítmica, *li* não é determinável quando $S_i = 0$. Nestes casos, o valor de *li* deve ser assumido como igual ao *li* mais baixo determinado para o conjunto das variáveis de predisposição consideradas.

O valor de suscetibilidade para cada unidade matricial j é calculado pelo Valor Informativo total dado pela equação:

$$I_j = \sum_{i=1}^m X_{ij} I_i$$

onde:

m é o número de variáveis e X_{ij} é igual a 1 ou 0, consoante a variável X_i está ou não presente no *pixel* j , respetivamente.

De seguida é efetuada a validação do modelo preditivo com a curva de sucesso. A qualidade da carta de avaliação da suscetibilidade à instabilidade das vertentes deve ser demonstrada pela aplicação de procedimentos de validação standardizados, baseados no cruzamento do inventário de movimentos com a carta de suscetibilidade. Utiliza-se a Taxa de Sucesso, que permite validar o mapa de suscetibilidade a partir do cruzamento com os mesmos movimentos de vertente que foram utilizados para a sua realização. A expressão gráfica da Taxa de Sucesso obtém-se através da representação da percentagem da área de estudo, hierarquizada por ordem decrescente de instabilidade (em abcissas) e a correspondente distribuição acumulada da área instabilizada corretamente classificada (em ordenadas).

Devem integrar-se as vertentes classificadas como mais suscetíveis pela aplicação do Método do Valor Informativo. A área a integrar deve ser a suficiente para garantir a inclusão de uma fração nunca inferior a 70% das áreas identificadas como instabilizadas no inventário referido no primeiro ponto deste subcapítulo. Assim, é expectável que cerca de 30% dos movimentos de massa em vertentes não sejam englobados na REN pelo modelo preditivo baseado na aplicação do Valor Informativo. A superfície correspondente aos movimentos de massa em questão deve ser incluída, acrescida de uma faixa de segurança de 10 m definida para o exterior dos limites de cada movimento.

Contudo, das reuniões de trabalho realizadas anteriormente com a CCDR-Alentejo concluiu-se que, a existir este tipo de informação, não há a garantia de que os dados tenham sido recolhidos ou registados com exatidão espacial minimamente credível que permita a utilização do processo de modelação proposto pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012 de 3 de Outubro. Para que o modelo estatístico de relação espacial explanado no referido diploma possa ter uma utilização plena e os resultados sejam considerados fiáveis, é imperativo que o volume de dados sobre ocorrências de movimentos em vertentes seja significativo de modo a ser representativo da realidade do território em estudo.

Tendo em conta que a informação detalhada e sistemática sobre os registos de fenómenos de instabilidade de vertentes ocorridos no distrito de Portalegre não foi possível de obter, a aplicação da metodologia sugerida foi preterida por uma estratégia alternativa, mas verosímil, para cumprir com este requisito do caderno de encargos. Assim, considerando que no Alentejo as áreas com instabilidade de vertentes correspondem essencialmente a episódios isolados, associados a ocorrências geológicas em situação de relevo acidentado, como escarpas de falha e zonas de serra, optou-se por seguir a metodologia utilizada no Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo - PROTOVT (CCDRLVT, 2008). A metodologia utilizada neste estudo teve por base a aplicação de um modelo heurístico para a delimitação das áreas de maior Suscetibilidade aos Movimentos de Vertente (SMV) já que não existiam inventários de ocorrência de movimentos de massa para a região. Este modelo sugere o cruzamento dos fatores considerados como sendo os principais condicionantes da instabilidade de movimento de vertentes, nomeadamente a litologia e o declive (Zêzere *et al.*, 2005; CCDRLVT, 2008; Henriques, 2009).

8.3 Dados de base e processamento da informação

Com base na metodologia citada anteriormente efetuou-se a agregação das unidades litológicas existentes. Esta agregação teve por base a Carta Geológica de Portugal à escala 1:500.000 dado que a série 1:50.000 não está completa (nem editada em formato vetorial) para a totalidade do distrito de Portalegre. Do processo de agregação litológica resultou um conjunto de oito classes distintas: depósitos superficiais, rochas carbonatadas compactas, rochas graníticas e afins, rochas quartzíticas e afins, rochas sedimentares detriticas, rochas sedimentares plásticas, rochas vulcânicas e rochas xistentas. Após esta agregação adaptaram-se, para a realidade litológica do município de Marvão, os Limiares Críticos de Declive (LCD), que representam o limiar a partir do qual os materiais rochosos passam a ser considerados como formações com susceptibilidade à ocorrência de fenómenos de instabilidade (Zêzere *et al.*, 2005; CCDRLVT, 2008; Henriques, 2009).

Classe litológica	Limiar Crítico de Declive (°)
Depósitos superficiais	10
Rochas carbonatadas compactas	25
Rochas graníticas e afins	25
Rochas quartzíticas e afins	25
Rochas sedimentares detriticas	15
Rochas sedimentares plásticas	10
Rochas vulcânicas	20
Rochas xistentas	15

Tabela 9. Unidades litológicas e limiares de declive

Para o cálculo da Carta de Declives (em graus) foi utilizada a altimetria fornecida pela CIMAA. O processamento desta informação foi desenvolvido em ambiente SIG com recurso ao algoritmo *Topo to Raster* implementado no *software* ArcGIS 10.1 (Hutchinson, 1989) para o cálculo do Modelo Digital de Elevações. A Carta de Declives foi gerada com resolução espacial de 10m através do método de Horn (Horn, 1981). A sobreposição destes dois *layers* gerou uma nova rede matricial que depois de reclassificada de acordo com as relações inclusas na Tabela 9 permitiu diferenciar as áreas de maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertentes (Figura 12).

8.4 Resultados

A delimitação das áreas de instabilidade de vertentes para o município de Marvão, segundo a metodologia anteriormente descrita, permitiu a identificação de locais com maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente, e que por esse motivo devem ser

incluídos na delimitação da REN. O processo de generalização cartográfica compreendeu a agregação de polígonos com distâncias entre si inferiores a 20 m e preenchimentos de espaços vazios inferiores a 1 ha resultantes da conversão raster-vetorial, de acordo com os limiares para a elaboração de cartografia na escala 1:25.000 incluídos em Guiomar *et al.* (2009). Os restantes polígonos isolados com área inferior à área mínima cartográfica não foram considerados. Os polígonos foram posteriormente suavizados através do algoritmo de generalização geométrica de polígonos PAEK (*Polynomial with Approximation Exponential Kernel*). As zonas mais críticas no que se refere à suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes surgem maioritariamente concentradas nas encostas da Serra Fria e da Serra de Selada.

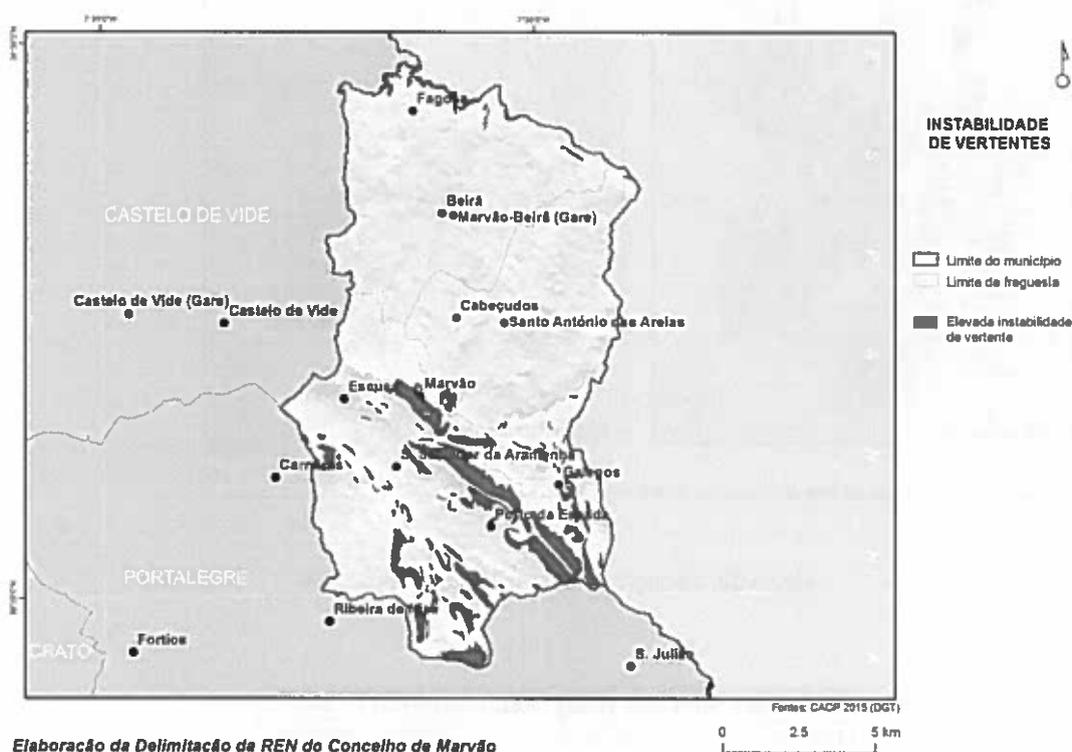


Figura 12. Áreas de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertentes (SMV).

Os resultados obtidos no município de Marvão podem ser analisados na Tabela 10.

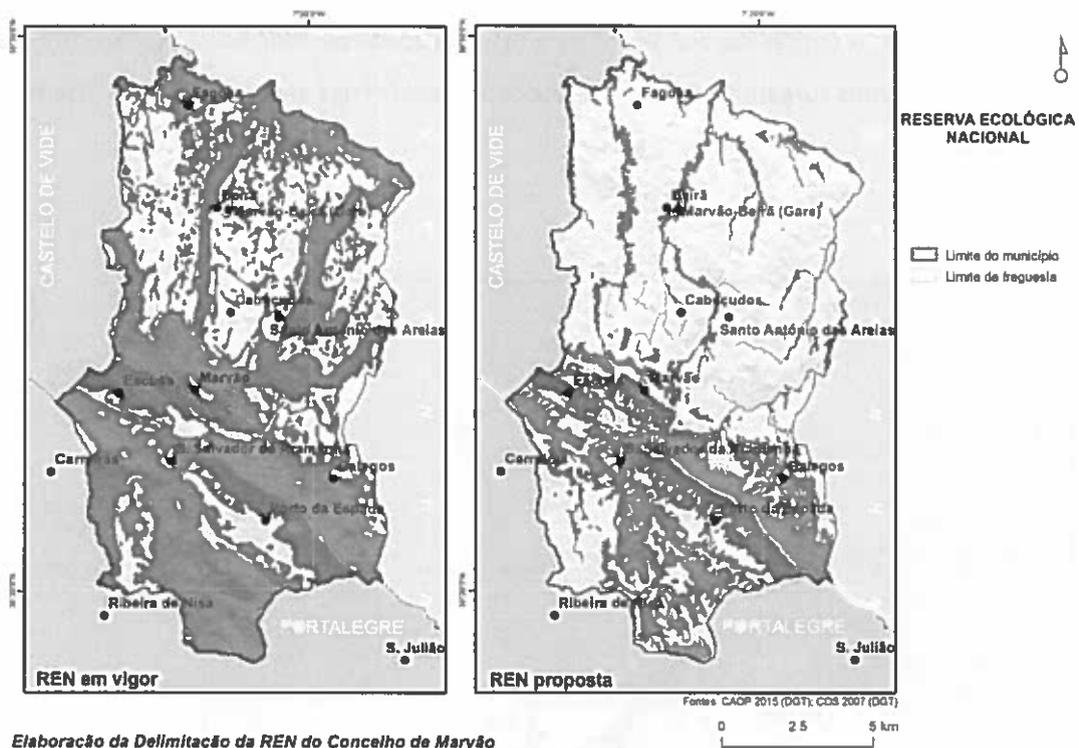
Municípios	Instabilidade de Vertentes
Marvão	1388,31

Todos os valores de área estão em ha

Tabela 10. Áreas com suscetibilidade elevada à instabilidade de vertentes

10. Balanço de área classificada

Na sequência da proposta de delimitação elaborada e considerando todas as avaliações de variação de área classificada elaboradas, apresenta-se agora um balanço final de área classificada dentro das tipologias a incluir na Reserva Ecológica Nacional.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 13. Variação de áreas classificadas de REN

Município	REN (em vigor)	REN (proposta)	VAR
Marvão	10502,30	5432,21	-5070,09

Valores em ha

Tabela 11. Comparação de variação de áreas classificadas de REN

11. Nota final

O relatório elaborado descreve de forma não exaustiva o conjunto de trabalhos efectuado, apresentando como complemento das bases informativas criadas a referência às aproximações metodológicas seguidas e implementadas. As bases informativas criadas e entregues conjuntamente com este documento estão todas concluídas.

A informação final constante nas bases informativas foi objecto de processos de filtragem e generalização com critérios perfeitamente estabelecidos, visando garantir a necessária compacidade e leitura da informação e permitir a sua adequada utilização em processos de ordenamento e gestão do território.

11. Referências bibliográficas

- Almeida, C., Mendonça, J.J.L., Jesus, M.R., Gomes, A.J., 2000. *Sistemas aquíferos de Portugal Continental*. INAG/CG, Lisboa.
- Álvares, M. T. P., e Pimenta, M. T., 1998. *Erosão Hídrica e Transporte Sólido em Pequenas Bacias Hidrográficas*. Proceedings do IV Congresso da Água, Lisboa.
- Alves, J. M., Espírito-Santo, M. D., Costa, J. C., Capelo, J., Lousã, M., 1998. *Habitats naturais e seminaturais de Portugal Continental: Tipos de habitats mais significativos e agrupamentos vegetais característicos*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- Bennet, H. H., 1951. *Manual de Conservação do Solo*. Repartição de Línguas Estrangeiras da Secretaria de Estado dos Estados Unidos da América, Rio de Janeiro.
- Brazier R.E., Rowan, J.S., Anthony, S.G., Quinn P.F, 2001. "MIRSED" towards an MIR approach to modelling hillslope soil erosion at the national scale. *Catena* 42: 59-79.
- Cardoso, J., 1984. *A erosão de bacias hidrográficas e o assoreamento de albufeiras*. Dissertação para obtenção do grau de doutoramento.
- CCDRA, 2003. *Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)*. CCDRA, Évora.
- CCDRLVT, 2008. *Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo*. Relatório Sectorial Riscos e Protecção Civil. CCDR-LVT. Lisboa
- Doerfliger, N., Zwahlen, F., 1997. EPIK: A new method for outlining of protection areas in karstic environment, in Gunnay G, Jonshon AI (eds), *International Symposium and Field seminar on karst waters and environmental impacts*, Antalya, Turkey, Balkema, Rotterdam, pp. 117 -123.
- Duijvenbooden, W., e Wargeningh, H. G., 1987. *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants*. Proceedings da International Conference Held in the Netherlands (Delft: TNO Committee on Hydrological Research).
- Ferreira, A.G., Neves, N., Gonçalves, A.C., 2011. *Reserva Ecológica Nacional: critérios para a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo (decreto-lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto)*. Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidade de Évora.
- Ferro, V., Giordano, G., Iovino, M., 1991. Isoerosivity and erosion risk map for Sicily. *Hydrological Sciences Journal* 36(6): 549-564.
- Flanagan, D.C., 1994. *Water erosion prediction project: Erosion Prediction Model*. NSERL, report n.º 9, USDA-ARS, National Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana, USA.

- Foster, S. e Hirata, R. (1993). *Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas*. Governo do Estado de São Paulo Secretaria do Meio Ambiente, Boletim do Instituto Geológico, n.º 10.
- Galeti, P. A., 1976. *Conservação do Solo – Reflorestamento e Clima*. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, São Paulo.
- Gaspar, J. (coord.), 2004. *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território, 3º Relatório – Transformações na ocupação do território: retrospectiva e tendências. Vol. III. Recursos naturais, Ambiente, Património e Riscos*, MCOTA, DGOTDU, Lisboa.
- Guiomar, N., Batista, T., Fernandes, J.P., Cruz, C.S., 2009. *Corine Land Cover nível 5: contribuição para a carta de uso do solo em Portugal Continental*. AMDE, Évora.
- Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol Model* 135: 147-186.
- Henriques C. S., 2009. Dinâmica de vertentes no contexto da reserva ecológica nacional: o caso de estudo do concelho das Caldas da Rainha. Tese de mestrado em sistemas de informação geográfica e modelação territorial aplicados ao ordenamento. Departamento de geografia. Faculdade de letras. Universidade de Lisboa.
- Hickey, R., 2000, Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS. *Cartography*, v. 29, no. 1, pp. 1 - 8.
- Hickey, R, Smith, A., e Jankowski, P., 1994, Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID: *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 18, no. 5, pp. 365 - 380.
- Highland, L.M., & Bobrowsky, P., 2008. *The landslide handbook - A guide to understanding landslides*: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.
- Horn, B.K.P., 1981. Hill shading and the reflectance map. *P. IEEE* 69, 14-47.
- Hutchinson, M.F., 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *J. Hydrol.* 106, 211-232.
- INAG, 2005. *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*. (URL: <http://snirh.inag.pt/>, consulta em: 12-05-2005).
- Kabacoff, R.I. 2011. *R in Action. Data analysis and graphics with R*. Manning Publications Co. 477p.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., & Iverson, L. R., 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5), 629-641.
- Mitchell, J.K., Bubenzer, G.D., 1980. Soil loss estimation. Kirkby, M.J., Morgan, R.P.C. (eds.) *Soil erosion*. John Wiley and Sons Ltd.

- Monteiro, J., 1993. Hidrogeologia da formação carbonatada de Escusa (Castelo de Vide). Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Neves, N., Ferreira, A.G., Gonçalves, A.C., Cancela d'Abreu, A., Ramos, I.A., Freire, M., Guiomar, N., 2011. *Erosão Hídrica Estrutural – EHE: Descrição de processos de modelação geográfica*. Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidade de Évora.
- Neves, N., Freire, M., Guiomar, N., Duarte, L., 2011. Nova métrica focal do acidentado do terreno: avaliação dos efeitos de escala e de contexto. In Santos, N., Cunha, L., *Trunfos de uma geografia activa. Desenvolvimento local, ambiente, ordenamento e tecnologia*. Imprensa da Universidade de Coimbra, pp. 671-679.
- Neves, N., Freire, M., Guiomar, N., Madeira, L., Ramos, I.A., Cancela d'Abreu, A., 2010. *Reserva Ecológica Nacional: esquema nacional de referência*. Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidade de Évora.
- Neves, N., Ramos, I., Guiomar, N., Freire, M., Vila-Viçosa, C., Mendes, P., Machado, R., Godinho, S., Faria, S., 2014. Caracterização do Risco de Erosão nos Municípios do Distrito de Évora – Relatório Final. CIMAC/DPAO-Universidade de Évora.
- Oliveira, M. M., e Lobo-Ferreira, J. P., 2003. Análise de Sensibilidade da Aplicação de Métodos Indexados de Avaliação da Vulnerabilidade à Poluição de Águas Subterrâneas. Jornadas Luso-Espanholas sobre Águas Subterrâneas no Sul da Península Ibérica, Faro.
- Paralta, E. A., Francès, A. P., e Ribeiro, L. F., 2005. *Avaliação da Vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e Análise Crítica das Redes de Monitorização no Contexto da Directiva da Água*. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa (Évora: APRH).
- Pimenta, M. T., 1998a. *Caracterização da Erodibilidade dos Solos a Sul do Rio Tejo*. INAG, Lisboa.
- Pimenta, M. T., 1998b. *Directrizes para a Aplicação da Equação Universal da Perda de Solos em SIG*. INAG, Lisboa.
- Pimenta, M.T., 1999. Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K. INAG, Lisboa.
- Pinho, R., Lopes, L., Leão, F., Morgado, F., 2003. *Conhecer as plantas nos seus habitats*. Plátano Edições Técnicas, Lisboa.
- Ribeiro, N. A., Dias, S. S., Surový, P., Gonçalves, A. C., Ferreira, A., Oliveira, A. C., 2004. The importance of Crown Cover on the Sustainability of Cork Oak Stands: A Simulation Approach. In S. Schnabel e A. Ferreira (Eds.), *Sustainability of Agrosilvopastoral Systems – Dehesas, Montados*, Catena Verlag, Reiskircjen.

- SROA, 1960. *Carta dos solos e carta de capacidade de uso do solo de Portugal*. Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, Secretaria de Estado da Agricultura, Ministério da Economia, Lisboa.
- Tomás, P.M.P.P., 1997. *Modelos de previsão da erosão hídrica em solos agrícolas*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Varnes, D. J., 1978. Slope movement types and processes. In: *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control* (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.
- Wischemeier, W.H., Smith, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture in Cooperation with Agriculture Experiment Station, Supersedes Agriculture Handbook n.º 282.
- Yin, K. L., Yan, T. Z., 1988. Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. In Bonnard, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, 2, Balkema, Rotterdam, pp. 1269-1272.
- Zêzere J. L., 2002. Landslide susceptibility assessment considering landslide typology - A case study in the area north of Lisbon (Portugal). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2, 1/2: 73 -82.
- Zêzere, J., Pereira, A.R., Morgado, P., 2005. Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal continental. Actas do X Colóquio Ibérico de Geografia. Associação Portuguesa de Geógrafos. APG. Instituto de Ciências Sociais. ICS. Lisboa.

RELATÓRIO DE APRECIÇÃO DA PROPOSTA DE DELIMITAÇÃO DA RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL PARA O MUNICÍPIO DE MARVÃO

O presente relatório visa dar cumprimento ao ponto 2 do Despacho nº 3402/2017, de 21 de Abril, da Sra. Secretária de Estado do Ordenamento do Território e Conservação da Natureza, designadamente, no que respeita à análise da coerência da nova delimitação perante as características geofísicas e o contexto biogeográfico do território, em articulação com o conteúdo do actual regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional e dos critérios para a sua delimitação e o disposto nas orientações estratégicas de âmbito nacional e regional constantes da RCM nº 81/2012, de 3 de Outubro, na redacção da Declaração de Rectificação n.º 71/2012, de 30 de Novembro.

A REN do concelho de Marvão foi objecto de uma primeira publicação pela RCM nº 19/97, DR nº 33, I Série B, 08-02-1997, em resultado da delimitação efectuada ao abrigo do regime jurídico vigente à data da publicação, ou seja, o Decreto-Lei nº 93/90, de 19 de Março. A delimitação abrangia os seguintes sistemas constantes da tabela 1.

Tipologia	Área (ha)
Cursos de água e respectivos leitos e margens	*
Albufeiras e respectivas faixas de protecção	366,25
Zonas ameaçadas pelas cheias	472,14
Cabeceiras de linhas de água	4 614,86
Áreas de máxima infiltração	105,63
Áreas com risco de erosão	7811,83

* *Estando delimitadas como linhas não foi possível calcular área*

Tabela 1 – Tipologias de sistemas da REN do município de Marvão (1ª publicação) e respectiva área

A proposta agora apresentada segue o procedimento previsto no artigo 15º do DL 166/2008 de 22 de Agosto, na actual redacção do Decreto-Lei nº 239/2012, de 2 de Novembro, enquadra-se nos trabalhos de revisão do Plano Director Municipal de Marvão e fundamenta-se:

- Na publicação das orientações estratégicas de âmbito nacional e regional, constantes da RCM nº 81/2012, de 3 de Outubro com a Declaração de Rectificação nº 71/2012, de 30 de Novembro, cujo conteúdo permite adequar a delimitação ao actual conhecimento técnico e científico, substancialmente diferente do existente à data de aprovação da anterior delimitação.
- Na cartografia em suporte digital actualmente disponível com o rigor e fiabilidade associados, que permitem equacionar a REN, enquanto componente fundamental da Rede Fundamental de Conservação da Natureza, no quadro das opções do modelo territorial a adoptar. Desta forma é possível evitar erros decorrentes tanto do suporte analógico, como do trabalho técnico em suporte de papel.

- Na utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), tirando partido das suas capacidades de realização de operações de análise espacial, modelação geográfica e automatização da delimitação dos critérios definidos e respectiva parametrização, beneficiando, deste modo, da transparência, da replicabilidade, e consequentemente, da consistência e precisão dos resultados.
- Na actualização das bases de informação, nomeadamente as cartográficas, e nas dinâmicas observadas no território.

A primeira versão desta proposta foi submetida para apreciação pela comissão de Acompanhamento da revisão do PDM de Marvão, em Outubro de 2015. Posteriormente, perante o atraso nos trabalhos de revisão do referido plano, a autarquia entendeu submeter a proposta de REN, entretanto melhorada de acordo com as sugestões e informações da CCDR Alentejo e da Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste, para efeitos de conferência de serviços. A referida conferência realizou-se em 6 de Maio de 2016, nos termos do ponto 1, do artigo 11º do Decreto-Lei nº 166/2008 de 22 de Agosto, na actual redacção do Decreto-Lei nº 239/2012, de 2 de Novembro e a proposta foi objecto de aprovação e considerada em condições de publicação desde que efectuadas as correcções e alterações propostas, conforme a cópia da respectiva Acta que se anexa.

Na 3ª e última reunião plenária da comissão de Acompanhamento da Revisão do PDM de Marvão, realizada em 22 de Julho de 2016, as entidades, nomeadamente a CCDR Alentejo e a ARH Tejo e Oeste, confirmaram a emissão de parecer favorável à delimitação da REN de Marvão ao atestar que tinham sido efectuadas as correcções propostas em sede de conferência de serviços.

Análise da metodologia

A delimitação da REN apresentada resulta da aplicação das orientações metodológicas existentes com base no suporte técnico disponível e da ponderação da não inclusão de áreas actualmente comprometidas, designadamente as que se encontram incluídas em perímetros urbanos ou excluídas no âmbito de Planos de Pormenor e outras que, conforme os termos do ponto 6, Secção II, da RCM nº 81/2012, de 3 de Outubro, não desempenham funções que lhes confiram valor ou sensibilidade ecológicos, ou se perspective que as possam vir a desempenhar, e/ou que contribuam para a conectividade e coerência ecológica.

A modelação no contexto deste trabalho foi realizada para a escala 1/25 000.

Os elementos cartográficos foram produzidos de acordo com o estabelecido na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, e Declaração de Rectificação n.º 71/2012, de 30 de Novembro, e em conformidade com os termos técnicos da proposta adjudicada à Universidade de Évora pela Câmara Municipal de Marvão.

A proposta da REN foi desenvolvida com base em cartografia vectorial (altimetria) à escala 1:10 000 e ortofotomapas 1: 10 000 (IGP, 2010), ambos georreferenciados, suportada por trabalho de campo e apoiada pelas potencialidades de gestão e manipulação de informação geográfica conferida pelos sistemas de informação geográfica (SIG). Tomou-se ainda em consideração a delimitação da REN em vigor para o concelho.

Os elementos cartográficos foram produzidos de acordo com o estabelecido na Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2012, de 3 de Outubro, e Declaração de Rectificação n.º 71/2012, de 30 de Novembro, e em conformidade com os termos técnicos da proposta adjudicada.

No concelho de Marvão, a proposta que segue o disposto no novo regime jurídico da REN, regista a ocorrência dos sistemas que constam da Tabela 2.

Classe	Tipologia
Áreas Relevantes para a Sustentabilidade do Ciclo Hidrológico Terrestre	Cursos de águas e respectivos leitos e margens
	Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respectivos leitos margens e faixas de protecção
	Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos
Áreas de Prevenção de Riscos Naturais	Zonas ameaçadas pelas chelas não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos
	Áreas de instabilidade de vertentes
	Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo

Tabela 2 - Tipologia de áreas integradas em REN no concelho de Marvão

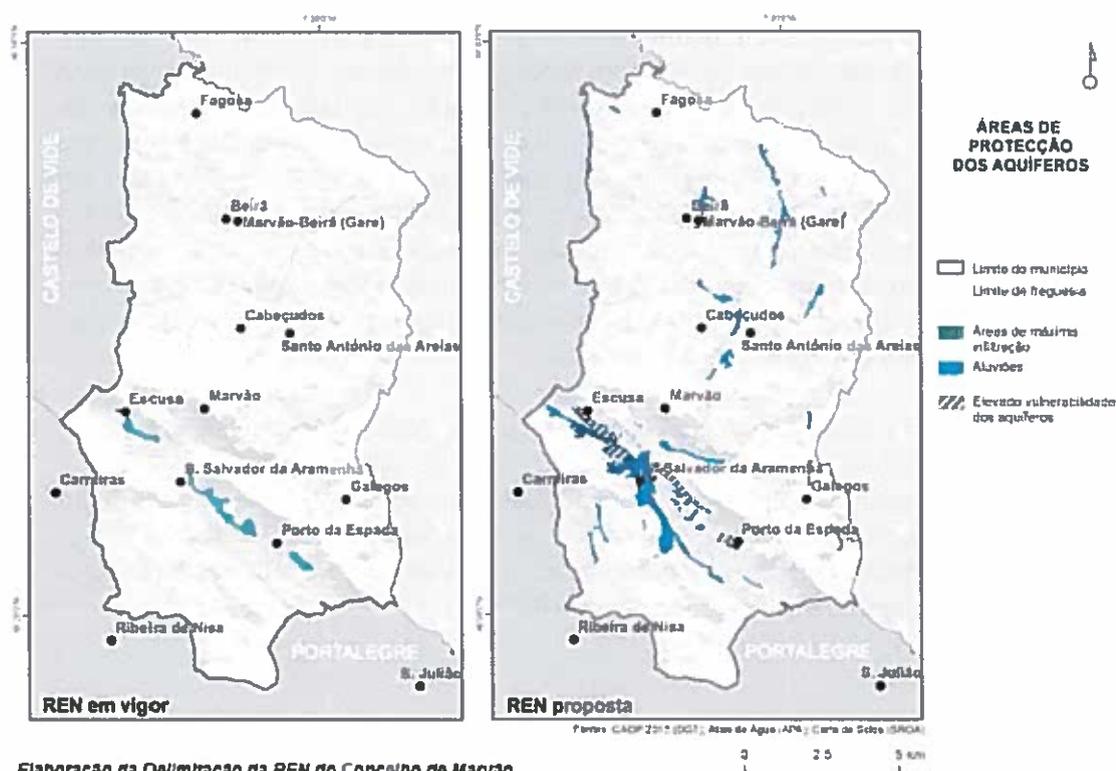
A proposta de delimitação da REN ocupa uma superfície de 5 146,2 hectares, o que representa 32% da área do município, correspondendo a um decréscimo de 51% relativamente à REN em vigor (Tabela 3). De salientar que a utilização de metodologias bastante diferentes das que estiveram na base da delimitação da REN em vigor e em especial a diferença relativa à tipologia dos sistemas a integrar na REN, justifica a redução registada nesta restrição de utilidade pública, cuja proposta que se apresenta se considera melhor adequada à realidade do território. Neste âmbito há que referir, em particular, a delimitação das áreas de instabilidade de vertentes e as áreas de protecção e recarga de aquíferos. No primeiro caso, a nova delimitação corresponde a uma área cerca de sete vezes superior ao valor relativo à delimitação do anterior sistema - escarpas, o que, tendo em conta a importância no contexto do sistema municipal de riscos, possibilita acautelar com maior segurança usos e acções que, na anterior versão da REN não estavam acauteladas.

No que se refere às áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos, face às características do aquífero da Escusa, foi utilizado o índice de vulnerabilidade EPIK e com o objectivo de complementar a análise de vulnerabilidade dos aquíferos subterrâneos, foram ainda extraídos os aluviossilos e os coluviossilos da Carta de Solos de Portugal na escala 1:50.000. Da união destes dois layers – vulnerabilidade dos aquíferos e aluviões – resulta o parâmetro da REN referente à protecção dos aquíferos.

Tipologia de sistema de REN	REN (em vigor) ha	REN (proposta) ha	Varição
Cursos de águas e respectivos leitos e margens	(representação linear)	-	-
Albufeiras que contribuam para a conectividade e coerência ecológica da REN, bem como os respectivos leitos margens e faixas de protecção	366,25	103,04	-263,21
Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos	105,63	561,01	455,38
Zonas ameaçadas pelas cheias não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos	472,14	938,66	466,52
Áreas de instabilidade de vertentes	203,48	1387,70	1 184,22
Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo	7811,83	3676,92	-4134,92

Tabela 3 – Comparação de áreas que integram a REN em vigor com as áreas que integram a REN proposta

Face às características da região Alentejo, os sistemas aquíferos subterrâneos constituem reservas estratégicas do ponto de vista dos recursos hídricos que as actuais orientações e metodologias de delimitação da REN vieram permitir delimitar com a precisão que não existia na delimitação das áreas de máxima infiltração, tal como ilustrado na figura 1. Considera-se que tanto a bibliografia disponível como a informação e modelos aplicados garantem uma identificação destas áreas com um grau de certeza bastante razoável.



Elaboração da Delimitação da REN do Concelho de Marvão

Figura 1 – Delimitação das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos

A diferença de percentagem do território do concelho de Marvão abrangido pela nova proposta de REN, relativamente à REN em vigor, é também consequência, por um lado, da não delimitação das áreas de cabeceira, que representavam na totalidade cerca de 4,6 mil hectares (44 % da REN em vigor), dos quais quase 2 mil hectares não coincidentes com qualquer outro sistema e, por outro, da metodologia de delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo que reflecte o seguimento criterioso das disposições da RCM nº 81/2012 de 3 de Outubro.

A delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo apoia-se na aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS), adaptada a Portugal continental e à unidade de gestão bacia hidrográfica. A metodologia adoptada, desenvolvida pela APA I.P., resulta da possibilidade de expansão do número de estimativas pontuais do factor de erosividade da EUPS ao território continental, apoio para a determinação de superfícies de potencial de erosividade da precipitação.

A diminuição em cerca de 4 000 ha das áreas de risco de erosão do solo pode ser explicada pela inclusão do factor relacionado com a distribuição da população e pode estar igualmente relacionada com o facto da REN em vigor ter sido cartografada recorrendo ao uso da Carta de Capacidade de Uso do Solo para este fim. A sobreposição das áreas com eventual Risco de Erosão classificadas em REN, com a Carta de Capacidade de Uso do Solo, permite verificar uma coincidência dos limites destas com as áreas Ee e De. De referir que, à data da adjudicação, pela câmara municipal, do trabalho de delimitação da REN não existiam orientações no sentido de vir a ponderar alterações à fórmula de cálculo que consta do diploma legal.

O resultado final vai delimitar as áreas que, no terreno, se considera estarem mais vulneráveis à erosão hídrica pelo relevo mais acentuado e coincide com as de maior ocorrência de incêndio.

As áreas correspondentes à tipologia designada por zonas ameaçadas pelas cheias registam uma duplicação relativamente à anterior delimitação. Considera-se que nesta tipologia existe um maior grau de precisão uma vez que *o modelo final tem um ajustamento excelente na medida em que explica 94.3% da variabilidade total dos dados amostrados, demonstrando que o modelo ajustado é robusto e pode ser generalizado para toda a área de estudo de forma a prever os locais com maior probabilidade de ocorrência de cheia.*

Na delimitação desta tipologia há que referir que, dada a sua ocorrência no interior de perímetro urbano e em situações não identificadas pela anterior delimitação e por isso com zonas já impermeabilizadas, foram propostas disposições especiais (pelo regulamento do Plano Director Municipal) que possam salvaguardar futuros usos e intervenções e minimizar situações de risco, independentemente do facto de não integrar a REN.

Considerações e conclusão

A proposta de delimitação cumpre o disposto no actual regime jurídico da REN, fundamenta-se em informação cartográfica e bibliográfica e em modelos que, para algumas das tipologias, apresentam resultados mais conducentes à salvaguarda dos sistemas biofísicos que integram esta restrição de utilidade pública e das suas funções, do que a delimitação efectuada ao abrigo do DL 93/90 e cumpre os objectivos e pressupostos do RJREN que se consubstanciam na

delimitação de uma estrutura biofísica diversificada que garanta a protecção de ecossistemas e “intensificação dos processos biológicos indispensáveis ao enquadramento equilibrado das actividades humanas”, bem como a salvaguarda de áreas sujeitas a riscos naturais, minimizando, em simultâneo, as incidências sobre pessoas e bens.

Na figura 2 são apresentadas a REN actualmente em vigor e a que resulta da proposta agora aprovada e são visíveis as diferenças a que se fez referência na análise da metodologia.

De sublinhar a estreita articulação entre a Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Oeste (ARH Tejo e Oeste) e a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR Alentejo) com a equipa da Universidade de Évora e a Câmara Municipal de Marvão, quer no afinamento das metodologias quer na sua aplicação e posterior verificação *in situ*.

Maio 2017

