

ICNB, I.P.
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DA BIODIVERSIDADE

PLANO DE ORDENAMENTO E GESTÃO PARA A RESERVA NATURAL DO ESTUÁRIO DO TEJO

DIAGNÓSTICO

Volume I / II
CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS NATURAIS
E VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

Nº DO CONTRATO: ABM2961

Nº DO DOCUMENTO: 02.RP-S.001(2)

FICHEIRO: 296102RPS0012.DOC

DATA: 2007-07-23

REGISTO DAS ALTERAÇÕES		
Nº Ordem	Data	Designação
1	22-05-2007	
2	23-07-2007	Revisão geral em conformidade com os pareceres das entidades que constituem a CMC

O COORDENADOR TÉCNICO:

Índice do documento

1	RISCOS NATURAIS.....	5
1.1	Riscos de Seca.....	5
1.2	Riscos de Inundação.....	6
1.3	Riscos de erosão.....	7
1.3.1	Introdução.....	7
1.3.2	Tolerância de perda de solos.....	7
1.3.3	Erosão hídrica.....	9
1.3.4	Zonas de risco.....	9
2	RISCO DE INCÊNDIO.....	11
3	DEGRADAÇÃO NA PAISAGEM.....	13
4	VULNERABILIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS À POLUIÇÃO.....	15
5	VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À POLUIÇÃO.....	27
	BIBLIOGRAFIA.....	32

QUADROS

FIGURAS

1 Riscos Naturais

1.1 Riscos de Seca

Para avaliação dos riscos de seca recorreu-se à análise da caracterização feita no PBH do rio Tejo, que *“conduziu à quantificação, em cada ano do período analisado (50 anos) – entre 1941/42 e 1990/91, da área contínua da bacia hidrográfica em que uma dada variável, que se designa por variável instrumental, apresenta valor inferior ou igual a um limite pré-fixado. Para variável instrumental adoptou-se a precipitação anual. Considera-se existir seca num dado ano e numa dada área da bacia hidrográfica, se a probabilidade de ocorrerem valores menores ou iguais ao da variável instrumental relativa a esse ano e a essa área for inferior a 20%.”*

Os elementos de base utilizados no PBH do Tejo para a análise de secas, foram as séries de precipitação da rede de postos udométricos, reais e virtuais, que sustentam a caracterização pluviométrica na zona do PBH.

“Considera-se uma região para a qual se pretende caracterizar as secas, a variável instrumental associada a um dado intervalo de tempo e a área elementar correspondente a cada ponto de medição da variável instrumental. Uma vez que na aplicação levada a cabo se adoptou a precipitação anual como variável instrumental, a área em causa é representada pela área de influência de cada posto pluviométrico, onde é medida aquela variável, área esta obtida por aplicação do método de Thiessen.”

Da análise efectuada no PBH do Tejo, não resultou a identificação de regiões da bacia hidrográfica do rio Tejo sujeitas a maior incidência de secas.

Os resultados da representação relativa a onze anos analisados entre 1943/44 e 1988/1989 (1943/44, 1944/45, 1948/49, 1952/53, 1956/57, 1964/65, 1974/75, 1975/76, 1980/81, 1982/83, 1988/89), corresponde à área total da bacia, ou seja, nestes anos a seca afectou a totalidade da zona do PBH do Rio Tejo, afectando igualmente a zona da RNET e a zona da ZPE. Ou seja em 22% dos anos analisados observaram-se valores da precipitação padronizada inferiores ao limiar de seca na totalidade da área do PBH do Rio Tejo, da RNET e da ZPE.

No período de 50 anos analisado ainda existem registos de áreas de seca na zona em estudo no ano de 1949/50 que correspondem a uma área de 38,7% da área da RNET e de 48,0% da área da ZPE e no ano seguinte (1950/51) de 1,2% da área da RNET e de 25,4% da área da ZPE.

Assim sendo a análise de risco de seca efectuada com base na variável precipitação conduz à classificação de baixo risco e, devido à homogeneidade da classificação, o risco de seca não é ilustrado na Carta nº1, relativa aos Riscos Naturais.

1.2 Riscos de Inundação

Não foram efectuados estudos de delimitação de zonas ameaçadas pelas cheias no âmbito deste trabalho por se considerar que os resultados possíveis, com base nos dados disponíveis apresentados na fase de descrição, não corresponderiam à efectiva realidade. Este facto advém de a delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias da área de estudo estar principalmente condicionada pelas cheias do troço principal do rio Tejo e pelos níveis do estuário. No entanto foram definidas áreas ameaçadas pelas cheias através de compilação da informação existente nos Planos Directores Municipais dos concelhos contidos na área em estudo.

Assim, para a construção do tema zonas ameaçadas pelas cheias da Carta de Riscos Naturais foi incorporada a informação da delimitação das áreas ameaçadas pelas cheias de todos os concelhos, Vila Franca de Xira, Benavente, Loures, Moita, Alcochete e Montijo contida nos Planos Directores Municipais.

Da análise da Carta de Riscos Naturais¹ (Carta nº1) conclui-se que, aproximadamente, 3,7% da área de estudo total corresponde a zonas ameaçadas pelas cheias, pelo que a possível ocupação destas zonas deverá ser condicionada. Por outro lado, refira-se que, se considerarmos exclusivamente a área ocupada pela RNET, este valor percentual sobe para 3,9%.

Sobreposto a estas áreas persiste ainda a ameaça da subida do nível médio das águas do mar (ver Figura 1). Num cenário mais desfavorável, e de acordo com os dados do IPCC (1995), prevê-se uma subida de cerca de 1 cm por ano, perfazendo em 2100 um aumento do nível médio em cerca de 1 metro. Numa análise expedita, usando uma metodologia que integra modelação matemática e detecção remota, conclui-se que para o cenário extremo referido, as consequências poderão ser devastadoras para a vegetação de sapal. Os resultados indicam que a vegetação pioneira do sapal (*Spartina maritima*) será praticamente toda destruída e que a vegetação do sapal médio e superior sofrerá um decréscimo de biomassa na ordem

¹ Convém salientar que a informação compilada e apresentada no Desenho n.º 1 referente às zonas de inundação, provém de várias fontes e, como tal, foi desenvolvida a escalas diferentes, apresentando estas diferente precisão. Este facto é o responsável pela existência de alguma desconformidade na representação das manchas.

dos 50%. Estes resultados são baseados no princípio de que não haverá colonização de cotas superiores do terreno pela vegetação de sapal (Simas *et al.*, 2001).

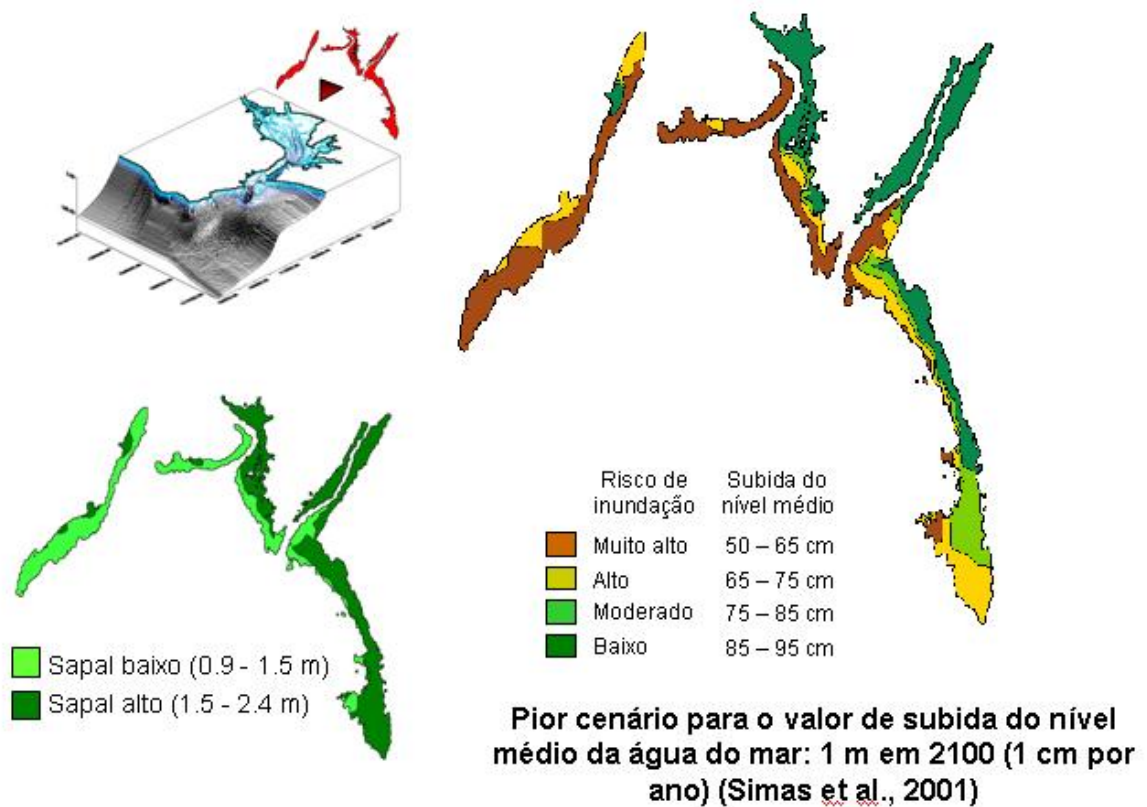


Figura 1 - Riscos naturais - Subida do nível médio da água do mar.

1.3 Riscos de erosão

1.3.1 Introdução

Na avaliação dos riscos de erosão, convém reter dois conceitos distintos: o nível de erosão a que um terreno está sujeito e a tolerância desse terreno ao nível de erosão. Posto isto, e com base no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, procede-se de seguida à análise das zonas de risco de erosão.

1.3.2 Tolerância de perda de solos

De acordo com o PBH do Rio Tejo, a tolerância da perda do solo é o nível máximo aceitável de erosão do solo desde que seja permitida a sua regeneração natural, sendo difíceis de quantificar e por vezes até difíceis de identificar os processos de erosão.

Vários factores devem ser levados em consideração para a quantificação da tolerância da perda do solo, tais como a taxa de erosão, a limitação da produtividade por ela condicionada, para além das taxas de regeneração a partir da rocha mãe, da perda de nutrientes e de matéria orgânica. Os custos da incorporação de fertilizantes, as práticas agrícolas, incluindo as medidas conservacionistas que os agricultores estão dispostos a implementar, têm igualmente de ser tomadas em consideração (Pimenta, 1995 citado em INAG, 1999).

O valor da tolerância é definido para as condições em que a fertilidade do solo pode ser mantida durante, pelo menos, 20 a 25 anos. Uma média anual da perda de solo de 11 t.ha^{-1} é geralmente aceite como o máximo permissível, sendo recomendado para áreas particularmente sensíveis, valores entre 2 a 5 t.ha^{-1} , nomeadamente para os solos com textura fina ou alta erodibilidade. No caso de solos com profundidade superior a 2 metros, alguns investigadores referem a tolerância de perda de solo com valores de 15 ou mesmo 20 t.ha^{-1} .

Nas condições da área em estudo a erosividade das chuvas é baixa (80 a $130 \text{ MJ mm (ha h ano)}^{-1}$) e o terreno é ocupado por tipos de solos de baixa erodibilidade (0.06 - $0.19 \text{ t ha h (ha MJ mm)}^{-1}$).

As perdas de solo estimadas no âmbito do PBH do Rio Tejo “não correspondem aos caudais sólidos que afluem à rede hidrográfica porquanto uma parte variável mas considerável do solo destacado e transportado pelos escoamentos superficiais deposita-se nas bases das encostas e nos leitos das pequenas linhas de água, sendo inclusivamente interceptada nos aproveitamentos existentes.

Naturalmente é nas manchas desarborizadas submetidas a uma utilização predominantemente agrícola, sem medidas de defesa e em solos sem aptidão para este tipo de utilização, que as perdas são mais intensas, admitindo-se que nas manchas de aproveitamento agro-florestal e nas manchas em que parte dos solos tenha aptidão agrícola as perdas sejam progressivamente menores.”

Nestas condições, a classificação atribuída baseou-se em seis classes ou agrupamentos de estratos, coincidentes com os valores das perdas anuais médias de solo por hectare admitidos no âmbito do PBH do Rio Tejo, por sua vez, apoiado no Plano Hidrológico Espanhol, tal como indicado no Quadro 1.

Quadro 1 – Classes erosivas e respectivas perdas de solo
 (Fonte: PBH Tejo, Anexo Temático 12, 1999)

CLASSE EROSIVA	PERDA DE SOLO (t/ha.ano)
Muito baixa	0 – 5
Baixa	5 – 12
Média	12 – 50
Alta	50 – 100
Muito alta	100 – 200
Extrema	> 200

1.3.3 Erosão hídrica

É especialmente nas cabeceiras dos rios que se dá o desenvolvimento dos processos erosivos, pela conjugação de vários factores favoráveis, como grandes declives, chuvas que, mesmo quando escassas, assumem facilmente carácter torrencial, e aumento da vulnerabilidade do solo devido a factores antropogénicos.

Recorrendo aos resultados da aplicação da equação universal de perda do solo na bacia hidrográfica do rio Tejo, obtém-se uma distribuição que pode ser interpretada de acordo com as classes erosivas mencionadas. A estimativa das perdas de solo nas bacias estudadas no âmbito do PBH do Rio Tejo, bacia do rio Trancão e bacia do rio Sorraia, já apresentadas na Fase de Descrição, segundo as classes acima descritas, conduzem à classificação, apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Perda de solo anual média (ton/ha.a)
 (Fonte: PBH Tejo, Anexo Temático 12, 1999)

Rio	Área da Bacia (ha)	Valor Médio (ton/ha.a)	Classe erosiva
Rio Trancão	29 319	4.12	Muito baixa
Rio Sorraia (Samora)	754 575	1.29	

Para comparação apresenta-se a média geral de perda de solo anual do Tejo que corresponde a 4,92 ton/ha.ano.

1.3.4 Zonas de risco

De acordo com o PBH do rio Tejo *“as maiores propensões à erosão, em terrenos não muito declivosos, coincidem, geralmente, com manchas de solos de fraca aptidão agrícola, mas sujeitas a efectiva utilização mais ou menos intensiva de vários tipos. É óbvio que independentemente destes desvios da boa prática cultural, se encontram importantes origens de erosão laminar e/ou concentrada em áreas de fortes declives,*

sobretudo se a constituição litológica for pouco agregada e cimentada e com fraca ou nula protecção vegetal.”

“As mais extensas zonas de forte erosão laminar localizam-se sobretudo na vertente norte do Tejo. Convém salientar que, para a localização na parte norte da bacia das áreas com mais erosão, contribui também o factor fisiográfico, que aí assume maiores valores devido sobretudo aos fortes declives.”

Com base na informação acima referida e nas características da área em estudo, considera-se que toda a área de estudo corresponde à classe erosiva muito baixa.

Resta como excepção, as margens das linhas de água, com significativa sensibilidade à erosão, designadamente nas zonas de montante e os limites dos mouchões, com tendência para a erosão, principalmente as dos mouchões da Póvoa e Alhandra. As causas desta erosão dever-se-ão entre outros fenómenos à diminuição de sedimentos transportados pelo rio Tejo e à extracção de inertes, tal como referido no PBH do rio Tejo.

Relativamente ao risco de assoreamento ele existirá nos canais de navegação, nomeadamente junto à margem direita do Tejo, com assoreamento na Cala Norte e na Cala das Barcas, e nas zonas de jusante dos mouchões de Alhandra e da Póvoa.

Os dois parágrafos anteriores sintetizam a caracterização e descrição já efectuada no capítulo 2.6.4 do Volume I da Fase 1 - Etapa 1.

2 Risco de incêndio

A carta de risco de incêndios, que se apresenta (Carta nº2), corresponde à carta de risco conjuntural de incêndio florestal de 2006 que foi fornecida pela Direcção-Geral dos Recursos Florestais (DGRF) e elaborada em parceria com o Departamento de Engenharia Florestal (DEF) do Instituto Superior de Agronomia (ISA), no âmbito da “Iniciativa sobre Incêndios Florestais” da COTEC Portugal – Associação Empresarial para a Inovação.

De acordo com informações fornecidas pela DGRF, a carta de risco conjuntural de incêndio florestal (CRCIF) tem uma validade anual e tem como principal objectivo avaliar o risco associado exclusivamente pela presença de determinadas classes de ocupação do solo, que possuem uma maior ou menor susceptibilidade a arder. Esta carta considera as alterações ocorridas nos últimos anos, em termos da influência da área ardida na ocupação do solo.

São considerados dois conjuntos de variáveis: as que têm uma resposta lenta ao longo do período em causa, e as que têm uma resposta rápida no mesmo período e que são significativamente afectadas pela própria ocorrência de fogos. Este instrumento é especialmente útil para o estabelecimento de prioridades de prevenção, tanto no que diz respeito à defesa da floresta, como à protecção civil.

Os resultados obtidos revelam que as zonas com menos susceptibilidade de arder coincidem com aquelas que têm pouca biomassa acumulada, por terem ardido há poucos anos. Pelo contrário, as zonas com maior biomassa apresentam maior susceptibilidade de arder, como é o caso da área florestal do concelho de Benavente.

Por outro lado, e atendendo à diferença de resultados, ainda que não tenha sido cartografada no âmbito do POGRNET, consideram de seguida os resultados apresentados na carta de risco estrutural de incêndio florestal (CREIF).

Ao contrário da CRCIF, a CREIF tem uma validade multi-anual, considerando as alterações ocorridas na última década, em termos da influência da área ardida na ocupação do solo. Modela assim o historial de área ardida de um período mais ou menos longo, com base em algumas variáveis ambientais/demográficas.

Desta forma os resultados obtidos na CREIF revelam que o risco elevado está associado ao historial de áreas ardidas e também às zonas que, não tendo ardido, possuem condições ambientais/demográficas semelhantes às que arderam.

Neste contexto, a área de estudo do POGNET, por não registar um historial significativo de incêndios na última década, está cartografada com um risco de incêndio muito baixo (Figura 2), enquanto que na CRCIF (ver Carta nº2), o risco varia entre médio a muito baixo.

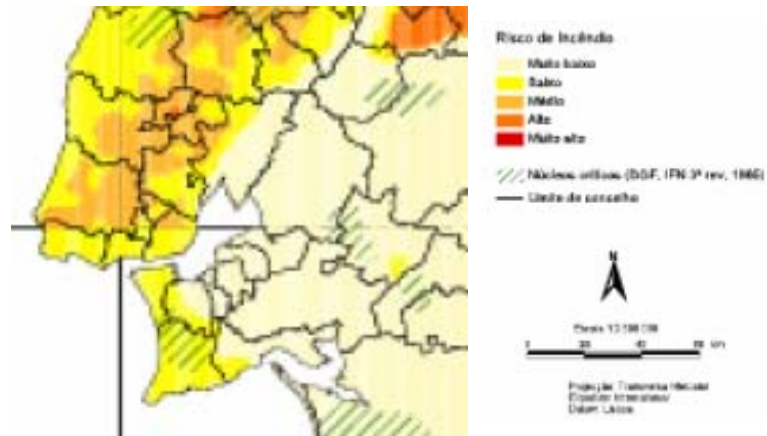


Figura 2 – Extracto da carta de Risco Estrutural de Incêndio Florestal (CREIF), revista em 2004 (Fonte - DGRF).

3 Degradação na Paisagem

A análise e cartografia (Carta nº3) para a determinação da degradação do património estético e paisagístico foi elaborada com base na metodologia proposta da etapa de valoração, tendo em consideração os baixos valores e degradação na paisagem. Assim, a presente classificação foi definida através do estabelecimento de critérios e de um sistema de pontuações atribuídas a cada unidade de paisagem, em função de três parâmetros complementares:

- Diversidade (Nenhuma – 0; Pouca 1; Razoável 2; Muita 3) – parâmetro que entra em linha de conta com questões de ordem biológica e ecológica da paisagem, sendo atribuídas pontuações em função dos níveis de diversidade e raridade associados às comunidades vegetais existentes, à fauna e aos habitats mais relevantes e à presença de endemismos;
- Harmonia (Nenhuma – 0; Pouca 1; Razoável 2; Muita 3) – parâmetros que traduzem o valor estético da paisagem em função de critérios algo subjectivos, nomeadamente, a ordem (estabilidade de utilização do território e o equilíbrio das condições ecológicas) e a grandeza (bacias visuais e valor dos cenários);
- Identidade (Nenhuma – 0; Pouca 1; Razoável 2; Muita 3) – parâmetro que traduz o carácter único da paisagem em função das suas características naturais e da presença de símbolos de valor histórico-cultural.

Atendendo à metodologia adoptada na etapa de descrição, os critérios de valoração/degradação acima descritos serão aplicados às sub-unidades de paisagem. A valoração/degradação das sub-unidades de paisagem identificadas na etapa de descrição apresenta-se na tabela seguinte.

Sub-unidades	Critérios			Total	Classe
	Diversidade	Harmonia	Identidade		
Área habitacional/ Urbana	0	0	0	0	Degradada
Área habitacional/ Rural	0	1	1	2	Monótona
Área de Indústria	0	0	1	1	Degradada
Área de agricultura de regadio	1	1	2	4	-
Área de agricultura de sequeiro	1	1	1	3	-
Arrozais	1	2	2	5	-
Cultura permanente	1	1	1	3	-
Florestal de produção	2	1	1	4	-
Florestal - Montado	2	2	2	6	-
Matos/ Incultos	1	1	1	3	-
Praia	2	3	2	7	-
Zonas húmidas/ sapal	3	3	3	9	-
Plano de água	1	2	2	5	-
Mouchões	2	3	3	8	-
Salinas	2	3	2	7	-
Sebes	1	2	2	5	-

As sub-unidades classificadas como degradadas correspondem às áreas urbanas e às áreas de indústria, em que atendendo ao tipo de desenvolvimento/expansão, crescimento desordenado, constituem intrusões na paisagem, contribuindo para a sua degradação. Excepcionam-se deste caso os espaços urbanos de Alcochete, Samouco, o núcleo urbano consolidado de Vila Franca de Xira, bem como algumas infra-estruturas e equipamentos (tome-se o exemplo das Secas do Bacalhau ou do Fórum Municipal de Alcochete).

As sub-unidades áreas urbanas-rurais foram classificadas como monótonas, pois apresentam algum abandono e degradação, ainda que manifestem algum valor paisagístico e de requalificação, à qual foi atribuída a presente classificação.

4 Vulnerabilidade da água e sedimentos à poluição

Com o objectivo de apreciar a vulnerabilidade da água e sedimentos do estuário do Tejo à poluição, em particular da área de estudo, foram revistos alguns trabalhos desenvolvidos no sistema, no contexto da avaliação de indicadores de qualidade tendo em conta os principais parâmetros de qualidade.

No trabalho desenvolvido por Cardoso da Silva (2004) são apresentados os resultados da aplicação de uma metodologia que visa a identificação de indicadores de poluição baseados no modelo Pressão – Estado – Resposta (Quadro 3). A informação de base usada para a aplicação desta metodologia provém de um conjunto de observações que incluem, além das observações do projecto Estudo Ambiental do Estuário do Tejo, de 1980 a 1983, os resultados de programas institucionais de monitorização, em particular as observações promovidas pelo Ministério do Ambiente, as campanhas promovidas pelo Parque EXPO, em 1993, e resultados de projectos de investigação como o ECOTEJO. A partir do trabalho resultante de aplicação desta metodologia, e com o objectivo de tornar mais fácil a interpretação dos valores obtidos, foram consideradas várias classes de qualidade associadas a códigos de cores, apresentados em diagramas nas Figuras 3 a 10.

A partir da observação destes diagramas pode concluir-se que, relativamente à área de estudo:

- ⇒ A oxigenação da água e os valores de amónia dissolvida são sempre classificados nas classes de Bom ou Excelente;
- ⇒ Os valores de DIN (“*Dissolved Inorganic Nitrogen*”) indicam condições que nos anos 80 e início dos anos 90 se apresentam nas categorias de Mau ou Degradado, havendo no entanto uma ligeira melhoria em finais dos anos 90 apresentando-se entre as categorias de Degradado e Bom;
- ⇒ Os valores de clorofila apresentam-se de igual modo maus ou degradados nos anos 80 mas passam à categoria de Excelente nas três séries de dados correspondentes à década de 90;
- ⇒ Os valores de coliformes totais e fecais são sempre classificados na categoria de Mau não existindo, contudo, dados para comparação correspondentes à década de 90;
- ⇒ Os valores de metais pesados nos sedimentos são classificados na categoria de Mau apenas no caso do Arsénio e do Mercúrio para a década de 80, não havendo dados para comparação relativamente à década de 90.

Outro trabalho desenvolvido no contexto da aplicação das Directivas Europeias dos Nitratos (ND 91/676/EEC) e do tratamento das águas residuais urbanas (UWWTD 91/271/EEC) descreve uma metodologia aplicada, entre outros sistemas costeiros portugueses, ao estuário do Tejo, que pretende avaliar o estado trófico da água no sistema (Ferreira *et al.*, 2003). Este estudo, também baseado no modelo Pressão – Estado – Resposta, permitiu enumeradas a seguintes conclusões:

- ⇒ Os valores de clorofila obtidos para a década de 80 indicam um elevado estado eutrófico do sistema que baixa para uma classificação de Médio em anos posteriores. Estes resultados em conjunto com a reconhecida boa oxigenação da água do estuário classificam o sistema em termos de condições eutróficas na classe de Moderado Baixo;
- ⇒ O estuário do Tejo é um sistema bem misturado com um elevado potencial de diluição com um fluxo de entrada de água doce moderado. Tendo em conta estas características bem como o valor das cargas de nutrientes para o sistema, os resultados do modelo matemático usado para o efeito e integrado na referida metodologia, classificam as pressões susceptíveis de provocar no sistema processos de eutrofização, como Baixas;
- ⇒ A resposta do sistema a futuras cargas de nutrientes é classificada como Boa dada as melhorias previstas para os sistemas de saneamento básico particularmente na margem sul.
- ⇒ Numa escala de 1 a 5 o estado trófico do sistema é classificado com o valor 4 correspondente a um Bom estado trófico.

Quadro 3. Índices usados para classificação do estuário do Tejo

Tipo	Índices	Descrição	Temática e parâmetros usados na aplicação ao estuário do Tejo				
Pressão	Susceptibilidade à poluição	Sensibilidade a cargas poluentes tendo em conta o tempo de escoamento T_f (e a correspondente variação com o caudal fluvial), da razão de fluxos R/P , que caracterizam a maior ou menor tendência para a estratificação vertical e da taxa de renovação P/V_{PM}	Temática	Parâmetro	VLE	Carga	Acidentes
	Conformidade com o VLE	Resume-se a verificar o cumprimento ou não da legislação na afluência de águas residuais ao estuário					
	Carga de poluição	Cálculo das cargas afluentes ao estuário e localização dos pontos de descarga. Podem ser calculados dois indicadores complementares de pressão: o indicador normalizado (carga normalizada para diferentes épocas) e o indicador de evolução (avalia a tendência das cargas para o sistema)	Eutrofização e estado de oxigenação	N total	x	x	-
	Acidentes de poluição	Baseia-se no número de ocorrências e no seu impacto no ambiente de acordo com a área afectada, a quantidade de poluente derramado e a sua perigosidade (quando se trata de um tóxico)	P total	x	x	-	
Xenobióticos	Metais ²	x	x	-			
Qualidade estética	Micropoluentes	-	-	x			
-	Hidrocarbonetos e substâncias tensioactivas	-	-	x			
Estado	Eutrofização e estado de oxigenação	A construção de indicadores de estado a partir dos valores significativos, efectua-se recorrendo aos valores de referência e valores objectivo que, são os VMR e VMA, respectivamente quando definidos na legislação.	Oxigénio dissolvido (expresso em % de saturação); Amónia				
	Contaminação bacteriológica		Azoto total dissolvido (DIN); Clorofila <i>a</i> ; Transparência (disco de Secchi)				
	Parâmetros estéticos		Coliformes totais e coliformes fecais				
	Xenobióticos		Presença de filmes oleosos ou macro detritos flutuantes, ou ocorrência de odores desagradáveis ³				
Resposta	Análise qualitativa da informação relativa aos itens seguintes (representativos do sistema sócio-económico e institucional às exigências de protecção ambiental, decorrentes ou não de imperativos legais): ⇒ População servida por ETAR comunitárias e respectiva evolução temporal ⇒ Promoção da aplicação de boas práticas agrícolas, através da identificação de acções de sensibilização, de formação ou mesmo de incentivos de cariz económico ⇒ Existência de informação e estruturas para recepção de óleos usados nas instalações de apoio a embarcações de pequeno porte (embarcações de pesca artesanal e de recreio) ⇒ Definição de planos de contingência para actuação no caso de derrames de hidrocarbonetos e disponibilidade de recursos materiais e humanos apropriados ⇒ Campanhas de educação ambiental e existência de estruturas para a deposição de resíduos sólidos		Concentrações de metais na coluna de água				

² A seleccionar de acordo com a relevância em cada caso e a informação disponível.

³ O ensaio relativo a este parâmetro não foi efectuado para o estuário do Tejo devido à ausência de observações.

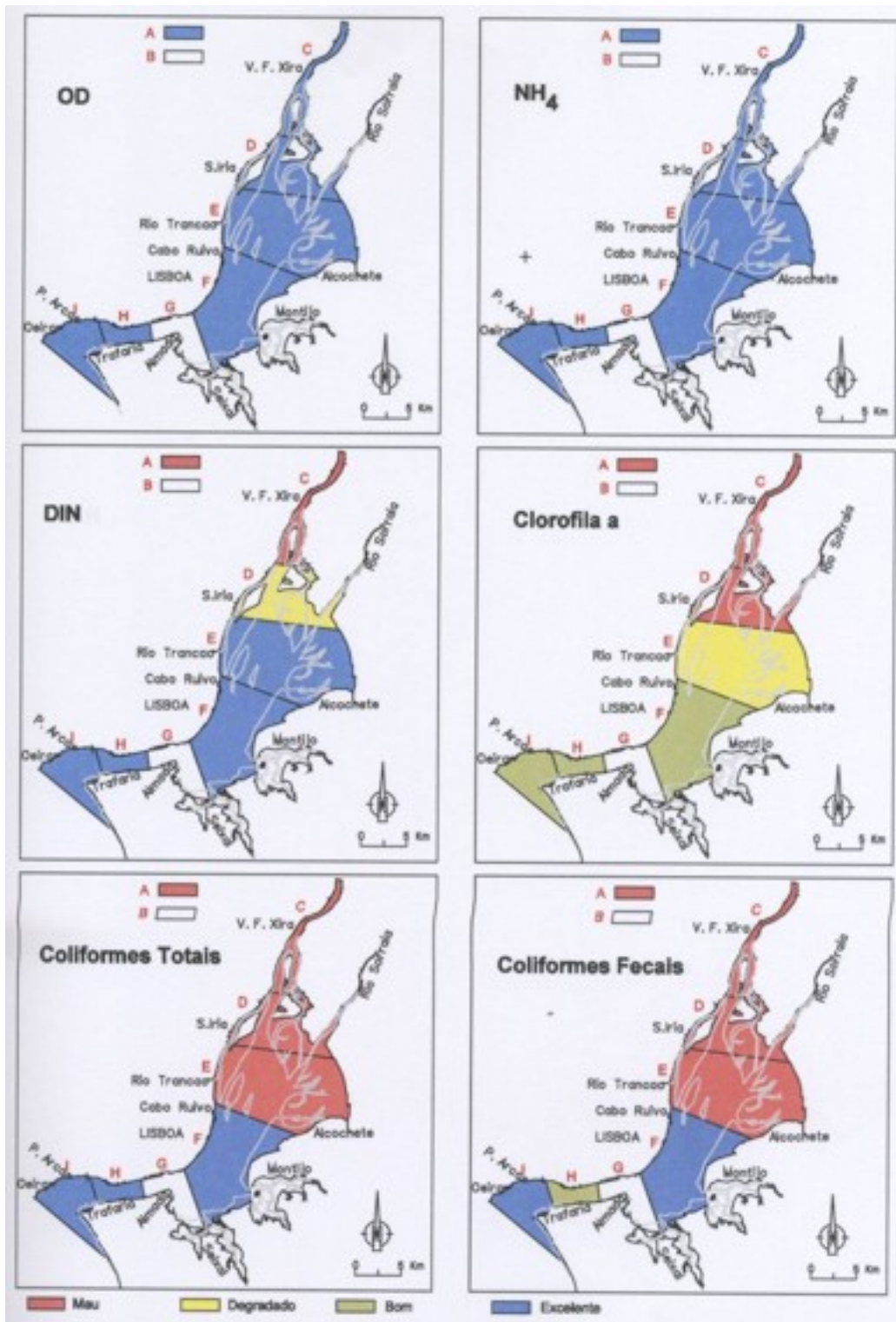


Figura 3. Classes do estuário do Tejo. Oxigenação, eutrofização e contaminação microbológica. Ano hidrológico de 1979/80.

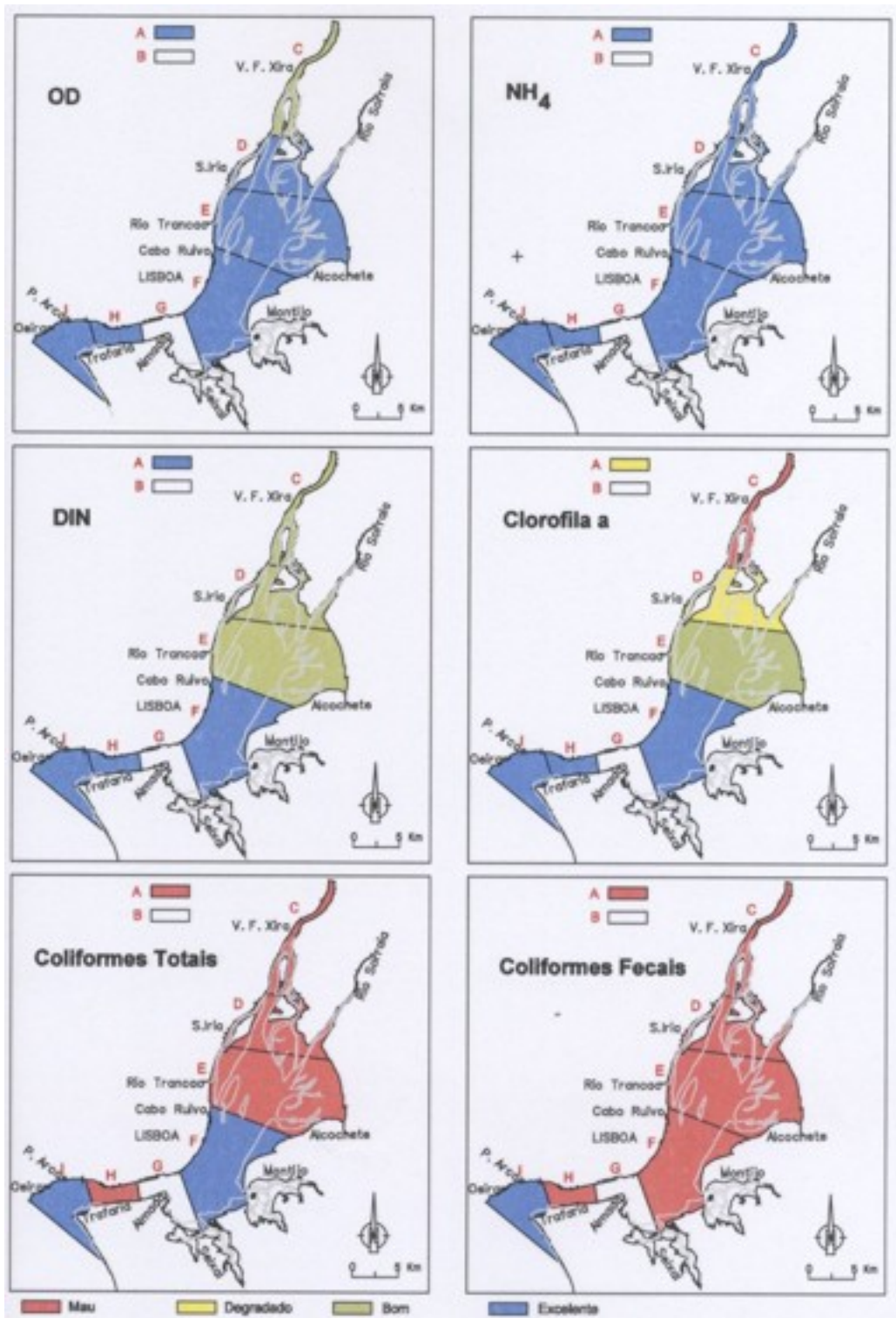


Figura 4. Classes do estuário do Tejo. Oxigenação, eutrofização e contaminação microbológica. Ano hidrológico de 1980/81.

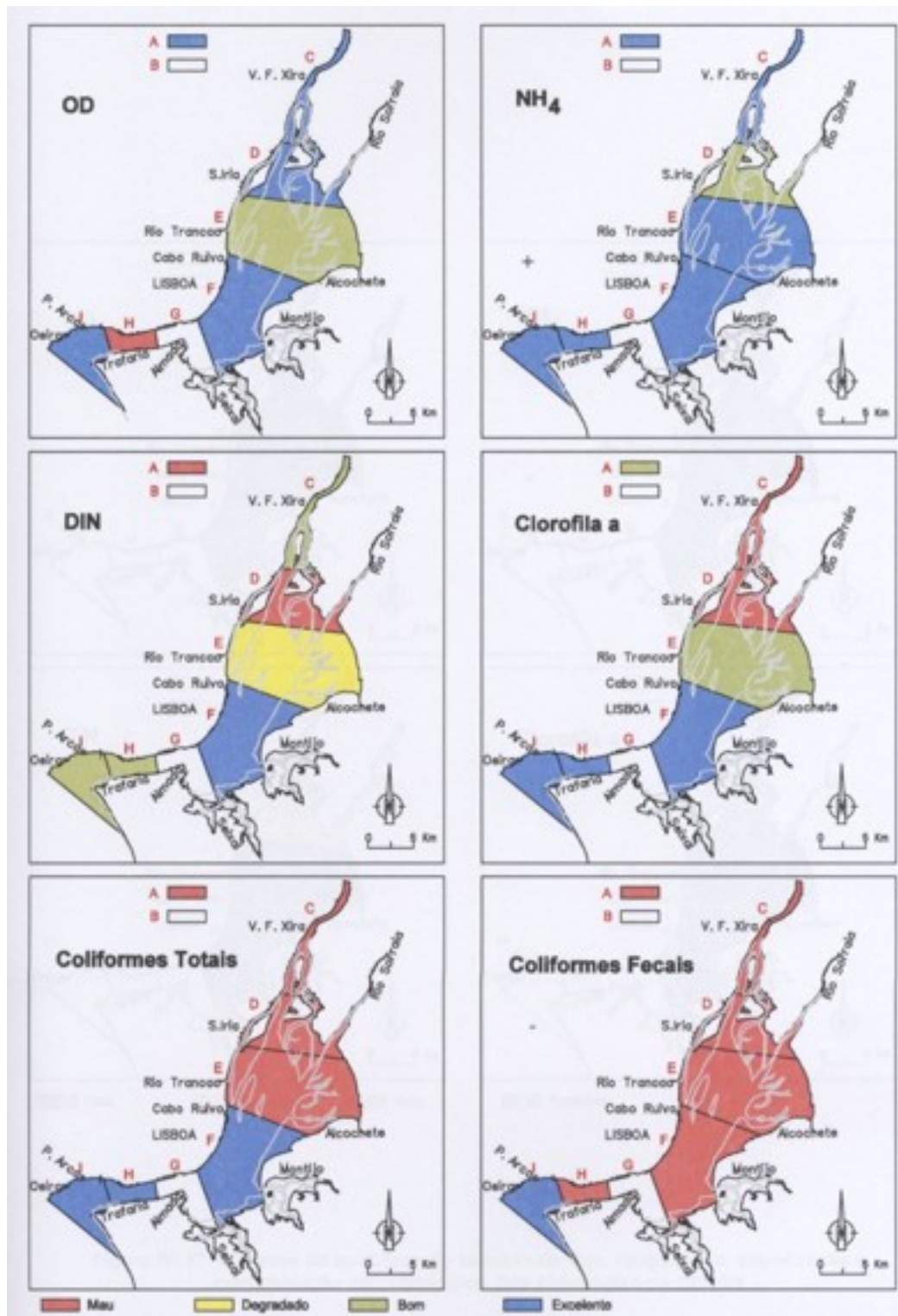


Figura 5. Classes do estuário do Tejo. Oxigenação, eutrofização e contaminação microbiana. Ano hidrológico de 1981/82.

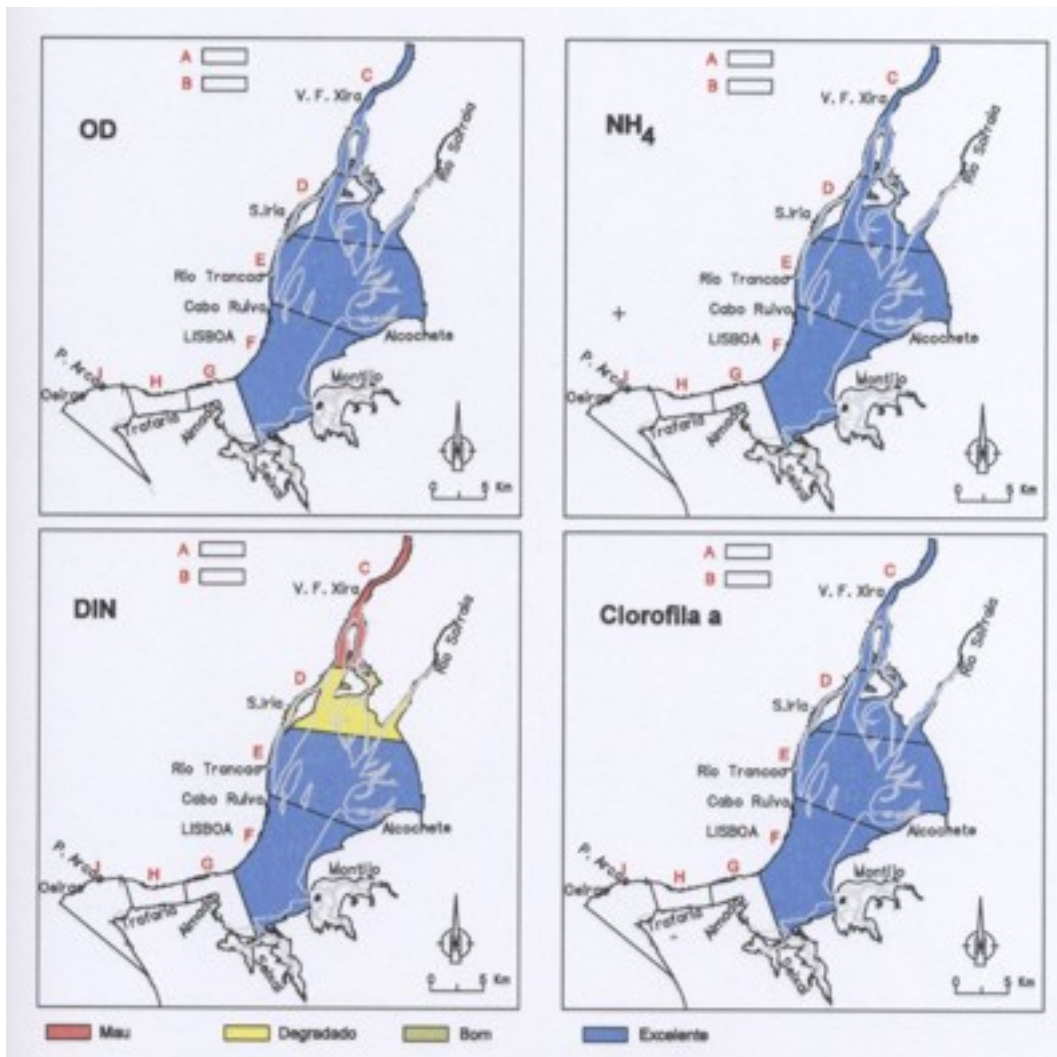


Figura 6. Classes do estuário do Tejo. Oxigenação, eutrofização e contaminação microbológica. Ano hidrológico de 1993/94.

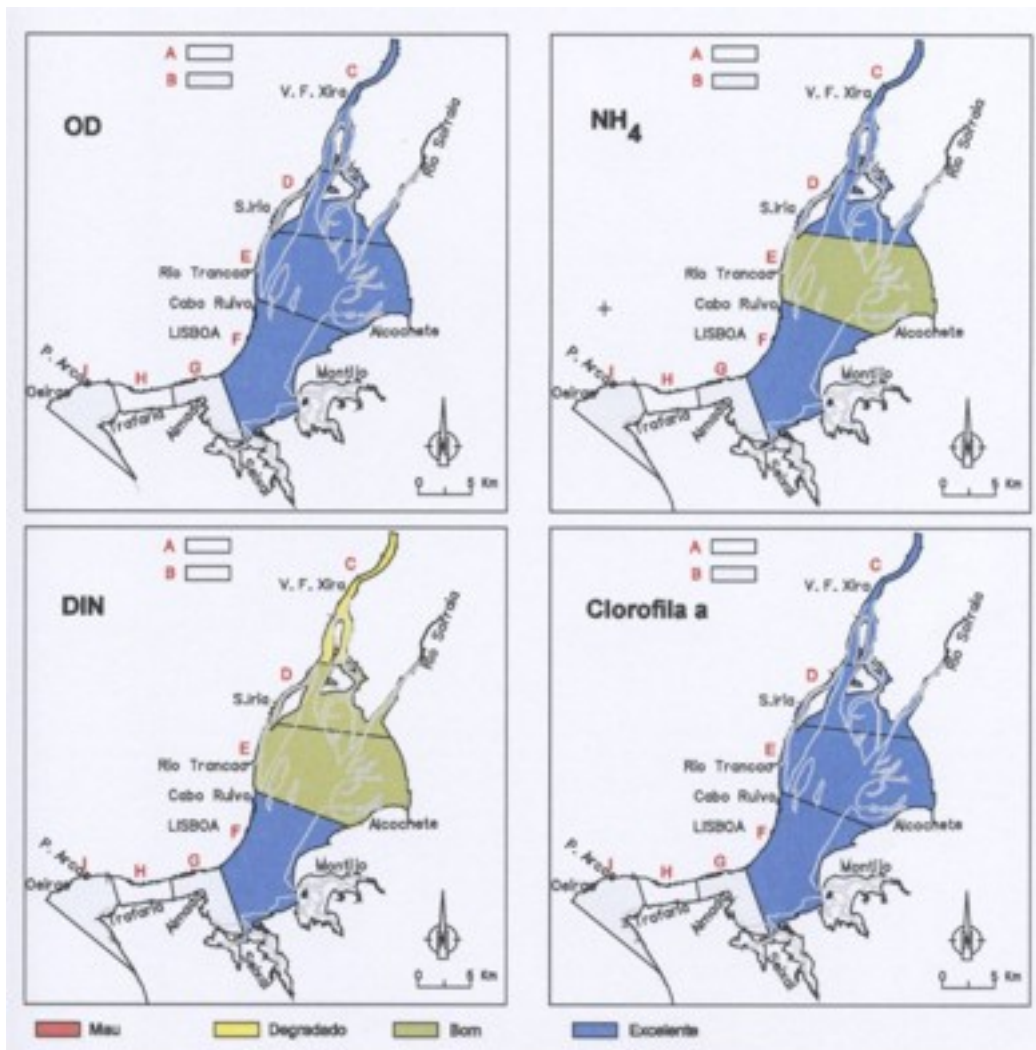


Figura 7. Classes do estuário do Tejo. Oxigenação, eutrofização e contaminação microbológica. Ano hidrológico de 1994/95.

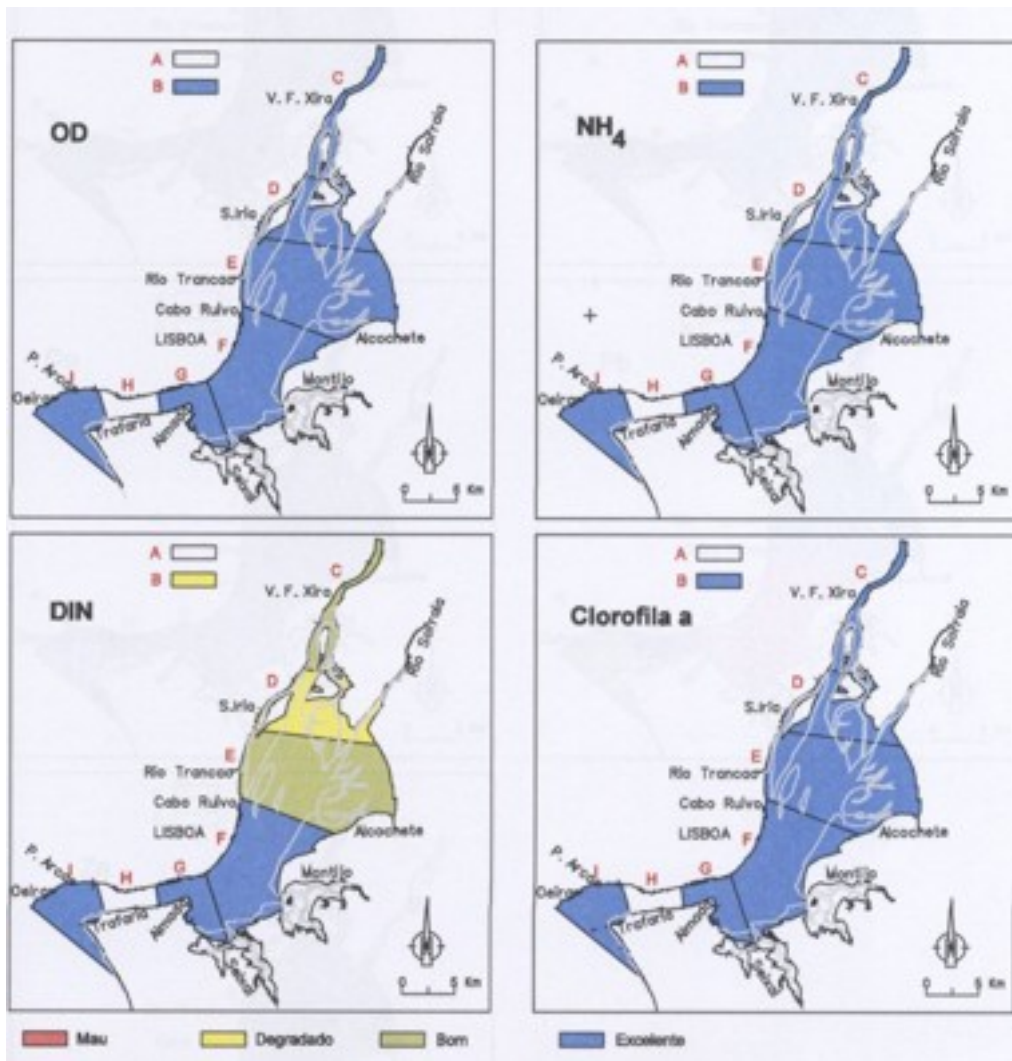


Figura 8. Classes do estuário do Tejo. Oxigenação, eutrofização e contaminação microbiana. Ano hidrológico de 1998/99.

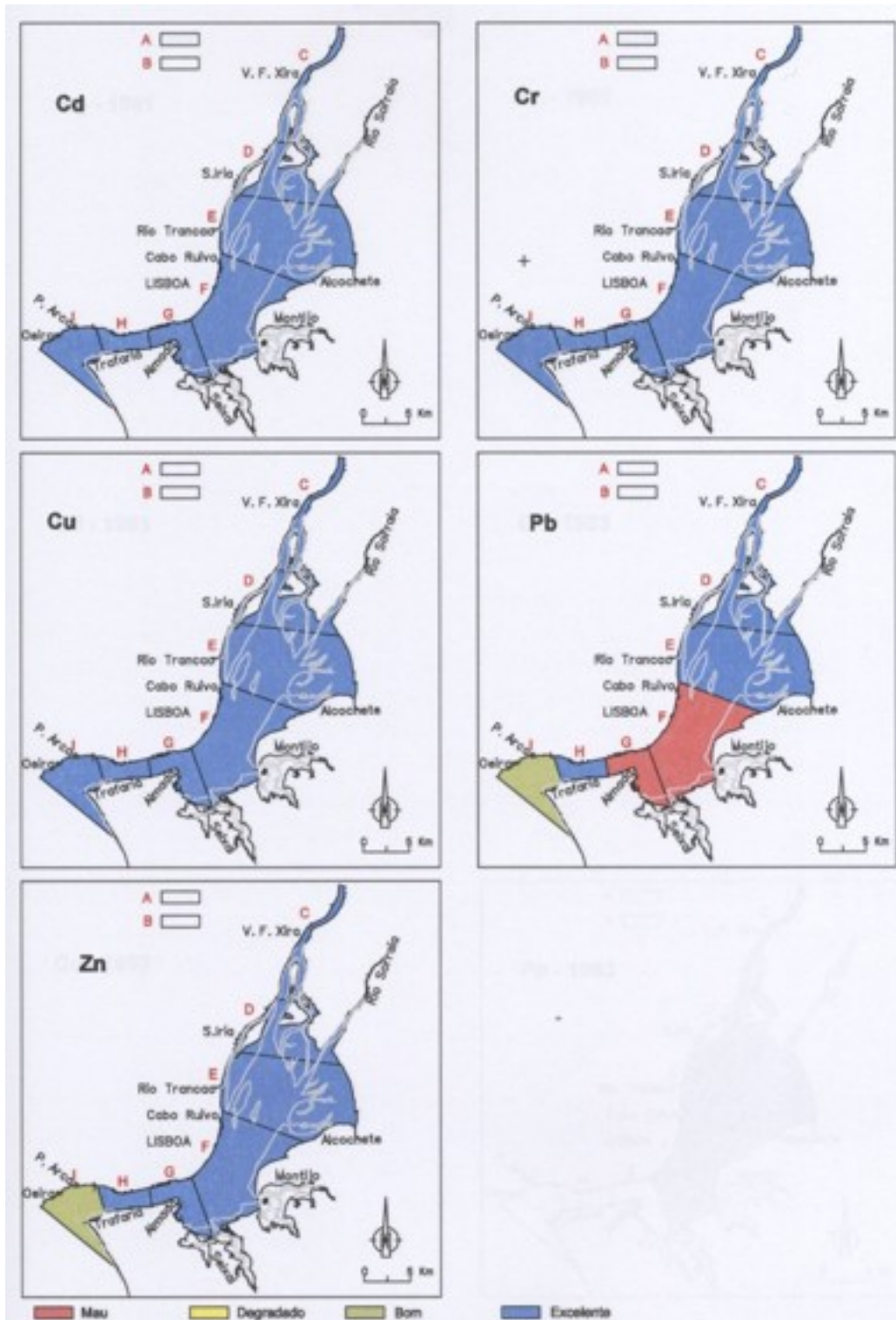


Figura 9. Classes do estuário do Tejo. Sedimentos. Observações de 1980. Critério: valor objectivo.

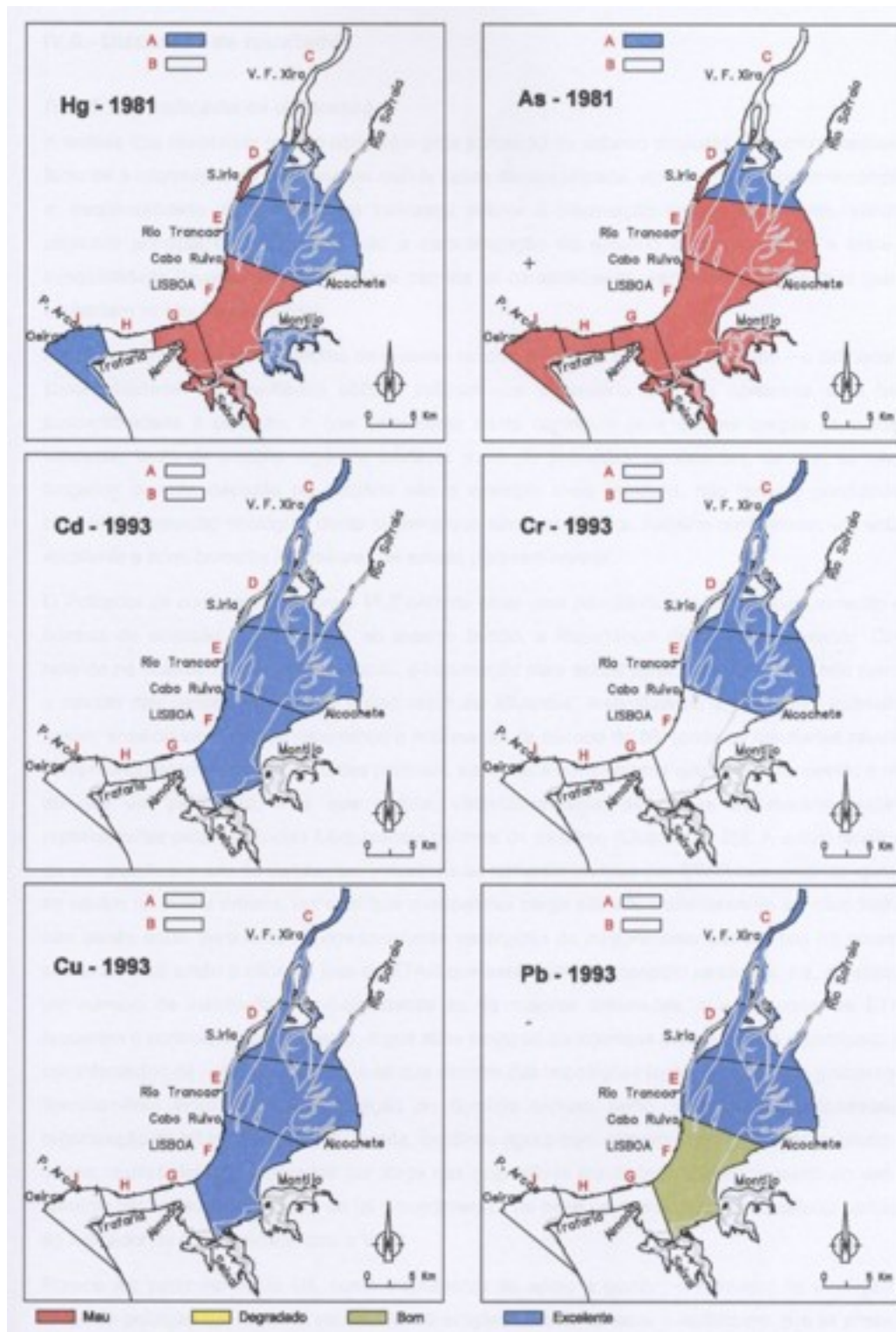


Figura 10. Classes do estuário do Tejo. Sedimentos. Observações de 1981 e 1993.
Critério: valor objectivo.

A partir dos resultados apresentados verifica-se que, em termos de vulnerabilidade da água a substâncias poluentes, a totalidade da área de estudo é particularmente sensível à poluição orgânica (azoto orgânico dissolvido; Figuras 7 e 8). No entanto, cruzando estes resultados com os valores obtidos para os valores de clorofila, dada a sua influência directa no aumento da produtividade primária da coluna de água, verifica-se que estes valores são baixos indicando que factores, tais como a morfologia e circulação da água, estejam na origem da diluição e escoamento dos nutrientes evitando a ocorrência do crescimento excessivo de produtores primários (fitoplâncton e macroalgas) na coluna de água. Deste modo pode concluir-se que a qualidade da água tem uma vulnerabilidade moderada à poluição.

O mesmo já não se pode concluir para os sedimentos: os resultados apresentados, para o início da década de 80 indicam a contaminação da área de estudo por metais pesados, particularmente por mercúrio e arsénio. Este resultado está ligado aos anteriores usos da água do estuário, entendido como receptor dos efluentes das principais indústrias, cuja actividade tem sofrido nas últimas décadas um acentuado decréscimo. Por outro lado, relativamente aos efluentes industriais, as condições de tratamento das águas residuais têm melhorado bastante nos últimos anos. No entanto é necessário ter em conta, por exemplo, actividades como as dragagens ou outras que possam ressuspender sedimentos contaminados que se acumularam durante vários anos no fundo. Deste modo, os sedimentos da área de estudo, particularmente os correspondentes às imediações das zonas mais industrializadas, devem ser classificados como vulneráveis à poluição por metais pesados. Esta vulnerabilidade está também relacionada com a bioacumulação dos metais pesados nos organismos que habitam o estuário e cujo habitat e fonte de alimentação está ligada aos fundos.

5 Vulnerabilidade das águas subterrâneas à poluição

Entende-se como vulnerabilidade à poluição, a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero.

Este conceito de vulnerabilidade permite estabelecer uma distinção clara da noção de risco de poluição uma vez que este subentende não só a vulnerabilidade do meio mas também a existência de cargas poluentes significativas que possam afectar o ambiente subterrâneo. Assim, o risco é causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, que serão em princípio tendencialmente estáveis, mas também pela existência de actividades poluentes, que representam uma variável dinâmica e controlável.

Os métodos existentes para classificação da vulnerabilidade/risco de contaminação são vários sendo mais ou menos objectivos consoante os parâmetros e critérios considerados. No presente estudo realçam-se os mencionados no plano de Bacia hidrográfica do rio Tejo. Neste plano, a vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas foi estudada utilizando duas aproximações, sendo que a segunda integra aspectos da primeira.

A primeira aproximação foi a proposta no documento "Informação Cartográfica dos Planos de Bacia. Sistematização das Figuras e Cartas a Imprimir em Papel" da autoria da equipa do Plano Nacional da Água (EPPNA), versão de Outubro de 1998. De acordo com esta aproximação, a cada entidade litológica/hidrogeológica é atribuída uma classe de vulnerabilidade, tal como constante no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação da Vulnerabilidade/risco de contaminação segundo EPPNA

Classe/Risco de contaminação	Vulnerabilidade à poluição
V1 – Aquíferos em rochas carbonatadas de elevada carsificação	Alto
V2 – Aquíferos em rochas carbonatadas de carsificação média a alta	Médio a Alto
V3 – Aquíferos em sedimentos não consolidados com ligação hidráulica com a água superficial	Alto
V4 – Aquíferos em sedimentos não consolidados sem ligação hidráulica com a água superficial	Médio
V5 – Aquíferos em rochas carbonatadas	Médio a Baixo
V6 – Aquíferos em rochas fissuradas	Baixo e Variável
V7 – Aquíferos em sedimentos consolidados	Baixo
V8 – Inexistência de aquíferos	Muito Baixo

A classificação apresentada em EPPNA (1998) refere "risco de contaminação" em vez de "vulnerabilidade à poluição". Contudo opta-se por reservar a palavra "risco" para os casos em que se considera a ocupação do solo e a carga poluente a ela associada. Dado que apenas se considera a natureza do meio geológico, o único aspecto que se pode considerar é a vulnerabilidade.

Uma segunda aproximação, mais completa que a primeira, uma vez que integra outros aspectos que condicionam o potencial de vulnerabilidade de uma formação hidrogeológica, é a do método DRASTIC que utiliza o índice de vulnerabilidade DRASTIC.

Neste método são considerados e quantificados parâmetros hidrogeológicos, morfológicos e outras características intrínsecas dos aquíferos que conjugados entre si tornam menos subjectiva a avaliação da vulnerabilidade.

O índice DRASTIC corresponde então à média ponderada de 7 valores correspondentes aos seguintes 7 parâmetros hidrogeológicos:

- profundidade da zona não-saturada do solo;
- recarga profunda de aquíferos ;
- material do aquífero;
- tipo de solo;
- topografia;
- impacto da zona não-saturada;
- condutividade hidráulica.

Neste método e de uma forma simples, pode considerar-se a seguinte relação entre o índice de vulnerabilidade DRASTIC e a vulnerabilidade em termos qualitativos:

Quadro 5 – Classificação da Vulnerabilidade segundo o método DRASTIC

Índice DRASTIC	Vulnerabilidade à poluição
Índice DRASTIC superior a 199:	muito elevada
Índice DRASTIC entre 160 e 199:	elevada
Índice DRASTIC entre 120 e 159	intermédia
Índice DRASTIC inferior a 120	baixa

Tal como descrito no capítulo de “Caracterização Geológica”, na área envolvente ao estuário do Tejo ocorrem diversas formações com potencial em termos de recursos hídricos subterrâneos. Estes terrenos integram 3 importantes sistemas aquíferos: Aluviões de Tejo, Aquífero Bacia do Tejo-Sado / Margem Esquerda e Miocénico e Cenomaniano de Lisboa.

Aluviões do Tejo-Sado

No caso específico do sistema aquífero das Aluviões do Tejo, de acordo com a classificação da EPPNA, este sistema classifica-se como V3 (Aquíferos em sedimentos não consolidados com ligação hidráulica com a água superficial - vulnerabilidade alta) e tendo o índice DRASTIC valores entre 65 e 198, com um valor médio de 176 (vulnerabilidade elevada).

Bacia do Tejo-Sado/Margem Esquerda

Os aquíferos livres do sistema aquífero da Bacia do Tejo-Sado/Margem Esquerda, de acordo com a classificação da EPPNA, classificam-se como: V3 (Aquíferos em sedimentos não consolidados com ligação hidráulica com a água superficial - vulnerabilidade alta) e V4 (Aquíferos em sedimentos não consolidados sem ligação hidráulica com a água superficial - vulnerabilidade média).

O índice DRASTIC varia entre 95 e 202, com um valor médio de 163 (vulnerabilidade elevada).

“Miocénico e Cenomaniano de Lisboa”

Dada a diversidade litológica que caracteriza o sistema hidrogeológico do “Miocénico e Cenomaniano de Lisboa”, de acordo com a classificação da EPPNA, podem ser identificadas diversas classes de vulnerabilidade, nomeadamente:

- V4 (Aquíferos em sedimentos não consolidados sem ligação hidráulica com a água superficial - vulnerabilidade média);
- V7 (Aquíferos em sedimentos consolidados - vulnerabilidade baixa);
- V3 (Aquíferos em sedimentos não consolidados com ligação hidráulica com a água superficial - vulnerabilidade alta);
- V6 (Aquíferos em rochas fissuradas - vulnerabilidade baixa e variável);
- V2 (Aquíferos em rochas carbonatadas de classificação média a alta - vulnerabilidade média a alta);
- V5 (Aquíferos em rochas carbonatadas - vulnerabilidade média a baixa).

Em contrapartida, o índice DRASTIC apresenta valores entre 77 e 176, em torno de uma média de 122, correspondente portanto a uma vulnerabilidade intermédia.

A Carta nº4 mostra os resultados da aplicação do método DRASTIC à área considerada no presente plano (retirada do Plano de Bacia do Tejo).

Por outro lado, a questão da vulnerabilidade das águas subterrâneas à poluição deve igualmente contemplar o problema da poluição causada por nitratos de origem agrícola.

Com efeito, as preocupações crescentes da população em geral devido às concentrações cada vez maiores de nitratos nos recursos hídricos destinados ao consumo humano, e à perturbação dos sistemas aquáticos pela eutrofização⁴, foram o detonador das medidas destinadas a melhorar a qualidade da água.

Neste contexto, o Decreto-Lei n.º 235/97 de 3 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 91/676/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro de 1991, relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68/99, de 11 de Março, define um conjunto de critérios de identificação das águas poluídas por nitratos.

A aplicação destes critérios conduziu à identificação de zonas vulneráveis, ou seja, zonas de terras agrícolas com contribuição significativa para a poluição por N (azoto) a nível das bacias de drenagem, dentre as quais a zona vulnerável do Tejo, publicadas na Portaria n.º 1433/2006, de 27 de Dezembro.

A representação gráfica da delimitação da zona vulnerável do Tejo constante da referida portaria encontra-se na Figura 11.

⁴ Crescimento excessivo de algas, com efeitos adversos potenciais na biodiversidade aquática e nas utilizações humanas da água. A definição exacta dada pela Directiva (artigo 2º, alínea i)) é a seguinte: «Enriquecimento das águas em compostos de azoto que, provocando uma aceleração do crescimento das algas e plantas superiores, ocasiona uma perturbação indesejável do equilíbrio dos organismos presentes na água e da qualidade das águas em causa».

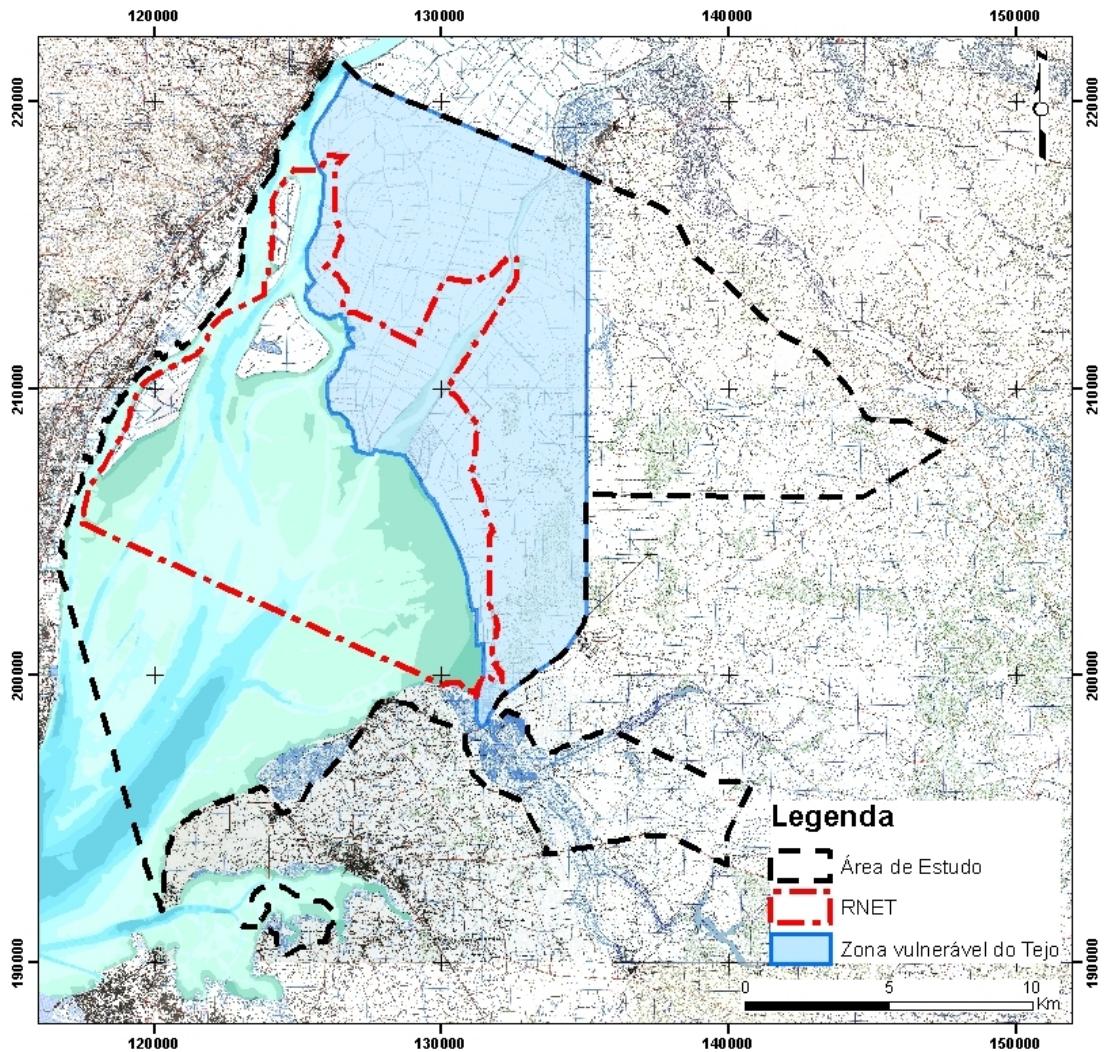


Figura 11 – Zona vulnerável do Tejo inserida na área de estudo, incluindo, a área da RNET.

Bibliografia

Cardoso da Silva, M., Rodrigues, A.C. 2004. Environmental Indicators as management tools of estuaries. Methodology and the case study of the Tejo estuary. *Journal of Coastal Conservation*, 10: 13-24.

EPPNA (1998) - Informação Cartográfica dos Planos de Bacia. Sistematização das Figuras e Cartas a Imprimir em Papel, Equipa de Projecto do Plano Nacional da Água, versão de Outubro de 1998, 29 pp.

Ferreira, J.G., Simas, T.C., Nobre, A., Silva, M.C., Shifferegger, K., Lencart-Silva, J., 2003. Identification of Sensitive areas and vulnerable zones in transitional and coastal Portuguese systems – Application of the United States National Estuarine Eutrophication Assessment to the Minho, Lima, Douro, Ria de Aveiro, Mondego, Tagus, Sado, Mira, Ria Formosa and Guadiana systems. INAG / IMAR, 2003. <http://www.eutro.org/documents/NEEA%20Portugal.pdf>

INAG (1999) – Plano de Bacia Hidrográfica do rio Tejo.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1995. Climate Change 1995, The IPCC Second Assessment Synthesis of Scientific-Technical Information Relevant to Interpreting Article 2 of the UN Framework Convention on Climate Change. IPCC, Switzerland. <http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>.

Lobo Ferreira, J.P., Oliveira, M.M., Ciabatti, P. (1995a) - Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal. Volume 1: (1) Caracterização dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Mapeamento DRASTIC da Vulnerabilidade dos Aquíferos de Portugal. (2) Executive Summary of the Final Report on the Characterisation of Groundwater Resources and DRASTIC Vulnerability Mapping of the Aquifers of Portugal. (3) Síntese da Caracterização e do Mapeamento das Águas Subterrâneas de Portugal. (4) Análise de Legislação sobre Zonamento de Protecção de Captações de Águas Subterrâneas. Aplicação a Dois Casos de Estudo Portugueses. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995, 525 pp.

Simas, T., Nunes, J.P. & Ferreira, J.G., 2001. Effects of global climate change on coastal salt marshes. *Ecological Modelling*. 139 (1), 1-15.

ICNB, I.P.
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DA BIODIVERSIDADE

PLANO DE ORDENAMENTO E GESTÃO
PARA A RESERVA NATURAL DO ESTUÁRIO
DO TEJO

DIAGNÓSTICO

Volume I / II
CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS NATURAIS
E VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

JULHO 2007

ICNB, I.P.
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA
E DA BIODIVERSIDADE

PLANO DE ORDENAMENTO E GESTÃO PARA A RESERVA NATURAL DO ESTUÁRIO DO TEJO

DIAGNÓSTICO

Volume I / II
CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS NATURAIS
E VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

JULHO 2007