

Tipologia de rios em Portugal Continental no âmbito da Directiva Quadro da Água

M.H. ALVES

Instituto da Água, Av. Almirante Gago Coutinho, 30, 1049-066 Lisboa. helenalves@inag.pt

J. M. BERNARDO

Universidade de Évora, 7000 Évora jmb@uevora.pt

R. V. CORTES³

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-911 Vila Real rcortes@utad.pt

M. J. FEIO

IMAR, Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3004-517 Coimbra mjf@ci.uc.pt

J. FERREIRA

Universidade de Évora, 7000 Évora joão.ferreira@inag.pt

M.T. FERREIRA

Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa terferreira@isa.utl.pt

H. FIGUEIREDO

Universidade de Évora, 7000 Évora. helio@ambibase.com

N. FORMIGO

Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Praça Gomes Teixeira, 4099-022 Porto nformig@fc.up.pt

M. ILHÉU

Universidade de Évora, 7000 Évora. milheu@uevora.pt

M. MORAIS

Universidade de Évora, 7000 Évora mmorais@uevora.pt

J. PÁDUA

Universidade de Évora, 7000 Évora padua@inag.pt

P. PINTO

Universidade de Évora, 7000 Évora ppinto@uevora.pt

T. RAFAEL

Universidade de Évora, 7000 Évora teresar@inag.pt

Resumo

A Directiva Quadro da Água (DQA) estabelece que as massas de água de superfície deverão ser diferenciadas por tipos, grupos de massas de água com características morfo-climáticas relativamente homogéneas, consideradas relevantes para a determinação das condições ecológicas. Segundo a DQA, os tipos são diferenciadas com base em dois métodos: o sistema A e o sistema B.

Com a aplicação do Sistema A obtiveram-se 18 tipos. Constatou-se que a generalidade dos tipos estava representada em todo o território de Portugal Continental o que, de acordo com o conhecimento existente, não traduzia a heterogeneidade ecológica do território e o gradiente climático Norte - Sul.

A aplicação do Sistema B permitiu identificar 6 regiões morfo-climáticas e 27 tipos de rios, que incluem cursos de água com uma percentagem em território nacional superior a 1% da rede de drenagem total ou, pelo menos, um troço com comprimento superior a 40 km. De acordo com o conhecimento actual das comunidades bióticas, este número é elevado tendo-se considerado que a sua redução só seria possível com base no conhecimento da variabilidade das comunidades biológicas.

Para a validação biológica da tipologia desenvolvida considerou-se que a informação existente não era suficiente, uma vez que foi obtida por distintos métodos de amostragem e em anos e períodos do ano diferentes.

Assim, realizou-se uma campanha de amostragem na Primavera de 2004, completada na Primavera de 2005, abrangendo os 27 tipos de rios. Esta campanha incluiu cerca de 200 locais de referência seleccionados com base em critérios de pressão, tendo sido amostrados os elementos biológicos (diatomáceas, macroinvertebrados, peixes e macrófitos) e caracterizados os elementos físico-químicos. Com base na análise estatística dos dados para cada elemento biológico procedeu-se a uma simplificação da tipologia inicial tendo-se obtido 4 regiões e um número final de 13 tipos.

Palavras-Chave – DQA, tipologia de rios, validação biológica

1 - INTRODUÇÃO

Os tipos são grupos de corpos de água com características geográficas e hidrológicas relativamente homogêneas, consideradas relevantes para a determinação das condições ecológicas. O objectivo da definição de tipos é permitir que sejam correctamente estabelecidas condições de referência e que sejam comparáveis as classificações de estado ecológico dentro de cada grupo de rios com características semelhantes. Os tipos de corpos de água são diferenciados com base em metodologias propostas por dois sistemas: sistema A e sistema B (Anexo II, DQA). A selecção de um destes dois sistemas fica ao critério de cada Estado-Membro. No entanto, a selecção do sistema B só é possível se a sua aplicação permitir um grau de diferenciação pelo menos igual à obtida com o Sistema A.

Ambos os sistemas incluem os seguintes factores obrigatórios: altitude, dimensão da área de drenagem e geologia. No entanto, o sistema B prevê ainda como factores obrigatórios, a latitude e a longitude e factores facultativos. No que se refere ao sistema A, este estabelece que as massas de água de superfície existentes na região hidrográfica são em primeiro lugar diferenciados em ecoregiões, incluindo-se Portugal na ecoregião 1, Região Ibero Macaronésica (Illies, 1978 *in* DQA, 2000). O sistema A estabelece, também, as classes de cada factor obrigatório, que no caso do sistema B ficam ao critério de cada Estado-Membro.

Procedeu-se à aplicação do sistema A tendo-se obtido 18 tipos. Constatou-se que a generalidade dos tipos está representada em todo o território continental o que, de acordo com o conhecimento existente, não traduz a heterogeneidade ecológica que o caracteriza, não reflectindo, também, o gradiente climático Norte - Sul (nomeadamente temperatura e precipitação).

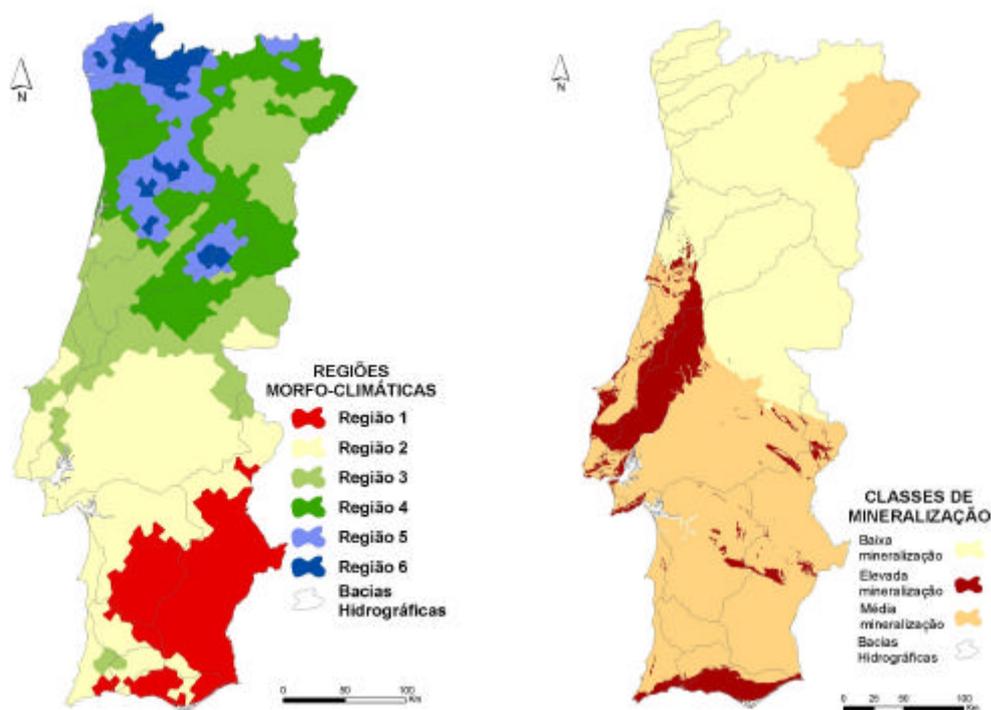
Na aplicação do Sistema B (Alves *et al.*, 2004), seguiu-se a seguinte metodologia: (i) selecção dos factores facultativos; (ii) análise estatística multivariada (ordenação e classificação) das variáveis quantitativas climáticas e morfológicas para a identificação de grupos morfo-climáticos; (iii) intercepção do resultado obtido com a geologia e dimensão da área de drenagem para obtenção dos tipos.

Os factores facultativos seleccionados para a formação das regiões morfoclimáticas foram o declive médio do escoamento, a altitude, a precipitação média anual, o coeficiente de variação da precipitação, o escoamento, a temperatura média anual, e a amplitude térmica média anual. Foram identificadas seis regiões morfoclimáticas (figura 1a).

As regiões obtidas evidenciam um gradiente de temperatura, precipitação, escoamento e altitude, existindo a Sul do rio Tejo duas regiões (Região 1 e 2) e a Norte do rio Tejo quatro regiões (regiões 4, 3, 5 e 6). A Sul são individualizadas as regiões da Serra de Monchique e Serra de São Mamede, de características mais húmidas e de maior altitude, como pequenas extensões da região 3. As regiões caracterizadas por situações extremas são a 1 e a 6. A região 1 ocorre principalmente na bacia do Guadiana, caracterizada por temperaturas mais elevadas e menor precipitação. A região 6 localiza-se no Norte de Portugal e engloba regiões de relativamente elevada altitude e elevada precipitação. As restantes regiões formam um gradiente entre os extremos, sendo de realçar a região 2, que se localiza predominantemente a Sul do Tejo, mas também na região de Trás-os-Montes e Alto Douro correspondendo sensivelmente à denominada *Terra Quente*.

No que se refere à geologia, as litologias e formações geológicas foram agrupadas segundo o seu efeito no grau de mineralização da água: baixa mineralização constituídas essencialmente por rochas ácidas, média mineralização constituídas essencialmente por rochas básicas, e elevada mineralização constituídas por rochas sedimentares. Na carta apresentada na figura 2b teve-se ainda em conta os valores de condutividade e dureza, as características ecológicas e o *continuum* fluvial, privilegiando-se a formação de grandes manchas.

Relativamente à bacia de drenagem, foram consideradas as seguintes classes: pequena, a Norte do rio Tejo, de 5 a 100 km², a Sul do rio Tejo, entre 10 a 100 km²; média, entre 100 a 1 000 km²; grande, entre 1 000 a 10 000 km²; muito grande, maior do que 10 000 km².



a) Regiões morfoclimáticas

b) Classes de mineralização

Figura 1 - Factores para a determinação dos tipos segundo o sistema B definido pela Directiva-Quadro da Água: a) regiões morfoclimáticas; b) classes de mineralização.

A intercepção dos grupos morfo-climáticos (6 grupos) com a geologia (3 classes) e com a dimensão das áreas de drenagem (4 classes) resultou em 48 combinações. Este número foi considerado muito elevado face ao número de tipos obtidos com aplicação do sistema A, 18 tipos, e ao conhecimento da heterogeneidade do território de Portugal Continental. Assim, considerou-se que seria de eliminar as combinações cuja representatividade em território nacional fosse inferior a 1% do comprimento total da rede hídrica e em que o troço fluvial de maior comprimento tivesse menos de 40 km. Por outro lado, optou-se por não eliminar as combinações que incluíam a dimensão de bacia de drenagem muito grande e que correspondiam aos rios Douro, Minho, Guadiana e Tejo, atendendo à sua especificidade e importância, já que são os únicos com área de drenagem superior a 10 000 km², estabelecendo-se que os rios internacionais definissem tipos distintos. Foram ainda realizadas algumas simplificações com base no conhecimento pericial sobre os sistemas ecológicos, nomeadamente no Algarve. Tendo em conta as simplificações efectuadas obteve-se, para o sistema B, 27 Tipos de Rios, os quais abrangem 97,8 % do comprimento total da rede de drenagem (incluindo todos os cursos de água com áreas de drenagem superiores a 5 km² a Norte e 10 km² a Sul do rio Tejo) (figura 2).

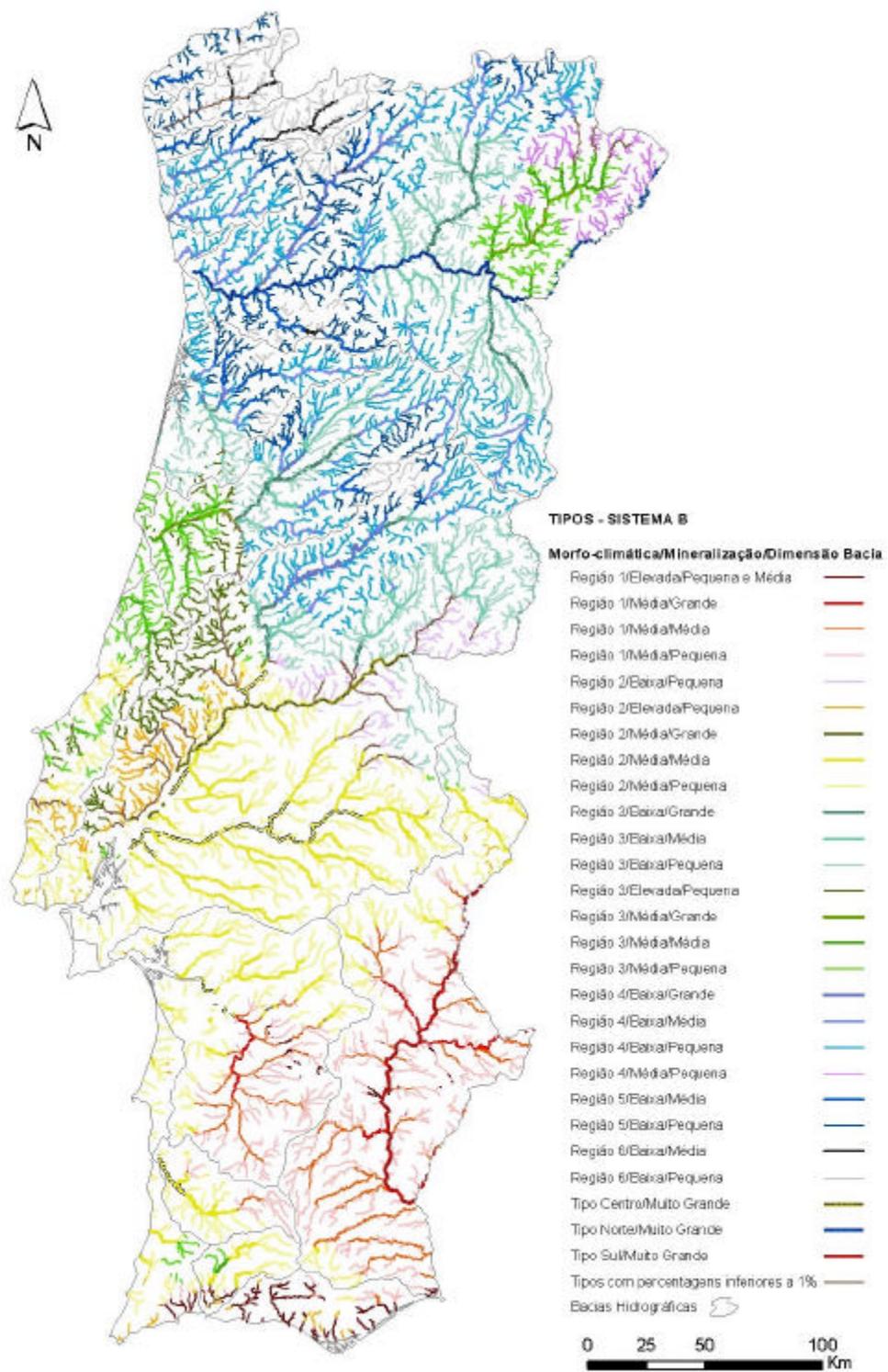


Figura 2 - Tipologia de rios segundo o sistema B

O sistema B estabeleceu um número de tipos muito superior ao estabelecido pelo sistema A. A sua redução, através da coalescência de tipos, só é possível recorrendo a informação biológica e tendo em conta que a variabilidade intratipo deve ser sempre inferior à variabilidade intertipo. Contudo, a informação biológica disponível é escassa e a que existe resulta de trabalhos pontuais realizados maioritariamente por equipas de investigação ou de campanhas efectuadas no âmbito dos Planos de Bacia Hidrográfica. Por outro lado, esta informação foi obtida em diferentes épocas de amostragem e segundo métodos de amostragem distintos, o que não permite a sua comparabilidade.

Assim, de forma a colmatar esta lacuna, e tendo como objectivo a validação da tipologia do Sistema B, procedeu-se à realização de uma campanha de amostragem na Primavera de 2004, completada na Primavera de 2005, para todos os elementos de qualidade biológica e físico-química. Com os dados obtidos procedeu-se, numa primeira fase ao tratamento numérico separado de cada elemento biológico. Posteriormente, os resultados obtidos por cada elemento biológico (tipologias parcelares) foram cruzados em SIG, de forma a obter uma tipologia final compatível e consistente com as diferentes abordagens biológicas.

O processo de validação estatística da tipologia partiu do pressuposto de que os diferentes tipos se organizavam de uma forma hierárquica, existindo uma primeira divisão global assente nas características morfológicas e climáticas de Portugal Continental (regiões morfo-climáticas), sendo, posteriormente, estas regiões subdivididas em tipos, em função das características geológicas e das dimensões das bacias de drenagem. Apesar do articulado da Directiva Quadro da Água postular que a tipologia dos rios se deve basear predominantemente nas características abióticas, considerou-se também importante conhecer como, para cada elemento biológico, se agrupavam as comunidades amostradas nos diferentes locais e aferir da sua consistência com as tipologia abiótica inicialmente definida com especial realce para as regiões morfo-climáticas.

2 - METODOLOGIA

2.1 Selecção de locais e amostragem

A campanha de amostragem realizada abrangeu as linhas de água com bacia de drenagem superior a 10 km² no Sul de Portugal Continental e 5 km² no Norte, com excepção dos rios com bacias de hidrográficas superiores a 10 000 km²: rios Minho, Douro, Tejo e Guadiana que pelas suas características tinham já sido considerados, aquando da aplicação dos sistema B, tipos individualizados.

Esta campanha, realizada na Primavera de 2004, incluiu se todos os elementos biológicos considerados no Anexo V da DQA para rios: macrófitos, fitobentos (diatomácias), invertebrados bentónicos e fauna piscícola, com excepção do fitoplâncton apenas válido para grandes rios. Foram também incluídos os elementos físico químicos e os hidromorfológicos de suporte dos elementos biológicos. Quanto aos elementos físico-químicos foram amostrados as condições térmicas (T), condições de oxigenação (% Saturação de Oxigénio, CBO5, CQO, Oxidabilidade), salinidade (condutividade), alcalinidade, dureza, estado de acidificação (pH), condições relativas aos nutrientes (SST, Nitratos, Nitritos, Amónia, N-Total, P-Total). Relativamente aos elementos hidromorfológicos foi considerado o regime hidrológico (caudais e condições de escoamento), continuidade do rio, condições morfológicas (variação da profundidade e largura do rio, estrutura e substrato do leito do rio, estrutura da zona ripícola).

Os métodos de amostragem foram definidos para todo o país tendo em conta o conhecimento existente ao nível da comunidade científica nacional e as Normas CEN (*Comité Européen de Normalisation*) e ISO (*International Standards Organisation*). O método desenvolvido para os macrófitos baseia-se num inventário de campo semi-quantitativo do canal e do corredor fluvial com estimativas visuais da composição específica e abundância; o das diatomáceas baseia-se numa abordagem *single*

habitat, em substrato grosseiro (ou macrófitos na ausência deste); o dos invertebrados bênticos e dos peixes baseia-se numa abordagem multi-habitat, recorrendo o primeiro a arrastos com rede de mão e o segundo à pesca eléctrica. Foram seleccionados 197 potenciais locais de referência distribuídos em território nacional de modo a que o número de locais por tipo fosse entre quatro e um máximo de oito. Na selecção dos locais de referência foram tidos em conta critérios comuns já que estes permitiram homogeneizar critérios de selecção entre as várias equipas, minimizar o esforço de campo e os recursos humanos e financeiros necessários, assim como evitar a circularidade no estabelecimento de situações de referência. A selecção de locais de referência foi realizada em três fases: numa primeira fase procedeu-se à pré-selecção dos locais tendo em conta os critérios de pressões propostos por REFCOND (2003), mas considerando apenas as pressões em que é possível proceder a uma análise à escala da bacia/segmento em gabinete. Na segunda fase procedeu-se a uma análise complementar com base no índice de integridade biótica (kt) utilizado no Plano Nacional da Água (Cortes *et al.* 2002) que avalia o estado de integridade dos cursos de água e que entre em conta com: o índice biótico BMWP Ibérico, o número de espécies piscícolas exóticas e autóctones, a carga urbana e industrial, a qualidade físico-química da água e a continuidade da vegetação ripária. Na terceira fase procedeu-se à confirmação da selecção com base em análise *in situ* de quatro variáveis antrópicas: zona ripária à escala do segmento, condição morfológica e avaliação da qualidade da água e dos sedimentos à escala local.

Os potenciais locais de referência foram depois classificados recorrendo às variáveis seleccionadas para esse fim no Projecto FAME "Development, evaluation and implementation of a standardised Fish based Assessment MEthod for the ecological status of european rivers: a contribution to the WFD": uso do solo, área urbana, zona ripária, conectividade do rio/segmento, carga de sedimentos, regime hidrológico, barragens e estruturas afins, desvio relativamente ao estado natural do leito e das margens, acidificação tóxica, contaminação orgânica e enriquecimento de nutrientes. Cada variável foi pontuada de 1 a 5, tendo-se seleccionado os locais com pontuações 1 e 2 em todas as variáveis, com excepção da conectividade, já que esta variável é apenas limitativa para os peixes, e somatório inferior a 20, ou os locais com uma única variável com pontuação 3, apresentando todas as outras pontuação 1 e 2 e somatório inferior a 20. Foram eliminados 41 locais tendo-se apenas considerado 156 locais de referência, tendo-se constatado que cinco tipos nas bacias hidrográficas do Cávado, Mondego, Tejo e Ribeiras do Algarve possuíam menos que três locais de referência. No sentido de colmatar esta lacuna, 50 novos locais foram amostrados em 2005. Na figura 3 apresenta-se a distribuição dos 206 locais de referência.



Figura 3 - Locais de referência amostrados em 2004 e 2005.

2.2 Tratamento numérico

Foi efectuado um tratamento numérico separado de cada elemento biológico, que apesar de depender das características específicas das comunidades em estudo, foi homólogo para os quatro elementos biológicos. Os dados de base foram transformados de forma a eliminar o peso excessivo das abundâncias mais elevadas (transformação logarítmica para diatomáceas, invertebrados e peixes; transformação em raiz quarta para os macrófitos). Seguidamente, com base em matrizes de distâncias (Bray Curtis ou distância euclidiana), procedeu-se a uma classificação hierárquica aglomerativa da totalidade dos locais amostrados, usando o método de Ward que se baseia na análise de variância para avaliar as distâncias entre grupos. O dendrograma resultante desta classificação foi confrontado com a tipologia abiótica previamente estabelecida, tendo-se avaliado a consistência dos grupos biológicos com as regiões estabelecidas (nível hierárquico mais vasto).

Numa segunda fase, novamente para cada elemento biológico separadamente, procedeu-se a uma análise discriminante *stepwise*, utilizando apenas como variáveis discriminantes parâmetros abióticos potencialmente descritores da tipologia e não dependentes de impactes antrópicos. Este tratamento teve dois objectivos principais: identificar os parâmetros abióticos relevantes para a diferenciação dos grupos estabelecidos e quantificar a percentagem de locais bem classificados de acordo com a função discriminante estabelecida pela validação cruzada. Como resultado deste tratamento estatístico, obtém-se, para cada elemento biológico, informação sobre a consistência dos grupos estabelecidos (rejeitando-se classificações que tenham menos de 75% dos locais bem classificados).

A informação referente à classificação dos locais obtida pela análise discriminante, para cada elemento biológico, foi cruzada em ambiente SIG com o objectivo de identificar geograficamente o contorno mais consistente das novas regiões. Cada local foi incluído na região em que maioritariamente foi classificado pelos resultados da análise discriminante em cada um dos elementos

biológicos. Locais em que não foi possível obter uma classificação maioritária para uma dada região, adquiriram a classificação dos locais mais próximos. Com este procedimento tentou-se evitar uma excessiva fragmentação da repartição geográfica das novas regiões morfo-climáticas.

Uma vez estabelecida e validada a delimitação das regiões, cada uma foi objecto de tratamento estatístico separado. Neste último tratamento estatístico fez-se de novo uma classificação hierárquica aglomerativa, seguida de uma nova análise discriminante com o objectivo de validar do ponto de vista abiótico os grupos biológicos estabelecidos.

3 - RESULTADOS

No Quadro 1 apresentam-se os resultados síntese referentes às classificações obtidas pela análise discriminante, onde se verifica que a maior percentagem total de locais correctamente classificados é obtido pelos macrófitos (84%), apresentando os invertebrados a menor percentagem total de locais correctamente classificados (67%). Observando os resultados referentes a cada região verifica-se ser o Norte e o Sul que tendem a ter para todos os elementos biológicos as maiores percentagens de locais correctamente classificados (nunca inferiores a 70%).

Quadro 1 - Percentagem de locais correctamente classificados nas 4 regiões a validar; para os macroinvertebrados inclui-se também um novo grupo evidenciado pela análise hierárquica.

	Diatomáceas	Macrófitos	Invertebrados	Ictiofauna
Sul	77%	78%	79%	89%
Litoral	59%	78%	78%	62%
Norte	96%	87%	87%	76%
Montanhoso	75%	92%	92%	67%
Sul + Norte			47%	
Total de correctamente classificados	74%	85%	67%	79%

Relativamente à representação geográfica das regiões resultantes das validações das análises discriminantes verifica-se a existência de um número substancial de casos em que as classificações obtidas pelos diferentes elementos biológicos não são inteiramente concordantes. Esta não total concordância ocorre com maior frequência nas zonas limite entre as regiões, podendo em algumas situações surgir como enclaves no meio de regiões definidas por outros elementos biológicos. Com a reclassificação posterior destes locais obteve-se um mapa com a delimitação das 4 regiões (figura 4) as quais apresentam uma maior consistência no que se refere à repartição geográfica.

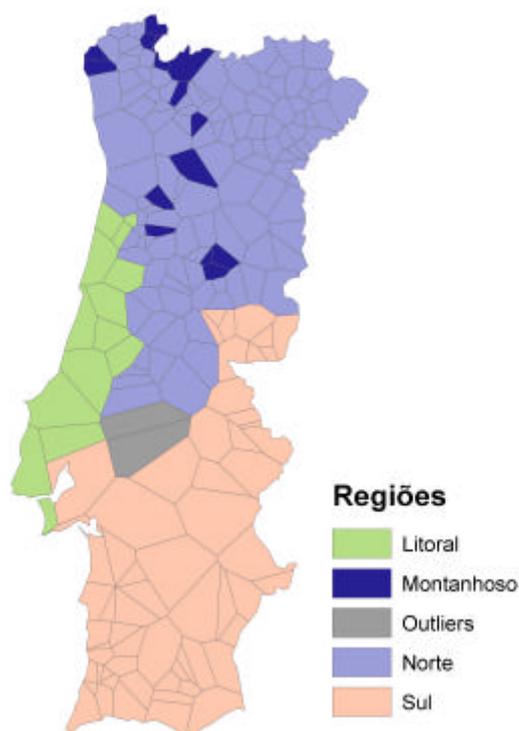


Figura 4 - Regiões resultantes da sobreposição dos resultados obtidos para os diversos elementos biológicos

As variáveis abióticas consideradas como mais relevantes pela análise discriminante (Quadro 2) mostram uma certa oposição entre as diatomáceas que são discriminadas por parâmetros de expressão mais regional, contrariamente à ictiofauna que é mais discriminada por variáveis de expressão mais local. Os macrófitos e macroinvertebrados são discriminados por um número substancialmente maior de parâmetros abióticos, os quais incluem simultaneamente características locais e regionais.

Quadro 2 - Parâmetros abióticos seleccionados pela análise discriminante *stepwise* para cada elemento biológico.

Diatomáceas	Macrófitos	Invertebrados	Ictiofauna
Precipitação média anual	Condutividade	Latitude	Área de drenagem
Altitude	Geologia siliciosa	Longitude	Condutividade
Regime hidrológico	Regime hidrológico	Classe de mineralização elevada	Escoamento médio
Amplitude térmica	Precipitação média anual	Regime hidrológico	Profundidade média
pH	Altitude	Coefficiente de variação da precipitação	Largura média
QBR	Latitude	Precipitação	Declive
	Longitude	Alcalinidade	% de rápidos
	% sedimento fino	Dureza	
	Temperatura média	SST	
	Área de drenagem		

A sobreposição dos quatro mapas tendo em conta ajustamentos efectuados com base pericial, e a individualização de um tipo calcário no Algarve e de um tipo correspondente aos depósitos sedimentares do Tejo e Sado permitiu definir 10 tipos de rios (figura 5). A estes tipos foram ainda adicionados 3 tipos correspondentes aos grandes rios Douro e Minho, Tejo, e Guadiana.

Assim, a tipologia é constituída pelos seguintes tipos de rios:

- Tipo Montanhoso (M) – Elevada altitude e precipitação;
- 4 tipos no Norte – 1 grande tipo do Norte (N1), 2 tipos no Alto Douro diferenciados pela dimensão da bacia de drenagem (N2 e N3), 1 tipo de transição (N4);
- Tipo Litoral – no litoral centro;
- 3 três tipos Sul – 1 grande tipo Sul, 1 tipo de maior altitude e maior disponibilidade hídrica correspondente às zonas de S. Mamede, Monchique e Sintra (S2), 1 tipo correspondente aos depósitos sedimentares do Tejo e Sado (S3), e um tipo relativo aos calcários do Algarve (S4);
- Tipo grandes rios do Norte constituído pelos rios Douro e Minho;
- Tipo grandes rios do Centro constituído pelo Tejo;
- Tipo grandes rios do Sul constituído pelo rio Guadiana.

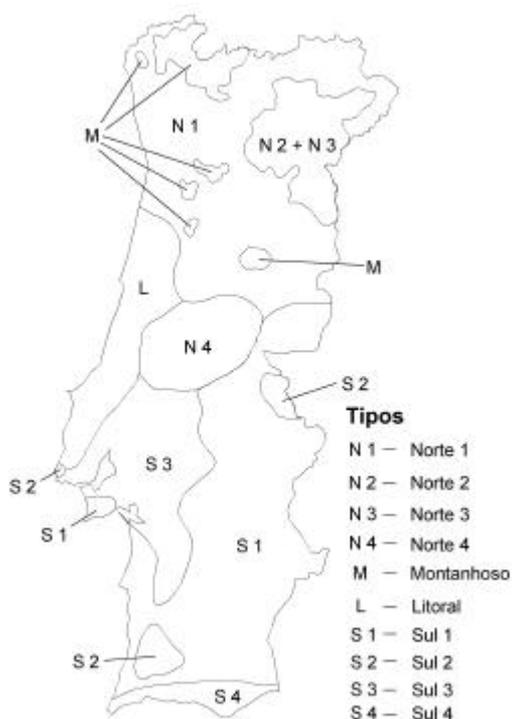


Figura 5 – Tipos definidos para Portugal Continental não estando representados os 3 tipos dos grandes rios.

Confrontando as figuras 1a e 5 é possível constatar a concordância relativamente à expressão espacial dos tipos definidos com base em variáveis abióticas e com base nos elementos biológicos. Este facto, que expressa afinal o modo diverso como os diferentes grupos biológicos respondem a distintos contextos ambientais, permite considerar a tipologia definida como efectivamente consistente. Os dados biológicos obtidos nos locais de cada um dos tipos irão permitir agora caracterizar as condições de referência, passo essencial para a avaliação da qualidade ecológica.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se aos elementos das diferentes equipas pelo trabalho desenvolvido nos últimos dois anos e que permitiu a concretização deste projecto.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, M.H.; J. M. Bernardo; H. D. Figueiredo; J. P. Martins; J. Pádua; P. Pinto & M. T. Rafael - "Directiva-Quadro da Água: Tipologias de rios segundo o Sistema A e o Sistema B em Portugal", in *Actas del III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. La Directiva-Marco del Agua: realidades y futuros*. Fundación Nueva Cultura del Agua. Sevilla (Espanha), 13-17 de Nov. 2002, pp 347-354.

Alves, M.H.; J. M. Bernardo; H. D. Figueiredo; J. P. Martins; J. Pádua; P. Pinto & M. T. Rafael – "Aplicação do Sistema B da Directiva Quadro da Água na identificação de tipos de rios em Portugal Continental" in *7º Congresso da Água. Água – Qualidade de toda a vida*. Lisboa (Portugal), 8 a 12 de Março 2004.