



QUALIDADE ECOLÓGICA E GESTÃO INTEGRADA DE ALBUFEIRAS



Contrato n°2003/067/INAG
Lisboa, Março 2009

Prof.^a Doutora Maria Teresa Ferreira (coordenação)

Prof.^a Doutora Manuela Morais

Prof. Doutor Rui Victor Cortes

Prof.^a Doutora Edna Cabecinha Sampaio

Prof.^a Doutora Simone Varandas de Oliveira

Mestre Eng.º Paulo Jorge Pinheiro

Doutora Samantha Jane Hughes

Doutor Pedro Segurado

Eng.º António Correia Albuquerque

Dr.^a Ana Pedro

Dr.^a Susana Nunes

Dr.^a Maria Helena Novais

Eng.º Luís Timóteo Lopes

Eng.º Rui Silva Rivaes

Eng.º Carlos Abreu

Eng.^a Roser Verdaguer

ÍNDICE

Páginas

CAPÍTULO I. GESTÃO ECOLÓGICA DE ALBUFEIRAS PORTUGUESAS

1.1. Introdução	1
1.2. Génese do protocolo	4
1.3. Objectivos	6
1.4. Organização do relatório	7
1.5. Bibliografia da equipa sobre albufeiras portuguesas	8

CAPÍTULO II. TIPOLOGIA DE ALBUFEIRAS PORTUGUESAS

2.1. Introdução	11
2.2. Classificação pelo sistema A	13
2.3. Classificação pelo sistema B	17
2.4. Conclusões	30
2.5. Bibliografia citada	30

CAPÍTULO III. PRINCÍPIOS NORTEADORES DO BOM POTENCIAL ECOLÓGICO E PRÉ-CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE

3.1. Introdução	32
3.2. Princípios norteadores do bom potencial ecológico	34
3.3. Pré-classificação da qualidade	37
3.4. Selecção de albufeiras e amostragem	46
3.4. Conclusões	50
3.5. Bibliografia citada	50

CAPÍTULO IV. QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E HABITACIONAL

4.1. Introdução	52
4.2. Cenário físico-químico	53
4.3. Qualidade habitacional	58
4.3.1. Aplicação do LHS	58
4.3.2. Resultados do LHS	64
4.3.3. Qualidade e degradação habitacionais	77
4.4. Conclusões	79

4.5. Bibliografia citada	80
CAPÍTULO V – MODELAÇÃO DA QUALIDADE ECOLÓGICA COM BASE NO ELEMENTO FITOPLÂNCTON	
5.1. Introdução	81
5.2. Área de estudo e base de dados utilizada	83
5.3. Metodologia	85
5.3.1. Tratamento estatístico dos dados	92
5.3.2. Construção do modelo preditivo	95
5.4. Resultados	99
5.4.1 Validação da tipologia abiótica	99
5.4.2. Caracterização da comunidade fitoplanctónica e sua relação com a tipologia e nível de perturbação.	105
5.4.3. Modelação de situações extremas	110
5.5. Bibliografia citada	119
CAPÍTULO VI. FITOPLÂNCTON E SUAS RESPOSTAS À PERTURBAÇÃO	
<i>1ª PARTE: RESULTADOS DAS 18 ALBUFEIRAS AMOSTRADAS</i>	
6.1. Introdução	121
6.2. Material e métodos	122
6.2.1. Procedimento de amostragem e análise laboratorial	122
6.2.2. Tratamento de dados	123
6.3. Resultados	124
6.3.1. Descrição global da comunidade e padrões de variação	124
6.3.2. Tipologia abiótica e resposta do fitoplâncton	132
6.3.3 Análise por tipo	137
6.3.4. Aplicação do Índice IPL	151
6.4. Discussão: 1ª parte	155
6.5. Conclusões: 1ª parte	158
<i>2ª PARTE: RESULTADOS DE ALBUFEIRAS EXTERIORES AO PROTOCOLO</i>	
6.6. Proposta de fronteira Bom/Moderado para o Tipo Sul	159
6.6.1. Metodologia	159
6.6.2. Tratamentos realizados	160

6.6.3. Resultados e Discussão: 2ª parte	161
6.6.4. Conclusões: 1ª parte	169
6.7. Bibliografia citada	170
CAPÍTULO VII. DIATOMÁCEAS BÊNTICAS E SUA RESPOSTA À PERTURBAÇÃO	
7.1. Introdução	171
7.2. Material e métodos	172
7.2.1. Procedimento de amostragem e análise laboratorial	172
7.2.2. Tratamento de dados	174
7.3. Resultados	178
7.3.1. Clorofila a	178
7.3.2. Validação da tipologia	179
7.3.3. Análise individual por tipos	182
7.3.3.1. Cursos principais	182
7.3.3.2. Tipo Norte	187
7.3.3.3. Tipo Sul	194
7.4. Discussão	201
7.5. Conclusões	203
7.6. Bibliografia citada	204
CAPÍTULO VIII – MACRÓFITOS E SUA RESPOSTA À PERTURBAÇÃO	
8.1. Introdução	209
8.2. Metodologia	210
8.2.1. Amostragem e tratamento do material biológico	210
8.2.2. Tratamento de dados	214
8.3. Resultados	215
8.3.1. Aspectos gerais	215
8.3.2. Resposta à tipologia abiótica	216
8.3.3. Resposta à degradação	222
8.4. Conclusões	225
8.5. Bibliografia	226

CAPÍTULO IX – COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS E SUAS RESPOSTAS À PERTURBAÇÃO

9.1. Introdução	229
9.2. Metodologia	233
9.2.1. Amostragem e tratamento laboratorial	233
9.2.2. Tratamento de dados	234
9.3. Resultados	233
9.3.1. Descrição geral da composição das amostras macroinvertebrados	233
9.3.2. Análises gerais – n-MDS e UGPMA	245
9.3.2.1. Macroinvertebrados	245
9.3.2.2. Amostras de exuviae	246
9.3.2.3. Amostras conjuntas de macroinvertebrados e exuviae	245
9.3.3. Análises gerais – n-MDS e UGPMA por tipo de Albufeira	250
9.3.3.1. Albufeiras do Norte, dos Cursos Principais e do Sul	250
9.3.3.2. Albufeiras de Referência e de Não Referência	257
9.3.4. Testes ANOSIM	260
9.3.5. Testes SIMPER	263
9.3.6. Correlação - táxones indicadores e indicadores de pressão	263
9.4. Conclusões	281
9.5. Bibliografia	281

CAPÍTULO X – ICTIOFAUNA E SUA RESPOSTA À PERTURBAÇÃO

10.1. Introdução	285
10.2. Metodologia	287
10.2.1. De campo	287
10.2.2. De tratamento de dados	290
10.3. Resultados	294
10.3.1. Composição piscícola	294
10.3.2. Composição por tipo de albufeiras de referência	294

10.3.3.Resposta composicional à tipologia	299
10.3.4. Resposta composicional à perturbação	301
10.3.5.Comparação Primavera-Verão	306
10.3.6.Efeitos das variações de nível	310
10.4.Conclusões	312
10.5. Bibliografia	313
CAPÍTULO XI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	
11.1. Gestão ecológica de albufeiras: <i>take two</i>	314
11.2. Gestão ecológica e DQA: <i>quo vadis?</i>	317
11.3. Gestão ecológica: princípios e tipologia de acções	319
ANEXOS	
Dados físico-químicos recolhidos no âmbito do presente protocolo	
Ficha de campo do Lake Habitat Survey – Versão Portuguesa	
Códigos de amostras e de taxones de macroinvertebrados	
Capturas (CPUE) de espécies por albufeira e por método	

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Número de albufeiras por classes de dimensão (em cima), de altitude (a meio) e de profundidade média (em baixo)	16
Figura 2.2. Número de albufeiras nos diferentes tipos obtidos com a aplicação do sistema A da DQA (à esquerda) e localização geográfica dos mesmos tipos de albufeiras em Portugal Continental (à direita)	17
Figura 2.3. Disposição dos vectores das 23 variáveis nos dois primeiros componentes da PCA (à esquerda). Contribuição das variáveis para os componentes da PCA (à direita)	19
Figura 2.4. Localização das 77 albufeiras consideradas no plano formado pelas duas primeiras componentes principais	20
Figura 2.5. Tipos de albufeiras e sua localização. Grupo A – cursos principais; Grupo B- Norte; Grupo C- Sul. Cores representam os grupos obtidos na hierarquização aglomerativa multivariada	21
Figura 2.6. Disposição das albufeiras no plano formado pelas duas primeiras raízes canónicas da análise discriminante	23
Figura 2.7. Escalonamento multidimensional não paramétrico das espécies piscícolas encontradas (presença/ausência e espécies/pseudoespécies) nas 62 albufeiras em estudo (em cima) justapostas pelos grupos biológicos obtidos por classificação hierárquica das espécies, e escalonamento multidimensional não paramétrico das albufeiras com base nas espécies piscícolas encontradas (em baixo) justapostas pelos grupos biológicos obtidos por classificação hierárquica das albufeiras. As setas encarnadas indicam as possíveis rotas de degradação	28
Figura 2.8. Localização das albufeiras no espaço n-MDS com base nas associações piscícolas justaposta pelos tipos abióticos desenvolvidos no sistema B. Setas amarela e azul, gradientes presumíveis de sucessão de espécies dentro dos tipos Norte e Sul	29
Figura 3.1. Representação esquemática do conceito de ecossistemas aquáticos “saúdáveis”, segundo uma perspectiva global da definição de integridade ecológica	33
Figura 3.2. Proporção de albufeiras dos três grupos nas 5 classes de qualidade, considerando a pressão global e a majorante das variáveis relacionadas com a eutrofização	39
Figura 3.3. Correlações mais relevantes encontradas entre as 6 variáveis de efeito consideradas.	43
Figura 3.4. Colocação das albufeiras amostradas em séries de qualidade decrescente com base na quantificação das pressões humanas. A verde, albufeiras a considerar com potencial ecológico Bom e Excelente. A encarnado, albufeiras a considerar com potencial moderado, pobre e mau	49
Figura 4.1. Esquema conceptual do potencial ecológico em albufeiras	53
Figura 4.2. n-MDS das albufeiras de referência com base nos dados físico-químicos da colheita de Primavera de superfície (em cima) e plano formado pelos dois primeiros componentes PCA dos mesmos dados (em baixo)	55

Figura 4.3. n-MDS dos três grupos abióticos de albufeiras pré-definidos, utilizando os dados físico-químicos de Primavera, à superfície, e mostrando as albufeiras de referência e as perturbadas	57
Figura 4.4. Localização dos pontos de amostragem do LHS na albufeira de Tapada Grande (Fonte: Instituto Geográfico do Exército)	60
Figura 4.5. Esquematisação da parcela de amostragem utilizada na caracterização dos habitats físicos da massa de água. Adaptado de ROWAN <i>et al.</i> (2006)	60
Figura 4.6. Esquematisação das faixas contempladas na avaliação geral da albufeira. A verde a faixa dos 15 metros e a vermelho a dos 50 metros. A tracejado branco encontra-se marcado o NPA.	61
Figura 4.7. Trabalhos de amostragem das características biológicas e físico-químicas da massa de água. Da esquerda para a direita, biomassa clorofilina, temperatura/oxigénio dissolvido/pH/conductividade e transparência	62
Figura 4.8. Resultados da sondas fluorimétrica utilizada para realização de perfis em profundidade. A contar da esquerda: perfis em profundidade dos pigmentos totais e de grupos de algas mais comuns e perfis físico-químicos, para a colheita de Primavera, albufeira de Odeleite	62
Figura 4.9. Variação do nível das albufeiras amostradas no âmbito do LHS	65
Figura 4.10. Volume da zona litoral ocupado por macrófitas e área de cobertura de substâncias presentes na superfície da água.	68
Figura 4.11. Ponto de amostragem numa albufeira do tipo A – Cursos Principais (Albufeira da Valeira)	69
Figura 4.12. Pontos de amostragem em massas de água do tipo B – Norte. De cima para baixo: albufeira da Meimoa e albufeira de Santa Luzia	70
Figura 4.13. Pontos de amostragem em massas de água do tipo C – Sul. De cima para baixo: albufeira da Odeleite e albufeira de Monte Novo	71
Figura 4.14. Ponto de amostragem na albufeira da Régua	72
Figura 4.15. Ponto de amostragem na albufeira de Monte Novo.	73
Figura 4.16. Percentagem de observações de tipologias de pressões encontrada nas albufeiras amostradas na faixa dos 15 m	74
Figura 4.17. Variação da qualidade habitacional através do índice LHQA nas albufeiras dos três tipos considerados, de referência e de não referência	77
Figura 4.18. Variação da qualidade pré-classificada pelas pressões nas albufeiras dos três tipos considerados, de referência e de não referência	78
Figura 4.19. Variação da degradação habitacional através do índice LHMS nas albufeiras dos três tipos considerados, de referência e de não referência: Linhas a tracejado indicam os valores de qualidade habitacional para a fronteira Bom-Moderado	79
Figura 5.1 – Localização das 34 albufeiras analisadas e respectiva bacia hidrográfica principal	83

Figura 5.2. Bacia hidrográfica do rio Douro em território nacional e respectivas sub-bacias próprias das albufeiras em estudo	84
Figura 5.3. Descrição dos diferentes passos na elaboração do modelo estocático-dinâmico para determinar a situação de referência. Como se pode apreciar, o próprio modelo permite posteriormente definir as medidas de requalificação apropriadas e projectar esses efeitos na situação ecológica das albufeiras	99
Figura 5.4. Análise de classificação estabelecida para o universo das 34 albufeiras através das medidas de distância city-block	100
Figura 5.5. Ordenação das 34 albufeiras por PCA. Os grupos correspondem às mesmas designações estabelecidas nos agrupamentos obtidos na Figura 3	101
Figura 5.6. PCA correspondente às albufeiras do Grupo 1, que incluem principalmente as de maior altitude	103
Figura 5.7. PCA relativa às albufeiras do Grupo 2, tornando-se visível a separação das albufeiras ao longo da 1ª componente, a qual se relaciona com factores de perturbação	104
Figura 5.8. Análise canónica discriminante para a globalidade das 34 albufeiras, com indicação dos factores ambientais mais correlacionados com as duas primeiras raízes	104
Figura 5.9. Análise de classificação a partir das comunidades fitoplanctónicas	106
Figura 5.10. Ordenação n-MDS das 34 albufeiras, respeitando-se a mesma designação dos grupos	106
Figura 5.11. Ordenação n-MDS das albufeiras pertencentes separadamente aos sistemas a fio de água (à esquerda – grupo 1) e aos explorados em regime de albufeira - grupo 2)	107
Figura 5.12. Diagrama conceptual do modelo StDM desenvolvido, numa abordagem multi-escala, para avaliar o estado ecológico de albufeiras com fins hidroeléctricos. O modelo é composto por diferentes sub-modelos e respectivas interacções. Nível 1, Dinâmica dos usos do solo; Nível 2, resposta das variáveis ambientais relativas à coluna de água face a alterações dos usos do solo; Nível 3, resposta das variáveis biológicas face a alterações nas variáveis ambientais	112
Figura 5.13. Nestes diagramas é possível apreciar os factores do uso do solo associados com determinados parâmetros ambientais (ex. P04 e cloriformes), na parte inferior da figura, e como algumas métricas biológicas (ex. Diatomácias _DTM , e cianobactérias _CN) dependem por sua vez das variáveis ambientais. O objectivo é determinar a dinâmica da comunidade de fitoplanctôn a partir de diferentes usos do solo. Foram apenas escolhidas algumas variáveis para ilustrar este processo	113
Figura 5.14. Simulação estocástico-dinâmica das condições numa albufeira em função dum gradiente de diminuição do stress ambiental (estabelecido pela diminuição de áreas urbanas e agrícolas e aumento da cobertura vegetal natural). Pode-se apreciar a evolução de quatro métricas – clorofila <i>a</i> e três comunidades fitoplanctónicas (ver legenda da Figura 5.13) estas expressas em nº de espécies, e ainda de três parâmetros físico-químicos. A variação do teor em N é expresso na escala do índice TSI evidenciando uma nítida evolução no sentido da oligotrofia	115

Figura 5.15. Simulação espacial das condições na albufeira do Torrão em função dum gradiente de diminuição do stress ambiental (estabelecido pela diminuição de áreas urbanas e agrícolas e aumento da cobertura vegetal natural). Pode-se apreciar a evolução dos usos do solo para um período de 10 anos. (A) representa o estado inicial e (B) o output final após 10 anos decorridos	116
Figura 6.1. Evolução sazonal da clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/l}$) nas albufeiras estudadas por tipo (Sul, Norte e Cursos Principais - CP). A linha horizontal a preto representa o limite estabelecido pela OCDE (1982) a partir da qual um sistema é classificado como eutrófico ($8 \mu\text{g/l}$)	125
Figura 6.2. Evolução sazonal da clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) e do número de células (cél/ml) nas albufeiras do tipo Sul	126
Figura 6.3. Evolução sazonal da clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) e do número de células (cél/ml) nas albufeiras do tipo Norte	127
Figura 6.4. Evolução sazonal da clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$) e do número de células (cél/ml) nas albufeiras dos tipos Cursos Principais	128
Figura 6.5. Evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos nas albufeiras do tipo Sul	129
Figura 6.6. Evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos nas albufeiras do tipo Norte	129
Figura 6.7. Evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos nas albufeiras do tipo Cursos Principais	130
Figura 6.8. Evolução sazonal da abundância absoluta das cianobactérias para os três tipos estudados, Sul, Norte e Cursos principais. A linha horizontal representa o nível a partir do qual foram considerados blooms (>2000 células/ml)	131
Figura 6.9. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para todas as albufeiras de referência e colheitas sazonais com base na comunidade fitoplanctónica, com indicação dos tipos Sul, Norte e Cursos Principais	133
Figura 6.10. Ordenação N-MDS nos dois primeiros eixos para a totalidade dos locais de referência com base na comunidade fitoplanctónica com indicação das quatro épocas do ano	136
Figura 6.11. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo Cursos Principais com indicação das albufeiras de referência e de não referência	137
Figura 6.12. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo cursos principais com indicação das quatro épocas do ano	138
Figura 6.13. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo norte com indicação das albufeiras de referência e de não referência	143
Figura 6.14. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo norte com indicação das quatro épocas do ano	144
Figura 6.15. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo Sul com indicação das albufeiras de referência e de não referência	148
Figura 6.16. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo Sul com indicação das quatro épocas do ano	148

Figura 6.17. Diagrama de variação de extremos do IPL para as albufeiras de referência versus albufeiras de não referência do tipo cursos principais	152
Figura 6.18. Regressão linear entre o IPL e o CQO para as albufeiras do tipo cursos principais	153
Figura 6.19. Comparação dos resultados do índice de Barbe et al., 2003, em albufeiras de referência e perturbadas do tipo Norte	154
Figura 6.20. Comparação dos resultados do índice de Barbe et al., 2003, em albufeiras de referência e perturbadas do tipo Sul	154
Figura 6.21. Regressão linear entre o IPL e o CQO para as albufeiras do tipo sul	155
Figura 6.22. Regressão linear entre o logaritmo da clorofila a (variável dependente) e o logaritmo do fósforo total (variável independente) para 24 albufeiras do tipo Sul – dados do SNIRH	162
Figura 6.23 – Diagramas de extremos para a clorofila a, desenhados individualmente por albufeira, ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de outliers e de valores extremos. legenda: ° - outliers; * - valores extremos	164
Figura 6.24. Marcação de fronteiras entre classes de qualidade, segundo método REFCOND, em diagramas de extremos para a clorofila a, desenhados individualmente por albufeira, ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação, não se incluindo os outliers e os valores extremos (dados do SNIRH). Repare-se na menor amplitude do eixo dos y comparativamente com a Figura 6.23.	165
Figura 6.25. Marcação de fronteiras de qualidade, obtidas pelo método REFCOND utilizando os dados do SNIRH, em diagramas de extremos desenhados individualmente por albufeira para a clorofila a (dados do LA-EU). As albufeiras apresentam-se ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de outliers e de valores extremos	166
Figura 6.26 – Marcação de fronteiras de qualidade, obtidas pelo método REFCOND, em diagramas de extremos desenhados individualmente por albufeira para a clorofila a, sem incluir situações com “blooms” de cianobactérias. As albufeiras apresentam-se ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de outliers e de valores extremos.	167
Figura 6.27 – Marcação de fronteiras de qualidade, segundo método REFCOND, em d desenhados individualmente por albufeira para a clorofila a, sem incluir situações com “blooms” de cianobactérias com clorofila a inferior a 9,4mg/m3 (fronteira entre um sistema eutrófico e mesoeutrófico, usando os dados do SNIRH). As albufeiras apresentam-se ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de outliers e de valores extremos.	168
Figura 7.1. Evolução sazonal da clorofila a (mg/m2) por albufeira estudada no tipo Cursos Principais, agrupadas em gráficos distintos de acordo com a sua classificação não referência versus referência	176
Figura 7.2. Evolução sazonal da clorofila a (mg/m2) por albufeira estudada no tipo norte, agrupadas em gráficos distintos de acordo com a sua classificação Não Referência versus Referência	177

Figura 7.3. Evolução sazonal da clorofila a (mg/m ²) por albufeira estudada no tipo sul, agrupadas em gráficos distintos de acordo com a sua classificação Não Referência versus Referência	178
Figura 7.4. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para a totalidade dos locais de referência com base na comunidade de diatomáceas. Indicação dos 3 tipos Sul, Norte e Cursos Principais	180
Figura 7.5. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para a totalidade dos locais de referência com base na comunidade de diatomáceas. Indicação das 4 épocas do ano	181
Figura 7.6. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo cursos principais com indicação das albufeiras de referência e de não referência amostradas nas diferentes épocas do ano	183
Figura 7.7. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo cursos principais com indicação das 4 épocas do ano	183
Figura 7.8. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IDG respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo cursos principais.	185
Figura 7.9. Recta de regressão entre o IDG (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Cursos Principais. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R ² do modelo de regressão.	185
Figura 7.10. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo norte com indicação das albufeiras de referência e de não referência amostradas nas diferentes épocas do ano	187
Figura 7.11. Ordenação parcial MDS nos dois primeiros eixos para o norte com indicação das 4 épocas do ano	188
Figura 7.12. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IBD respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo norte.	190
Figura 7.13. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IPS respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo norte.	190
Figura 7.14. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IDG respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Norte	190
Figura 7.15. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice TDI respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Norte	191
Figura 7.16. Recta de regressão entre o IDG (variável dependente) e o CBO5 (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R ² do modelo de regressão.	191

Figura 7.17. Recta de regressão entre o IBD (variável dependente) e a condutividade (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R2 do modelo de regressão.	192
Figura 7.18. Recta de regressão entre o IPS (variável dependente) e a condutividade (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R2 do modelo de regressão.	192
Figura 7.19. Recta de regressão entre o TDI (variável dependente) e a condutividade (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R2 do modelo de regressão.	193
Figura 7.20. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo sul com indicação das albufeiras de referência e de não referência amostradas	195
Figura 7.21. Ordenação parcial MDS nos dois primeiros eixos para o sul com indicação das quatro épocas do ano	195
Figura 7.22. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IBD respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul	197
Figura 7.23. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IPS respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul	197
Figura 7.24. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IDG respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul	198
Figura 7.25. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice TDI respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul	198
Figura 7.26. Recta de regressão entre o IBD (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R2 do modelo de regressão.	199
Figura 7.27. Recta de regressão entre o IPS (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R2 do modelo de regressão.	199

Figura 7.28. Recta de regressão entre o IDG (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R ² do modelo de regressão.	200
Figura 7.29. Recta de regressão entre o TDI (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R ² do modelo de regressão.	200
Figura 8.1. Exemplo: troços de amostragem na albufeira de Odeleite	210
Figura 8.2. Esquematização da parcela total e sub-parcelas litoral, margem e ripária de amostragem. As linhas a tracejado definem as fronteiras entre sub-parcelas.	211
Figura 8.3. Exemplos de troços de amostragem nas albufeiras de cursos principais, norte e sul	212
Figura 8.4. Caracterização ecológica da vegetação nos três Tipos de albufeiras	216
Figura 8.5. n-MDS dos inventários de flora (agregação das parcelas totais para cada albufeira) com sobreposição da tipologia abiótica. Nos círculos: albufeiras de referência de cada tipo.	217
Figura 8.6. Valores médios, amplitude e erro-padrão das métricas que apresentaram diferenças significativas entre Tipos de albufeiras (p<0.001). 1- Cursos Principais, 2- Norte, 3-Sul	220
Figura 8.7. Disposição no espaço n-MDS dos locais menos perturbados (r) e os mais perturbados (nr) para os três Tipos abióticos de albufeiras.	223
Figura 9.1. Os macroinvertebrados bentónicos de maior ocorrência nas albufeiras da península ibérica: (a) anelídeos – oligoquetas (b) hirudíneos (c) bivalvos e (d) quironómídeos (Insecta: Dípteros). Os referidos grupos possuem uma taxonomia complicada, dificultando a sua identificação além de níveis taxonómicas relativamente baixos. São tolerantes à condições de baixa luminosidade e pouco oxigénio ou períodos curtos de anoxia.	230
Figura 9.2. O carácter distinto das diferentes zonas das albufeiras exige a utilização de métodos diferentes de amostragem das comunidades de macroinvertebrados. Na zona litoral utiliza-se as redes de mão enquanto nas zonas profundas utiliza-se as dragas. Adaptado de Ferreira (2000).	231
Figura 9.3. O ciclo da vida dos quironómídeos nas albufeiras (setas amarelas). As larvas e as pupas, ambas fases aquáticas deste grupo, ocorrem em quase todas os habitats do meio. A exuviae da fase pupal (seta azul) flutua na superfície da água após a eclosão do adulto (fotografia a). Na zona sotavento da albufeira as exuviae formam aglomerações (fotografia b) sendo provenientes de todos os tipos de habitat representados na albufeira. A taxonomia da exuviae é bem conhecida, permitindo a sua identificação até o género ou até a espécie (c).	232

Figura 9.4. Mapa do território nacional e a distribuição das 18 albufeiras amostradas. As fotografias (de cima para o baixo) mostram as técnicas de amostragem utilizadas em cada albufeira; (a) colheita quantitativa das exuviae dos quironomídeos acumuladas na zona sotavento da albufeira; (b) amostragem de macroinvertebrados com uma rede de mão na zona litoral da albufeira; (c) amostragem de macroinvertebrados de fundo com uma draga tipo Eckman e (d) fixação in situ das amostras com formalina (4%).	235
Figura 9.5. Os 10 taxones de macroinvertebrados bentônicos mais abundantes recolhidos através do método de amostragem rede de mão na zona litoral das albufeiras.	238
Figura 9.6. Os 10 taxones de macroinvertebrados bentônicos mais abundantes recolhidos através do método de draga na zona profunda das albufeiras	239
Figura 9.7. Abundância relativa (percentagem) dos quatro subfamílias principais de quironomídeos (exuviae pupais) recolhidos das albufeiras. A recolha do material pertencendo à subfamília Buchonomyiinae constitui um novo registo nacional para a família Quironomidae.	240
Figura 9.8. Os 10 géneros de quironomídeos (exuviae pupais) mais abundantes nas albufeiras; 60% destes géneros pertencem à subfamília Chironominae, tribo Chironomini.	241
Figura 9.9. Análise nMDS e ach/UPGMA dos arrastos litorais (amostras da rede de mão) das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos habitats litorais (referência, não referência global e referência não referência por tipo).	245
Figura 9.10. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras tipo draga (macroinvertebrados bentônicos, habitats do fundo).	246
Figura 9.11. Análise nMDS e UPGMA das amostras de exuvias (abundância relativa)	247
Figura 9.12. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de exuvias (presença/ausência) em todas as albufeiras (referência / não referência).	248
Figura 9.13. Análise nMDS e ACH/UPGMA dos dados de presença ausência das amostras da rede de mão (macroinvertebrados) e de exuvias em todas as albufeiras (referência / não referência global e referência não referência por tipo).	249
Figura 9.14. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (amostras rede de mão) das albufeiras tipo N (referência / não referência).	250
Figura 9.15 Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (amostras rede de mão) das albufeiras tipo CP (referência / não referência).	251
Figura 9.16. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (amostras rede de mão) das albufeiras tipo S (referência / não referência)	251
Figura 9.17. Análise nMDS e ACH/UPGMA de dados de (a) abundância relativa e (b) presença ausência das amostras de exuviae das albufeiras tipo N (referência / não referência).	252
Figura 9.18. Análise nMDS e ACH/UPGMA de dados de (a) abundância relativa e (b) presença ausência das amostras de exuviae das albufeiras tipo CP (referência / não referência).	253

Figura 9.19. Análise nMDS e ACH/UPGMA de dados de (a) abundância relativa e (b) presença ausência das amostras de exuviae das albufeiras tipo S (referência / não referência).	254
Figura 9.20. Análise nMDS e ACH/UPGMA dos dados de presença ausência dos arrastos litorais (macroinvertebrados) e de exuvias em albufeiras tipo N (referência / não referência).	255
Figura 9.21. Análise nMDS e ACH/UPGMA dos dados de presença ausência dos arrastos litorais (macroinvertebrados) e de exuvias em albufeiras tipo CP (referência / não referência).	256
Figura 9.22. Análise nMDS e ACH/UPGMA dos dados de presença ausência dos arrastos litorais (macroinvertebrados) e de exuvias em albufeiras tipo S (referência / não referência).	256
Figura 9.23. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras da rede de mão (macroinvertebrados) em albufeiras de referência e não referência.	257
Figura 9.24. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de exuviae (1) abundância relativa e (2) presença ausência em albufeiras de referência e não referência.	258
Figura 9.25. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (rede de mão) e de exuviae (dados de presença ausência) em albufeiras de referência e não referência	259
<hr/>	
Figura 10.1. Amostragem litoral e pelágica recorrendo a redes de emalhar (esquerda) e a pesca eléctrica (direita)	288
Figura 10.2. Caracterização da zona lacustre das 18 albufeiras amostradas	297
Figura 10.3. Caracterização da zona fluvial das 18 albufeiras amostradas.	297
Figura 10.4. Variação de capturas nas zonas litoral e pelágica de três albufeiras amostradas	298
Figura 10.5. n-MDS utilizando todas as albufeiras pouco perturbadas dos três tipos, com capturas de redes	300
Figura 10.6. n-MDS utilizando todas as albufeiras pouco perturbadas dos três tipos, com capturas de pesca eléctrica	300
Figura 10.7. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, para o Tipo Norte, capturas de redes. $R=0,419$, $p>0.01$ (teste ANOSIM)	302
Figura 10.8. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, para o Tipo Sul, capturas de redes. $R=0,109$, $p>0.02$ (teste ANOSIM)	302
Figura 10.9. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, para o Tipo Cursos Principais, capturas de redes. $R=-0,015$, $p>0.01$ (teste ANOSIM)	303
Figura 10.10. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, todas as albufeiras de todos os tipos, capturas por pesca eléctrica. $R=0.09$, $p>0.01$ (teste ANOSIM)	303

Figura 10.11. n-MDS usando a composição piscícola, em CPUE e para diferentes estações do ano (Primavera, P e Outono, O), capturas por pesca eléctrica, em albufeiras pouco e muito perturbadas, $R=-0,183$, $p>0.02$ (teste ANOSIM). Referência: S- Santa Luzia, O – Odeleite, B- Belver, Perturbadas: MA- Marateca, MG – Montargil, R- Régua.	304
Figura 10.12. n-MDS usando a composição piscícola, em CPUE e para diferentes estações do ano (Primavera, P e Outono, O), capturas por redes, em albufeiras pouco e muito perturbadas, $R=-0,37$, $p>0.03$ (teste ANOSIM). Referência: S- Santa Luzia, O – Odeleite, B- Belver, Perturbadas: MA- Marateca, MG – Montargil, R- Régua. Círculos são representações imaginárias.	304
Figura 10.13. n-MDS usando a composição piscícola, em CPUE e para diferentes estações do ano (Primavera, P e Outono, O), capturas por redes, apenas em albufeiras pouco perturbadas, $R=0.16$, $p>0.01$ (teste ANOSIM). S- Santa Luzia, O – Odeleite, B- Belver	305
Figura 10.14. Exemplo de variação de resposta de métricas responsivas para os três tipos de albufeiras	307
Figura 10.15. Correlação entre a pressão global e a soma das pontuações atribuídas às classes de qualidade ecológica baseadas nas métricas (ver Quadro 10.7).	309
Figura 10.16. Relação entre a pressão global e a semelhança taxonómica média entre as zonas lacustre e fluvial das albufeiras. A encarnado – Sul; a azul – Norte; a amarelo – Cursos Principais	310
Figura 11.1. Passos de definição do GEP segundo o CIS Guidance Document N.º. 4, 2003 (à esquerda) e a proposta de Irmer & Pollard, 2006 (à direita)	318
Figura 11.2. Tipologia de perturbações actuando sobre a massa de água e a qualidade ecológica. As variações de nível decorrem directamente do ciclo hidrológico e do uso hídrico. A eutrofização e alterações das populações biológicas também apresentam relações mas indirectas com o uso hídrico. Os três tipos de alterações influenciam integradamente a qualidade ecológica.	320

LISTA DE QUADROS	Paginação
Quadro 2.1. Factores e respectivos limites de classe obrigatórios da tipologia A e siglas atribuídas usadas neste trabalho. Cores como na Figura 2.1. Figura 2.2. usa a combinação das siglas	14
Quadro 2.2. Sumário do ensaio tipológico realizado, incluindo a hierarquia ecológica das classificações. A cinzento, tipos sub-representados na DQA ou no país	22
Quadro 2.3. Coeficientes discriminantes para as variáveis usadas no modelo (sendo GRUPO 1: cursos principais; GRUPO 2: norte; e GRUPO 3: sul)	24
Quadro 2.4. Validação e validação cruzada da análise discriminante (sendo GRUPO 1: cursos principais; GRUPO 2: norte; e GRUPO 3: sul)	24
Quadro 2.5. Média e desvio padrão das variáveis consideradas na tipologia B da DQA. A negrito as variáveis utilizadas pelas funções discriminantes. O Grau de mineralização corresponde à classe de maior frequência de observação no grupo respectivo de albufeiras	25
Quadro 3.1. Variáveis utilizadas na pré-classificação da qualidade ecológica das 77 albufeiras consideradas	40
Quadro 3.2. Resposta dos indicadores ecológicos às pressões consideradas para um universo de 32 albufeiras com dados a partir de 1995	45
Quadro 3.3. Valores de classe das pressões nas albufeiras amostradas. A verde as albufeiras utilizadas como referência do bom potencial ecológico	49
Quadro 4.1. Sumário dos atributos registados no LHS	63
Quadro 4.2. Sistema de pontuação para o LHMS (adaptado de ROWAN <i>et al.</i> 2004, 2006)	66
Quadro 4.3. Sistema de pontuação para o LHQA (adaptado de ROWAN <i>et al.</i> 2004, 2006)	67
Quadro 5.1. Descrição das variáveis ambientais em cada local para o período entre 1996 e 2004. Indica-se a simbologia de cada uma. Por sua vez a) e b) designa respectivamente os sistemas a fio de água e em regime de albufeira e o estado trófico é indicado por: 1- Ultra-oligotrófico; 2- Oligotrófico; 3 – Mesotrófico; 4 – Eutrófico 5 - Hiper-eutrófico	86
Quadro 5.2. Caracterização das pressões antropogénicas nas bacias de drenagem das albufeiras consideradas, considerando-se 4 grupos distintos de perturbação (extraído de Cabecinha <i>et al.</i> , 2009a)	92
Quadro 5.3. Classes de pressão global em cada albufeira associadas com os diferentes tipos de perturbação indicados no Quadro 5.2.	92
Quadro 5.4. Características dos grupos discriminados a partir da análise de classificação presente na Figura 3 (indica-se a média e desvio padrão por variável). Adicionalmente separou-se dentro de cada grupo a situação de referência da perturbada	102
Quadro 5.5. Resultados dos testes de SIMPER e de ANOSIM relativos a dissimilaridade entre locais com base na composição das comunidades fitoplanctónicas	108
Quadro 5.6. Contribuição das espécies para as dissimilaridades: a) para os sistemas inseridos nos Grupos 1 e 2; b) entre locais de referência e perturbados mas no interior de cada um dos grupos anteriores	109

Quadro 5.7. Regressões múltiplas estabelecidas para os meses secos (D) e húmidos (W) cef. De determinação, (R^2), valores de F e níveis de significância (***) $P < 0.001$ para todas as variáveis seleccionadas	111
Quadro 5.8. Parâmetros da situação de referência para as duas albufeiras seleccionadas (com indicação das respectivas médias e desvios padrões, SD), estabelecida para alguns parâmetros ambientais e biológicos. ¹ valores históricos: Oliveira, 1997, 1987	118
Quadro 5.9. Parâmetros da situação correspondente a uma situação hipotética de máxima humanização para as duas albufeiras seleccionadas (com indicação das respectivas médias e desvios padrões), estabelecida para os mesmos parâmetros definidos para a situação de referência de modo a visualizar os limites de variação das diversas variáveis. ¹ valores históricos: Oliveira, 1997, 1987	119
Quadro 6.1. Parâmetros fitoplanctónicos analisados em laboratório	123
Quadro 6.2. Resultados do teste ANOSIM para os três tipos, com indicação do R e do nível de significancia. ** significativo para $p > 0.01$	133
Quadro 6.3. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais como resultado da análise SIMPER	134
Quadro 6.4. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Norte como resultado da análise SIMPER	135
Quadro 6.5. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Sul como resultado da análise SIMPER	135
Quadro 6.6. Resultados do teste ANOSIM para as quatro épocas do ano com indicação do R e do nível de significância ** - significativo para $p < 0,01$; *- significativo para $p < 0,05$	136
Quadro 6.7. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no tipo Cursos Principais com indicação do R e do nível de significância. * significativo para $p > 0,05$ e ** $p > 0,01$	138
Quadro 6.8. Taxa característicos da comunidade de Referência para o tipo Cursos Principais no Inverno em resultado da análise SIMPER	138
Quadro 6.9. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais na Primavera em resultado da análise SIMPER	139
Quadro 6.10. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais no Verão em resultado da análise SIMPER	139
Quadro 6.11. Taxa características da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais no Outono em resultado da análise SIMPER	140
Quadro 6.12. Correlações de Spearman significativas entre clorofila <i>a</i> , taxa indicadores de tipo, grupos fitoplanctónicos e variáveis físico-químicas da água para o tipo Cursos Principais. * - <i>significativo para $p < 0,05$</i> , ** - <i>significativo para $p < 0,01$</i>	140
Quadro 6.13. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais no Inverno. * a amarelo indica-se a ocorrência de blo na amostragem	142
Quadro 6.14. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais na Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de	142

blooms na amostragem realizada

Quadro 6.15. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais no Verão. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 143

Quadro 6.16. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais no Outono. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 143

Quadro 6.17. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no tipo Norte com indicação do R * - significativo para $p < 0,05$, ** - significativo para $p < 0,01$ 144

Quadro 6.18. Correlações de Spearman entre clorofila a, taxa indicadores de tipo, grupos fitoplantónicos e variáveis físico-químicas da água Para o tipo Norte * - significativo para $p < 0,05$, ** - significativo para $p < 0,01$ 145

Quadro 6.19. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Inverno. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 146

Quadro 6.20. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blomms na amostragem realizada 146

Quadro 6.21. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Outono. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 146

Quadro 6.22. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 147

Quadro 6.23. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no tipo Sul com indicação do R e do nível de significância * - signifivativo para $p < 0,05$; ** - significativo para $p < 0,01$ 148

Quadro 6.24. Correlações de Spearman entre clorofila a, taxa indicadores de tipo, grupos fitoplantónicos e variáveis físico-químicas da água para o tipo Sul * - significativo para $p < 0,05$, ** - significativo para $p < 0,01$ 149

Quadro 6.25. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Inverno. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 150

Quadro 6.26. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 150

Quadro 6.27. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Verão. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostra; realizada 151

Quadro 6.28. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada 151

Quadro 6.29. Correlações de Spearman entre o Índice planctônico e as variáveis físico-químicas da água para todos os tipos de albufeiras * - significativo para $p<0,05$, ** - significativo para $p<0,01$	152
Quadro 6.30 Fronteiras entre classes de qualidade para a clorofila a, obtidas com base em dados do SNIRH	163
Quadro 6.31. Correlação entre a clorofila a e a densidade total de fitoplâncton (número de células) para as 10 albufeiras objecto de estudo e percentagem de ocorrências de situações com “bloom” de cianobactérias no total das situações monitorizadas. * significativo para $p<0,05$; ** significativo para $p<0,001$	164
Quadro 7.1. Resultados do teste ANOSIM para os três tipos, com indicação do valor de R e do nível de significância, ** - significativo para $p<0,001$	180
Quadro 7.2. Resultados do teste ANOSIM para as 4 épocas do ano, com indicação do R e do nível de significância ** - significativo para $p<0,01$; *- significativo para $p<0,05$	181
Quadro 7.3. Índices seleccionados por tipo com base na percentagem dos taxa presentes que entraram no cálculo dos índices	182
Quadro 7.4. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no Tipo cursos principais, com indicação do R e do nível de significância, *- significativo para $p<0,01$	183
Quadro 7.5. Valores de $r>0,3$ para as correlações de Spearman entre os índices IBD, IPS, IDG e TDI e as variáveis de pressão significativos para $p<0,05$ para o tipo Cursos Principais. * - significativo para $p<0,05$; ** - significativo para $p<0,01$	184
Quadro 7.6. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais; resultado da análise SIMPER. Na segunda coluna indica-se a contribuição relativa dos taxa e na terceira coluna indica-se a contribuição acumulada.	186
Quadro 7.7. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no Tipo norte, com indicação do R	188
Quadro 7.8. Valores de $r>0,3$ para as correlações de Spearman entre os índices IBD, IPS, IDG e TDI e as variáveis de pressão significativos para $p<0,05$ para o tipo Norte, * - significativo para $p<0,05$; ** - significativo para $p<0,01$	189
Quadro 7.9. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Norte; resultado da análise SIMPER. Na segunda coluna indica-se a contribuição relativa dos taxa e na terceira coluna indica-se a contribuição acumulada.	193
Quadro 7.10. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no Tipo sul, com indicação do R e do nível de significância	196
Quadro 7.11. Valores de $r>0,3$ para as correlações de Spearman entre os índices IBD, IPS, IDG e TDI e as variáveis de pressão significativos para $p<0,05$ para o tipo sul, * - significativo para $p<0,05$; ** - significativo para $p<0,01$	196
Quadro 7.12. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Sul; resultado da análise SIMPER. Na segunda coluna indica-se a contribuição relativa dos taxa e na terceira coluna indica-se a contribuição acumulada.	201
Quadro 8.1. Valores de R obtidos na análise de similaridade florísticas considerando a tipologia abiótica e utilizando todas as espécies recenseadas nas parcelas totais, média para cada albufeira. * $p<0,05$	217

Quadro 8.2. Percentagem de similaridade média intra-tipos, e espécies com maior contribuição para a distinção dos Tipos (inclui as espécies com contribuição superior a 0.75 para a similaridade média do Tipo). * espécie exótica. A verde: espécies ribeirinhas lenhosas, a azul: espécies aquáticas	218
Quadro 8.3. Métricas florísticas que discriminam os diferentes Tipos de albufeiras	219
Quadro 8.4. Valores de R obtidos na análise de similaridade florística considerando a tipologia abiótica e utilizando todas as espécies recenseadas nas parcelas totais * $p < 0.05$	222
Quadro 8.5. Percentagem de similaridade média intra-grupos de albufeiras referência (R) e não referência (NR), e métricas com maior contribuição para a sua distinção entre (inclui as métricas com contribuição superior a 50% para a dissimilaridade entre os grupos).	224
Quadro 9.1. Dados somatórios das colheitas de exuviae. Adaptada de Verdaguer, 2006 (coluna 1 N = Norte, CP = Cursos Principais, S = Sul). A albufeira Varosa (N R) foi excluída das análises posteriores, devido aos níveis demasiado baixos de abundância e de diversidade.	241
Quadro 9.2. Dados de diversidade sumarizados das amostras de exuviae pupais	242
Quadro 9.3. Dados somatórios das amostras provenientes dos 3 tipos de amostragem por tipo de albufeira (R = Referência; NR= Não Referência; N = Norte; CP = Cursos Principais; S = Sul).	244
Quadro 9.4. Resultados de ANOSIM entre (i) albufeiras de referência e de não referência e (ii) tipos de albufeira (Norte, Cursos Principais e Sul) para dados provenientes dos arrastos litorais (Rede de mão =RD) de macroinvertebrados, exuviae de quironómídeos e dados integrados dos dois grupos. AR = abundância relativa e PA = presença ausência. Valores de $R > 0,5$ em negrito. Níveis de significância: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, n = $P < 0.1$.	261
Quadro 9.5. Resultados de ANOSIM entre os tipos de albufeira (Norte, Curso Principais, Sul) de referência e de não referência baseados em (i) amostras da macroinvertebrados (rede de mão), (ii) exuviae de quironómídeos e (iii) dados integrados destes dois grupos. Valores de $R > 0,5$ em negrito. Níveis de significância: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, n = $P < 0.1$.	262
Quadro 9.6. Dados somatórios dos valores de similaridade e de dissimilaridade para as análises efectuadas sobre os dados dos macroinvertebrados (arrastos litorais, abundância relativa), exuviae de quironómídeos (abundância relativa) e dados integrados (presença ausência).	264
Quadro 9.7. Análise SIMPER de dados de abundância relativa de macroinvertebrados (arrastos litorais, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência (global, ou seja sem discriminação entre tipo de albufeira). Taxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.	265
Quadro 9.8. Análise SIMPER de abundância de macroinvertebrados (arrasto litoral, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência por tipo (Norte, Cursos Principais, Sul). Taxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.	266

Quadro 9.9. Análise SIMPER da abundância relativa de exuviae de quironomídeos (similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência. Somente os gêneros que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.	269
Quadro 9.10. Análise SIMPER de dados de abundância relativa de exuviae (similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência por tipo (Norte, Cursos Principais, Sul). Taxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.	271
Quadro 9.11 Análise SIMPER de dados de presença ausência de dados integrados (macroninvertebrados – arrasto litoral e exuviae de quironomídeos, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência (global). Somente os táxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade e 2% de dissimilaridade média são listados.	275
Quadro 9.12. Análise SIMPER da presença ausência de dados integrados (macroninvertebrados – arrastos litorais - e exuviae de quironomídeos, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência por tipo (N, CP, S).	276
Quadro 9.13. Resultados de análise Spearman Rank Order Correlations entre os “táxones indicadores” (táxones contribuindo a maior percentagem de dissimilaridade entre albufeiras de referência e de não referência nas análises SIMPER) e os pressões contemplados na avaliação do grau de impacto sobre as albufeiras contempladas neste estudo Somente táxones com significâncias $p < 0.05000$ são listados.	280
Quadro 10.1. Classificação das espécies presentes nas albufeiras amostradas pelas diferentes guildas ecológicas de acordo com o projecto europeu EFI+ (http://efi-plus.boku.ac.at). Guilda de habitat (grau de reofilia): E (euritópica), L (limnófila), R (reófila); Guilda de habitat (zona de alimentação): B (bentónica), P (pelágica); Guilda migratória: GM (grande migradora), PM (pequena migradora), P (potamódroma); Guilda reprodutiva: F (fitófila), FL (fitolitófila), L (litófila), V (vivípara), G (generalista); Guilda trófica: B (bentívora), I (invertívora), O (omnívora), P (piscívora), D (detritívora); Nível de tolerância: T (tolerante), IM (intermédia), IN (intolerante)	291
Quadro 10.2. Agrupamentos de espécies ou grupos funcionais utilizados na construção das 116 métricas	292
Quadro 10.3. Sumário das capturas obtidas na pesca elétrica no Outono, em CPUE (ver métodos), para os três tipos de albufeiras separadas por melhor (referência) e pior qualidade (não referência), incluindo a média, mínimo e máximo	295
Quadro 10.4. Sumário das capturas obtidas nas redes no Outono, em CPUE (ver métodos), para os três tipos de albufeiras separadas por melhor (referência) e pior qualidade (não referência), incluindo a média, mínimo e máximo	296
Quadro 10.5. R global do teste multivariado ANOSIM e respectivo nível de significado, para os vários agrupamentos testados. Capturas em CPUE (ver métodos), de Outono, só com albufeiras de baixa perturbação (referência)	299
Quadro 10.6. Sumário dos testes matriciais para comparação de grupos de albufeiras pouco (referência) e muito perturbados (não referência). A negrito, valores do tipo Norte.	305
Quadro 10.7. Métricas de potencial responsivo à pressão global, $R > 0.75$, $p > 0.1$, para os vários tipos de albufeiras e para os dois tipos de amostragem	308

Quadro 10.8. Valores de fronteira de classe de qualidade ecológica tentativamente usados para exploração de reactividade à pressão.	308
Quadro 10.9. Coeficientes dos modelos ajustados de regressão logística para cada taxa e respectivo nível de significado probabilístico	311
Quadro 10.10. Resultados da regressão logística univariada relacionado cada taxa com a variação do nível da água das albufeiras.	312
Quadro 11.1. Principais características dos diferentes tipos de albufeiras, em situação de baixa degradação, MEP+GEP. (1) Valores médios, para tipos cursos principais e norte com base na modelação do capítulo V, e para tipo sul com base na média das mesmas variáveis nas albufeiras de referência. (2) Fronteira tentativa Good/Moderate (3) Tomando o quartil 25% como valor de fronteira G/M	315



CAPÍTULO I. GESTÃO ECOLÓGICA DE ALBUFEIRAS PORTUGUESAS

**Maria Teresa Ferreira, Rui Victor
Cortes & Manuela Morais**

1.1. Introdução

Os sistemas fluviais de zonas temperadas quentes são caracterizados por grande irregularidade hídrica, que se acentua com a diminuição da latitude. Desta irregularidade resulta uma distribuição da água que é desadequada para as actividades humanas, no tempo e no espaço, sejam de produção hidroelétrica, regadio ou abastecimento de água potável, o que motivou um número crescente de albufeiras na Península Ibérica, mais de 1100 de grande dimensão no presente, num território com muito poucos lagos naturais, com excepções como os de Sanábria e Bañolas.

As albufeiras são massas de água lênticas artificiais (ou fortemente modificadas, da terminologia da Directiva Quadro da Água, DQA, se considerarmos a sua construção com base num sistema fluvial), que nos habituámos a considerar como parte integrante da paisagem ibérica. Trata-se de massas aquáticas relativamente recentes e de volume muito variável cuja construção se relaciona com objectivos únicos ou múltiplos de uso humano da água: abastecimento, rega, hidro-energia, lazer ou outros. Contudo, ao existirem, constituem também ecossistemas onde espécies e comunidades se estabelecem, com uma estrutura e dinâmica próprias. Com frequência, as características biológicas por sua vez influenciam ou determinam o uso humano das albufeiras, por exemplo, a expansão das cianobactérias condiciona actividades

de lazer e de consumo da água. Algumas das comunidades aí existentes, como a ictiofauna, são também utilizadas pelas populações humanas como forma de lazer e recurso piscatório.

A construção de uma albufeira resulta na criação de habitats com características muito diferentes dos existentes num rio de características mediterrânicas, com o desaparecimento ou diminuição dos efectivos da maior parte das espécies fluviais. O fluxo unidireccional lótico é interrompido, o tempo de retenção da água e solutos aumenta, dá-se o aparecimento de uma zona pelágica, e dos seus habitats superficiais e profundos, enquanto as características da zona litoral são irreversivelmente modificadas. As espécies colonizadoras são provenientes dos habitats mais remansados do rio (por vezes completando o ciclo de vida com períodos fora do ecossistema albufeira), ou são espécies cosmopolitas e de fácil dispersão, ou são espécies exóticas provenientes de habitats originalmente lacustres. Por isso, o “restauro” de um sistema fortemente modificado como uma albufeira não tem sentido, pois configuraria a sua destruição. Sendo assim, haverá que definir, dentro de princípios ecológicos que só se aplicam a albufeiras, o significado da expressão “manutenção ou recuperação de um bom potencial ecológico”, como referido na DQA.

As albufeiras são meios aquáticos sujeitos a grandes variações espaço-temporais, intra e inter-anuais, não só de dependência climática, mas impressas pelo regime de uso do recurso hídrico. Quando as actividades humanas na bacia de drenagem e na massa de água consubstanciam uma degradação ambiental, então as comunidades biológicas tornam-se ecologicamente desequilibradas, expressando essa perda de integridade através de indicadores, como sejam a ocorrência de mortalidades de peixe ou o aparecimento de cianotoxinas. Parece claro que as albufeiras podem demonstrar variações ecológicas em resposta à degradação, mas para avaliar a qualidade ecológica é necessário compreender as suas causas e obter resultados preditivos do efeito destas. A qualidade ecológica da albufeira estará também indissociavelmente ligada à da sua bacia de drenagem, e num grau superior do que o de um lago natural.

O potencial ecológico máximo, e respectivos elementos caracterizadores morfológicos, hidrogeoquímicos e hidrobiológicos, irão provavelmente variar de acordo com os tipos ecológicos das massas de água, nomeadamente na forma como intervêm os gradientes geográficos, climáticos e hidrogeomórficos. Porém, as albufeiras não podem (apenas) ser

estruturadas em tipos ecológicos baseados em características de lagos, pelo que deverá ser desenvolvida uma tipologia própria e adaptada às suas características.

As variações hídricas definidas pelo regime de uso e as actividades humanas permanentes que decorrem da própria existência da albufeira, determinam o tipo e qualidade biológica dos ecossistemas aquáticos. Para as albufeiras, não poderá ser aplicado o conceito de ‘protecção não interventiva’, tipicamente aplicada a sistemas fluviais muito íntegros e bem conservados, e na qual a conservação da qualidade ecológica consiste na ausência de usos. Pelo contrário, a génese e uso permanente destas massas de água cria a *necessidade de uma praxis de gestão ecológica integrada e interventiva*, de forma a ser garantido o bom potencial ecológico.

Os trabalhos de que dispomos sobre a componente biológica de albufeiras portuguesas são recentes e escassos. O fitoplâncton é o grupo mais estudado, existindo alguns rastreios gerais e tróficos, incluindo alguma monitorização regular. As plantas, fitobentos e macroinvertebrados são os grupos menos desconhecidos, não existindo nenhuma perspectiva local ou regional do seu estabelecimento ou dinâmica ecológica. Os trabalhos sobre peixe são mais numerosos em grande parte relacionados com a gestão pesqueira ou de espécies com interesse desportivo. Esboços de regionalização, tipologia e padrão geográfico da ocupação biológica em albufeiras portuguesas, foram anteriormente tentados para o fitoplâncton, zooplâncton e ictiofauna. As referências de toda esta informação podem ser encontradas nos trabalhos publicados pela equipa do protocolo, listados no ponto 1.5 deste capítulo introdutório.

Temos assim uma ideia incompleta das comunidades biológicas de albufeiras portuguesas, apesar dos problemas constantes de gestão que a biologia destes sistemas coloca: eutrofização em muitos deles, crescimentos de grandes massas de Cianobactérias, mortalidades frequentes de ictiofauna, necessidade de gestão piscatória individualizada e de uma forma geral, ordenamento de margens e das bacias de drenagem. Entre as razões que explicam o relativamente pequeno número de trabalhos dedicados ao tema, incluem-se o tardio desenvolvimento da formação académica e ciência limnológica em Portugal, a necessidade em geral de equipas numerosas de trabalho, muito equipamento e grande esforço de campo, bem como o desinteresse de uma parte das instituições académicas por meios artificiais (massas de água fortemente modificadas, na terminologia DQA) e humanizados, considerados ‘inferiores’ do ponto de vista ecológico.

As albufeiras são consideradas como sistemas ecológicos de características habitacionais pouco diversificadas, com comunidades biológicas pouco complexas e resilientes, sujeitas a um nível de stress muito elevado, imposto pelo uso do sistema. Segue-se que são sistemas muito vulneráveis, com alterações ecológicas rápidas e de determinismo pouco claro, cujo equilíbrio ecológico depende da intervenção do homem nestes sistemas. Ou seja, e tal como as infra-estruturas que permitiram a sua existência, as comunidades biológicas existentes nas albufeiras tem que ser encaradas numa perspectiva frontal de artificialidade e de gestão/intervenção humana.

1.2. Génese do protocolo

A génese do presente protocolo foi complexa. O protocolo tem como característica possivelmente única a de ser financiado por duas instituições em conjunto, o Instituto da Água e a Direcção-Geral de Recursos Florestais. Em finais de 2001, foi julgado interessante pelo Instituto da Água, o estudo da relação entre a forma de utilização dos recursos hídricos em albufeiras e as suas comunidades biológicas, no sentido de permitir uma melhoria nas formas de gestão, tornando-as ecologicamente mais amigáveis, tendo sido abordado com o Instituto Superior de Agronomia (ISA) um protocolo de colaboração. Na mesma altura, surgiu o interesse da Direcção-Geral de Recursos Florestais (actual Autoridade Florestal Nacional, AFN) em propôr ao ISA aumentar o conhecimento sobre as comunidades de peixes em albufeiras, por forma a melhorar a gestão pesqueira destas. Os dois interesses coincidiram na elaboração de uma primeira versão do protocolo, em 2003, com a vantagem de a componente de campo ser comum e portanto serem obtidas vantagens de carácter financeiro e sinergias de carácter científico.

Porém, a DQA tinha entretanto sido aprovada e era necessário iniciar a sua implementação. Em consequência, o Instituto da Água propôs um forte direccionamento do protocolo no sentido da implementação da DQA, o que exigiu que outras duas instituições se juntassem aos trabalhos para cobrir todos os elementos biológicos, sendo o protocolo assegurado pelo ISA (através da Associação para o Desenvolvimento do Instituto Superior de Agronomia), pela Universidade de Évora (através da Fundação Francisco Molina) e pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

A DQA, contudo, apresentou uma complexidade extrínseca e intrínseca superior ao previsto (de meios: saídas de campo, número de elementos da equipa, número de especialistas necessários; e de exigência: número de dias de campo, número de dias de laboratório, quantidade e profundidade do tratamento de dados), e rapidamente dominou e expandiu a maior parte das acções previstas e desenvolvidas. Por exemplo, a última amostragem do protocolo foi realizada mesmo no final do período deste (Novembro de 2006) e o tratamento de dados prolongou-se por 2007. Assim, em função da expansão dos objectivos do protocolo e do aumento dos trabalhos de campo e de laboratório, ocorreu necessariamente um reajustamento do programa de trabalhos, por forma a fazer conter todos os objectivos no mesmo período de contrato, sem perder demasiada resolução nos resultados obtidos.

Os três temas abordados neste protocolo complementam-se e concertam-se, numa imagem final da ecologia de albufeiras, que permite desenhar já recomendações de uso. Porém, deve ser sublinhado que, devido à génese do protocolo, os resultados constituem apenas uma abordagem inicial, pese embora holística, devendo continuar a serem desenvolvidos no futuro, segundo as linhas indicadas no último capítulo deste relatório.

Devido ao dinamismo que caracterizou a complexa implementação da DQA nos países-membro europeus, foi necessário um esforço continuado de adaptação do protocolo, nomeadamente em relação à terminologia e aos aspectos normativos, que tomou a forma de ajustamentos nos tratamentos de dados, bem como notas de rodapé e comentários ao longo do texto. Num caso, o do fitoplâncton, realizou-se uma adenda capitular com dados próprios e respectivo tratamento. Sempre que numerica e estatisticamente possível, foi definida a fronteira Good/Moderate (Bom/Razoável) para os elementos biológicos ou abióticos. Limitações intrínsecas do protocolo (18 massas de água em estudo, 6 por tipo) impediram tratamentos estatísticos mais elaborados permitindo calcular EQR ou descrever normativamente os MPE. A pedido do INAG, no capítulo final são aplicados à definição da qualidade ecológica os conceitos propostos pelo documento *CIS ECOSTAT alternative approach to MEP/GEP definition*, version 4, 2006 (MEP/GEP: maximum ecological potential/good ecological potential), incluindo a identificação das medidas ecologicamente efectivas e eficazes compatíveis com os usos da água e sem efeitos adversos para o ambiente circundante.

1.3. Objectivos

O programa de trabalhos do protocolo propôs três objectivos principais, 1. a definição do potencial ecológico máximo e pesquisa das formas de o quantificar, em albufeiras portuguesas, de acordo com as directrizes da DQA, 2. a pesquisa de indicadores de funcionamento trófico de albufeiras portuguesas e da possibilidade da sua utilização para previsão de situações de risco, nomeadamente ocorrência de cianobactérias, e 3. a elaboração de recomendações para a gestão integrada de albufeiras, por forma conciliar o uso dos recursos hídricos com a manutenção de ecossistemas aquáticos íntegros e de boa qualidade biológica. *Todos estes objectivos foram cumpridos, embora possam ter resultado num maior ou menor avanço das áreas respectivas, com maior ou menor necessidade respectiva de complementos futuros.*

Estes objectivos genéricos foram decompostos e pormenorizados nos seguintes objectivos específicos:

1- Na área da qualidade ecológica:

- a) Escolher entre o sistema A e o sistema B para aplicação da Directiva Quadro da Água a albufeiras;
- b) Identificar as pressões humanas que influenciam de forma relevante os elementos biológicos em albufeiras;
- c) Estabelecer os princípios de funcionamento ecológico que caracterizam as albufeiras com um “elevado potencial ecológico”;
- d) Identificar os elementos biológicos que apresentam resposta mensurável e potencialmente preditiva à perturbação humana e nomeadamente os que permitem a separação significativa da fronteira Bom e Razoável (B/R);
- e) Identificar as melhores metodologias gerais de colheita para os elementos biológicos da alínea anterior bem como a melhor forma de expressão biológica – composição ou atributos funcionais que permite avaliar a sua qualidade ecológica;

2- Na área dos indicadores de eutrofização:

- f) Identificar parâmetros e elementos da massa de água respondendo ao aumento da pressão humana, com ênfase na eutrofização, para cada tipo de albufeira;

g) Quantificar o estado de referência (muito bom e bom potencial ecológico) com base nos elementos da alínea anterior;

h) Identificar parâmetros da comunidade piscícola respondendo à eutrofização;

3- Na área de conciliação entre o uso dos recursos hídricos e os recursos biológicos:

i) Identificar parâmetros da comunidade piscícola respondendo às variações hidrométricas;

j) Estabelecer linhas gerais de gestão conciliatória entre os recursos hídricos e biológicos;

l) Identificar linhas de investigação e actuação futuras para a gestão sustentável de albufeiras.

1.4. Organização do Relatório

Dada a complexidade e variedade dos três temas desenvolvidos e bem assim a ligação intrínseca entre eles, a organização deste Relatório Final não é estruturada nestes, mas sim nas linhas principais de resultados obtidos, constituindo 11 capítulos. Assim,

i) A presente introdução no Capítulo I, sobre a génese, objectivos e organização do relatório;

ii) O Capítulo II que propõe, desenvolve e valida os tipos existentes de albufeiras portuguesas, base geral dos capítulos seguintes;

iii) O Capítulo III que propõe uma definição de potencial ecológico para albufeiras portuguesas e os princípios ecológicos que o determinam;

iv) O capítulo IV que se dedica à qualidade físico-química e habitacional/geomorfológica, incluindo um ensaio de aplicação da metodologia 'Lake Habitat Survey' a albufeiras portuguesas;

v) O capítulo V dedica-se à modelação e previsão das condições de referência e de extrema eutrofização através do elemento biológico fitoplâncton, utilizando o uso do solo das bacias de drenagem como elemento de pressão humana;

vi) Os capítulos VI, VII, VIII, IX e X testam as indicações de qualidade ecológica dadas pelos elementos biológicos, respectivamente fitoplâncton, perifíton, macrófitos, macroinvertebrados e peixes, neste último caso sendo também explorada a influência das variações hidrométricas sobre as comunidades piscícolas encontradas;

vii) O capítulo XI sumariza os resultados de cada capítulo, enuncia as conclusões gerais e define as consequentes acções e recomendações para trabalhos futuros sobre gestão de albufeiras portuguesas.

1.5. Bibliografia da equipa sobre albufeiras portuguesas

Cabecinha, E., R. V. Cortes, M. Pardal, M.T. Ferreira & J. Cabral (2006). Contribuição para a determinação do bom estado ecológico potencial de albufeiras com fins hidroeléctricos. *Actas do 8º Congresso da Água*, Sede de Sustentabilidade, Figueira da Foz, 13-17 Março, 12 p.

Cabecinha, E., R. Cortes, J.A. Cabral, T. Ferreira, M. Lourenço & M.A. Pardal (2008). Multi-scale approach using phytoplankton as a first step towards the definition of the ecological status of reservoirs. *Ecological Indicators*. On line.

Ferreira, M.T. (1987). Características fitoplanctónicas indicadoras da produtividade de albufeiras, alguns casos de estudo. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, 42: 79-101.

Ferreira, M.T. (2000) Ecologia de Albufeiras. Fundamentos teóricos para a sua gestão ecológica. Em *Manual de Operação e Segurança de Barragens*. Edições do Instituto da Água. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, pp. 95-109.

Ferreira, M.T. (2000). Gestão ecológica de albufeiras. Em *Manual de Operação e Segurança de Barragens*. Edições do Instituto da Água. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, pp. 110-124.

Ferreira, M.T. (2002). Estado trófico de albufeiras. Em I. Moreira, M.T. Ferreira, R. Cortes, P. Pinto & P.R. Almeida (Eds.) *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. Instituto da Água. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa, pp. 11.1-11.13.

Ferreira, M.T. & F.N. Godinho (1994). Ictiofauna e disponibilidade de habitats em albufeiras a sul do Tejo: fraquezas e prioridades do seu ordenamento. *Revista Florestal*, 7(2): 19-39.

- Ferreira, M.T. & A. C. Rodrigues (2001). Estado trófico de albufeiras portuguesas. *Actas do V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*. CD-ROM editado pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Aracaju, Brasil. 9 p.
- Ferreira, M.T. & F.N. Godinho (2002) Comunidades biológicas de albufeiras. Em I. Moreira, M.T. Ferreira, R. Cortes, P. Pinto & P.R. Almeida (Eds.) *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. Instituto da Água. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa, pp. 10.1-10.25.
- Ferreira, M.T., A. Albuquerque & F.N. Godinho (2004). Associações piscícolas das albufeiras da bacia hidrográfica do Tejo e estrutura etária e crescimentos das suas populações. *Recursos Hídricos*, 25 (1): 19-30.
- Ferreira, M.T. F. N. Godinho, R. Rivaes & A. Albuquerque (2005). Tipos de albufeiras portuguesas: aplicação da Directiva Quadro da Água. *Seminário sobre Barragens: Tecnologia, Segurança e Interacção com a Sociedade*. 27-29 Outubro, Comissão Nacional Portuguesa de Grandes Barragens, Lisboa. Proceedings, pp. 15-19.
- Fonseca R., F. Barriga, S. Therodoro, T. Canário & M. Morais (2007). The Três Marias reservoir: a sink for sediments outcoming from over-erosion of soils in Minas Gerais, Brasil. *Reservoir and River Basin management: Exchange of Experiences from Brazil, Portugal and Germany*. Gunter Gunkel & Maria do Carmo Sobral (eds). Technical University of Berlin, Berlin: 182-196.
- Godinho, F.N. & M.T. Ferreira (1990). Hábitos alimentares do achigã, *Micropterus salmoides* (Lacépède) nas albufeiras Pego do Altar e Santa Clara. *Actas do II Congresso Florestal Nacional*. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. Porto, pp. 931-941.
- Godinho, F. N. & M.T. Ferreira (1994). Diet composition of largemouth black-bass *Micropterus salmoides* Lacépède, 1856 in four reservoirs of southern Portugal: its relation to habitat characteristics. *Fisheries Management and Ecology*, 1(1): 129-137
- Godinho, F.N. & M.T. Ferreira (1993). Age and growth of *Micropterus salmoides* Lacépède in four Portuguese southern reservoirs. *Actas del VI Congreso Español de Limnología*. Granada, pp. 425-432.

- Godinho, F.N. & M.T. Ferreira (1996). The application of size-structure indices to *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802) and *Lepomis gibbosus* (L.,1758) populations as a management tool for southern Iberian reservoirs. *Publicaciones Instituto Español Oceanografía*, 21: 275-281.
- Godinho, F.N. & M.T. Ferreira (2005). Gestão piscícola em albufeiras: paradigma da biomanipulação. *Seminário sobre Barragens: Tecnologia, Segurança e Interação com a Sociedade*. 27-29 Outubro, Comissão Nacional Portuguesa de Grandes Barragens, Lisboa. Proceedings, pp. 111-128.
- Godinho, F., Ferreira, M.T. & M.I. Castro (1998). Fish assemblage composition in relation to environmental gradients in Portuguese reservoirs. *Aquatic Living Resources*, 11(5): 325-334
- Morais M., A. M. Serafim, P. Pinto, A. Ilhéu & M. Ruivo (2007). Monitoring of the water quality in Alqueva reservoir, Guadiana river, southern Portugal. *Reservoir and River Basin management: Exchange of Experiences from Brazil, Portugal and Germany*. Gunter Gunkel & Maria do Carmo Sobral (eds). Technical University of Berlin, Berlin: 96-112.
- Nunes S., M. H. Novais & M. Morais (in press) Trophic state assessment of four reservoirs in the South of Portugal. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*.
- Serafim, A., M. Morais, P. Guilherme, P. Sarmiento, M. Ruivo & A. Magriço (2006) Spatial and temporal heterogeneity in the Alqueva reservoir, Guadiana river, Portugal. *Limnetica*, 25 (3): 771-786.



CAPÍTULO II - TIPOLOGIA DE ALBUFEIRAS PORTUGUESAS

Maria Teresa Ferreira, Rui Rivaes & Paulo Pinheiro

2.1. Introdução

De acordo com a DQA, as condições de referência da qualidade ecológica são específicas e definidas para cada tipo de massa de água. Assim, antes de serem identificadas e descritas as condições de referência, é necessário definir os diferentes tipos de massas de água existentes para cada categoria de sistemas aquáticos - rios, lagos, águas de transição e águas costeiras. Contudo, definir a tipologia de massas de água é um processo bastante complexo, porque a) obviamente se exige que os tipos tenham um significado biológico e ecológico, uma vez que é com base neles que se define o referencial biológico de qualidade (ou seja, a tipologia *apresenta um dado nível de probabilidade de uma dada comunidade ocorrer num dado cenário físico-químico*), e b) as unidades tipológicas ecológicas apresentam fronteiras artificiais, uma vez que na natureza não existem fronteiras discretas, mas sim gradientes ambientais que resultam em distribuições probabilísticas das comunidades biológicas, no espaço e no tempo.

A DQA propõe uma tipologia de base abiótica, baseada em variáveis físico-química e hidromorfológicas. A ideia subjacente é a de que cenários abióticos diferentes possuem comunidades biológicas diferentes e preditíveis, senão na composição, pelo menos na estrutura e organização ecológicas. Porém, se tal facto está sobejamente demonstrado para sistemas fluviais e lagos, não o foi suficientemente para massas de água criadas para uso humano, advogando alguns autores a existência de uma organização biológica não determinística (Granado-Lorencio, 1991).

Ao longo deste relatório serão comparadas as diferenças entre comunidades biológicas de albufeiras com diferente qualidade ecológica. No entanto, esta comparação só tem sentido para albufeiras pertencentes ao mesmo tipo, pois tipos diferentes devem ter comunidades biológicas de referência diferentes. A criação de tipos de massas de água com cenários abióticos e comunidades biológicas próprias é assim um passo inicial, e crucial, para a avaliação da qualidade ecológica e todo o tratamento de dados subsequente.

As albufeiras são classificadas na DQA como massas de água fortemente modificadas, ou seja, que resultam da profunda alteração de um sistema aquático previamente existente, e diferenciadas de acordo com os descritores aplicáveis à categoria de águas de superfície a que mais se assemelham (alínea v, Anexo II), neste caso os lagos. Nesta classificação são ignoradas as particularidades ecológicas das albufeiras, sistemas mistos ou de transição entre lagos e rios (Thornton *et al.*, 1990). A DQA propõe dois sistemas de classificação das massas de água, o sistema A e o sistema B, sendo que a escolha da aplicação de um destes sistemas fica ao critério de cada Estado-Membro. Os objectivos deste capítulo incluem:

- Aplicar o sistema A proposto na DQA e analisar os resultados;
- Conceber e aplicar um sistema do tipo B, de acordo com as orientações da DQA mas específico para as massas de água de características mistas rio/lago como são as albufeiras;
- Analisar a robustez da tipologia proposta através de um elemento biológico com dados existentes para um conjunto grande de massas de água.

Num primeiro passo, houve que definir o universo de albufeiras a utilizar no tratamento de dados. De todas as albufeiras do território nacional continental seleccionaram-se as que apresentam um espelho de água no Nível de Pleno Armazenamento (NPA) com uma área superior a 0,5 km². O trabalho de recolha e compilação dos dados foi feito recorrendo aos dados fornecidos pelo INAG.

Foram excluídas as albufeiras com uma idade inferior a 5 anos a partir da sua entrada em funcionamento (à data de início do protocolo – 2004), uma vez que na fase pós-enchimento as características biológicas e ecológicas da albufeira não se encontram ainda estabilizadas, nomeadamente propiciando a ocorrência de efeitos eutrofizacionais que podem não se verificar mais tarde e mascarariam as respostas biológicas a obter. Também foram excluídas as albufeiras

espanholas, embora localizadas total ou parcialmente por território português, e.g. Chança e Cedilho.

O grupo de albufeiras de pequena dimensão (definido na DQA com área entre 0,5 e 1 Km²) tinha poucos representantes, provavelmente insuficientes para representar estas massas de água. Das duas opções possíveis, a) ignorar o gradiente biológico anteriormente detectado e que opunha albufeiras pequenas a grandes (c.f. Godinho *et al.*, 1998) ou b) consolidar numericamente o conjunto de pequenas massas de água por se julgar este grupo ecologicamente importante, optou-se pela segunda, alargando o intervalo para [0,38 a 1 km². No caso de algumas, como Vale do Rossim e S. Domingos, o conhecimento prévio destes sistemas configura a sua provável utilização para definir as condições de referência de alguns potenciais ecológicos deficitários em situações de boa qualidade. As albufeiras assim introduzidas foram apenas cinco: S. Domingos, Herdade do Facho I, Toulica, Apartadura e Vale do Rossim.

Após selecção de todas as albufeiras com área superior a 0,5 Km² e com uma idade superior a 5 anos, obteve-se um universo de 77 albufeiras a utilizar no desenvolvimento tipológico. Estas distribuem-se por todo o país, nas bacias hidrográficas de Tejo (19), Douro (13), Sado (11), Guadiana (11), Mondego (7), Cávado (7), Lima (2), Arade (2), Ave (1), Mira (1), Ribeiras do Alentejo (1), do Algarve (1) e do Oeste (1), por ordem decrescente.

2.2. Classificação pelo sistema A

Os factores obrigatórios de classificação da tipologia A da DQA são a dimensão, a altitude e a profundidade média (Quadro 2.1). As classes utilizadas para cada tipo foram as da DQA à excepção do alargamento da classe de pequena dimensão de área inundada, antes referido. Para a altitude, foi considerada a quota do NPA. Para a profundidade média, foi utilizado o quociente entre o volume e a área inundada, ambos ao NPA. Cada tipo de albufeira é identificado por um conjunto de 6 letras separadas duas a duas e designando respectivamente a área inundada da albufeira no NPA (ou o seu tamanho), a altitude do NPA e a profundidade média da albufeira. A cada classe de cada factor obrigatório foi atribuída uma cor para mais fácil identificação dos diferentes tipos de albufeiras obtidos.

Como se pode constata na Figura 2.1, não existem albufeiras de muito grande dimensão

(>100 km²) dentro do universo considerado, uma vez que a única existente - Alqueva, encontrava-se ainda em fase de pós-enchimento. Cerca de 60% das albufeiras consideradas são de média dimensão (Mt). Podemos ainda constatar que 94.8% das albufeiras do universo seleccionado têm uma profundidade média igual ou superior a 3 metros (Mp e Gp) e que cerca de 96% pertencem às classes de pequena (Pa) ou média altitude (Ma) (Figura 3.1). Em suma, o universo português das 77 albufeiras caracteriza-se no geral por ser de média dimensão, encontrar-se nos cursos médios e em zonas de pequena altitude e apresentar profundidades médias.

Quadro 2.1. Factores e respectivos limites de classe obrigatórios da tipologia A e siglas atribuídas usadas neste trabalho. Cores como na Figura 2.1. Figura 2.2. usa a combinação das siglas.

Factores obrigatórios	Classes		SIGLAS	
Área inundada	Pequena dimensão	entre 0.38 e 1 Km ²	Pt	
	Média dimensão	entre 1 e 10 Km ²	Mt	
	Grande dimensão	entre 10 e 100 Km ²	Gt	
	Muito grande dimensão	entre 100 e 1000 Km ²	MGt	
Altitude	Pequena altitude	inferior a 200m	Pa	
	Média altitude	entre 200 e 800m	Ma	
	Grande altitude	superior a 800m	Ga	
Profundidade média	Pequena profundidade	inferior a 3m	Pp	
	Média profundidade	entre 3 e 15m	Mp	
	Grande profundidade	superior a 15m	Gp	

Em relação à dimensão das albufeiras, as três classes encontram-se genericamente distribuídas. Os diferentes tipos de profundidade média também se podem encontrar em todo o território, embora o tipo Gp seja mais frequente a Norte do Tejo. As albufeiras de pequena altitude apresentam maior concentração na zona litoral.

Para a classificação de tipos do sistema A, foi feito o cruzamento das classes dos factores obrigatórios, tendo sido obtidos 17 tipos (Figura 2.2). Quatro dos tipos abrangem 57.14% do universo de albufeiras (Mt/Pa/Mp, Mt/Pa/Gp, Mt/Ma/Mp e Mt/Ma/Gp) sendo que o tipo com maior número de albufeiras é o Mt/Pa/Mp com cerca de 20.78% das albufeiras do universo

definido.

Seis tipos incluem apenas uma albufeira, das quais quatro são de pequena dimensão, uma de média dimensão e uma de grande dimensão (Alto Rabagão). Repare-se, contudo, que pares como Vale Rossim e Lagoa Comprida (ambas frias e de altitude) e Torres e S. Domingos (ambas quentes e de planície) são colocadas em tipos separados, apesar do conhecimento biológico destas albufeiras configurar o mesmo tipo ecológico (Ferreira & Godinho, 2002). Da mesma forma, não existe razão ecológica óbvia na junção de albufeiras como Caia (Gadiana), Cabril (Tejo) e Alto Lindoso (Lima), com características térmicas e de mineralização completamente diferentes. A Figura 2.2 ilustra bem a dispersão no país dos tipos oriundos da tipologia A.

A pouca identificação ecológica dos tipos obtidos com o sistema A pode dever-se às seguintes razões:

- a) Este sistema de classificação *utiliza classes pré-definidas de variáveis* e o estabelecimento de classes de variáveis para toda a Europa, e no contexto de lagos, o que é necessariamente limitativo para as regiões limítrofes do espaço europeu e para massas de água fortemente modificadas;
- b) Este sistema de classificação *não inclui variáveis associadas à bacia de drenagem*, não reconhecendo de facto a unidade funcional que a albufeira/rio apresenta com esta, e que é traduzida numa maior dependência da albufeira em relação à dimensão e actividades humanas na sua bacia de drenagem (por comparação com os lagos); por exemplo, as respostas ecológicas de albufeiras nos cursos principais (*main stem*) serão certamente diferentes das localizadas em outras partes da bacia e com outros usos (*storage*). Estes dois tipos de albufeiras são, por exemplo, considerados à parte nos E.U.A. para a avaliação da integridade biológica;
- c) Finalmente, este sistema *não considera factores determinantes em zonas Mediterrâneas*, como sejam temperatura, pluviosidade, escoamento e evapotranspiração, e que podem condicionar não só o tipo e funcionamento dos ecossistemas mas também as pressões humanas associadas ao uso da água.

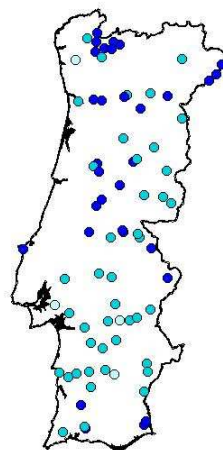
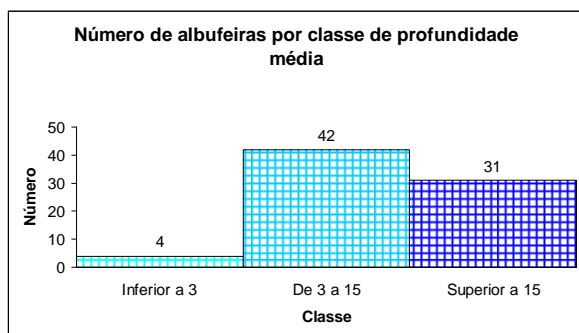
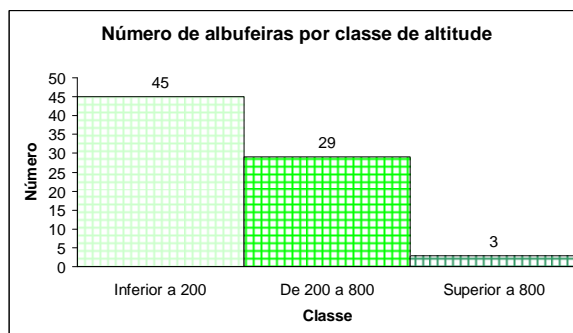
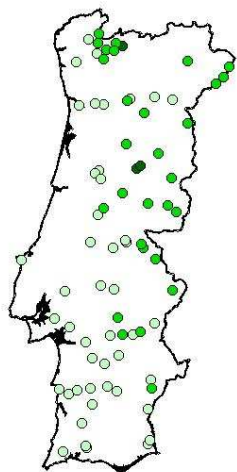
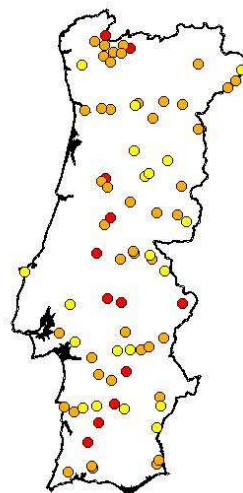
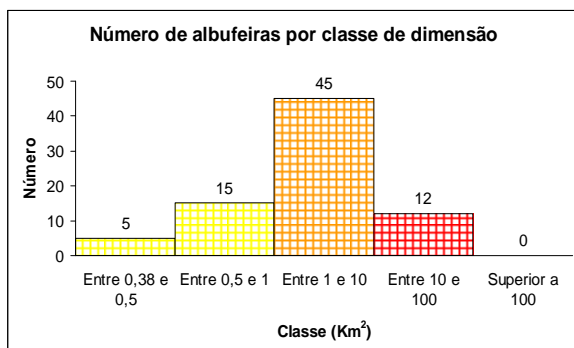


Figura 2.1. Número de albufeiras por classes de dimensão (em cima), de altitude (a meio) e de profundidade média (em baixo).

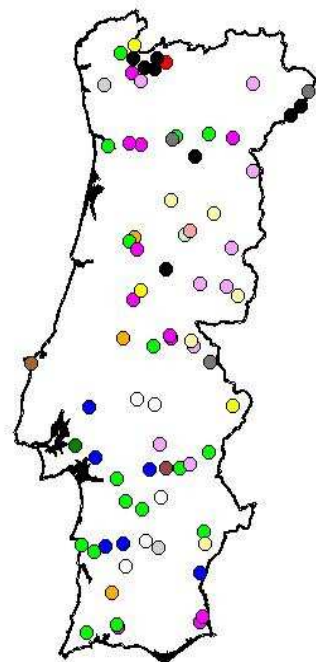
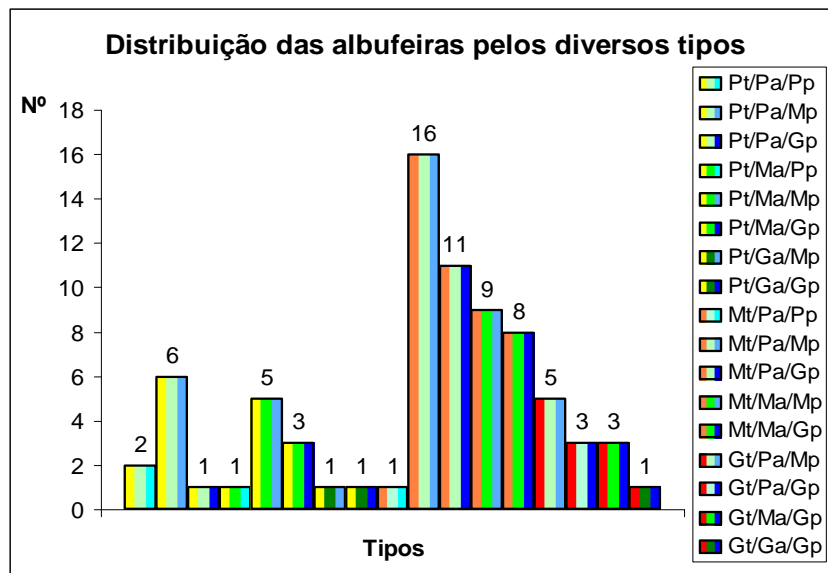


Figura 2.2. Número de albufeiras nos diferentes tipos obtidos com a aplicação do sistema A da DQA (à esquerda) e localização geográfica dos mesmos tipos de albufeiras em Portugal Continental (à direita)

2.3. Classificação pelo sistema B

Para a tipologia B, após análise da quantidade e qualidade das informações existentes, foram consideradas 23 variáveis, e calculadas para o universo das 77 albufeiras:

Tipo I – Seis **Obrigatórias** da DQA: altitude (ao NPA), latitude, longitude, geologia dominante (como % material geológico predominantemente silicioso na bacia de drenagem), profundidade máxima (como altura da barragem) e tamanho (como volume NPA);

Tipo II – Sete **Facultativas** da DQA: Desenvolvimento da margem (Área/Perímetro), índice de forma (comprimento máximo/largura máxima), temperatura média do ar (junto à barragem), variação média do nível da água, profundidade média (volume NPA/área NPA), grau de mineralização (em função da geologia dominante, classificação em 3 classes fornecida pelo INAG) e dureza da água (Atlas do Ambiente);

Tipo III – Dez **Específicas** para albufeiras, relativas à bacia de drenagem: área da bacia de drenagem, declive médio da bacia de drenagem, densidade da rede de drenagem, distância à nascente, distância à foz, número de afluentes, número de ordem máximo (todos determinados na escala 1:50000), evapotranspiração real média anual, precipitação média anual na bacia e temperatura média anual na bacia (Atlas do Ambiente).

A matriz de 23 variáveis para as 77 albufeiras foi transformada ($\log x+1$) e sujeita a uma ordenação por componentes principais (PCA) efectuada no *package* estatístico STATISTICA v6.0. As seis primeiras componentes (Quadro 2.2) apresentaram valores próprios superiores a 1, explicando 83.25% da variabilidade, estando contida 51.15% desta nos 2 primeiros eixos.

A primeira componente (29.77% de variabilidade) expressou um gradiente latitudinal e por extensão os gradientes térmico, pluviométrico e de declives que lhe estão associados e que decorrem entre o norte e o sul do país (Figura 2.3). Esta separação é ecologicamente relevante porque as variações climáticas de origem geográfica e fisiográfica seguramente afectam o funcionamento dos ecossistemas, por exemplo, maiores temperaturas determinam uma extensão maior do período de estratificação e um maior potencial de crescimento biológico.

A segunda componente (20.38% de variabilidade) esteve associada à dimensão da bacia de drenagem e à posição das albufeiras na hierarquia fluvial bem como comprimento da albufeira e desenvolvimento da margem, separando claramente as albufeiras de cursos principais do Tejo e Douro, das restantes, os primeiros evidenciando uma pequena flutuação média do nível da água e um bom desenvolvimento da linha de margem. A dimensão da bacia de drenagem opõe também ao longo deste eixo as albufeiras de maior bacia no lado positivo às de menor bacia no lado negativo (a generalidade de muito pequena dimensão volumétrica também), mas o gradiente negativo é pequeno.

A dimensão da albufeira (expressa aqui pelo seu volume) é de facto uma variável contributiva de igual forma para os dois primeiros eixos, mas com uma contribuição um pouco superior na componente 3 (0.7938), o que significa que existe um gradiente de dimensão subjacente aos agrupamentos anteriores formados. Porém, a DQA exclui as massas de água mais pequenas e portanto o gradiente ecológico “dimensão” existe, mas é secundário. A maior parte das albufeiras de pequena dimensão excluídas pela DQA são de produção hidroeléctrica a norte do Tejo ou de rega a sul do Tejo.

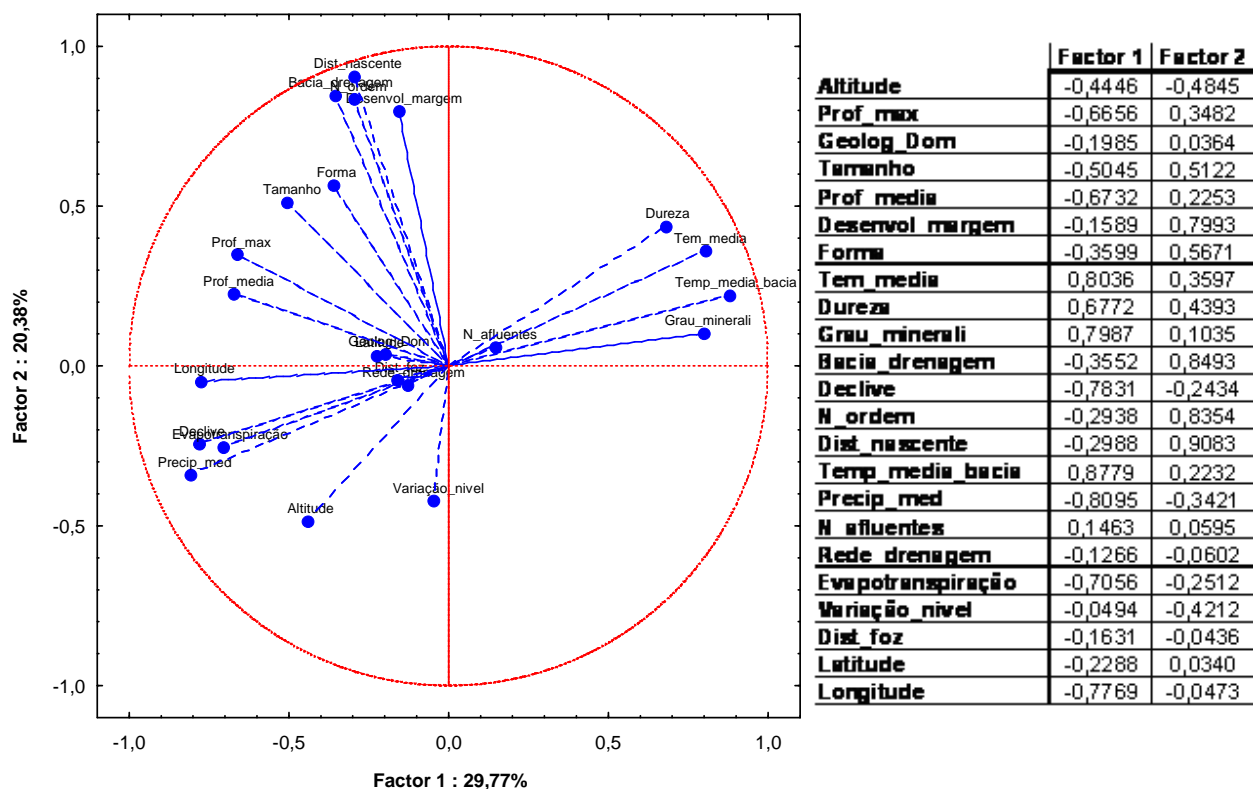


Figura 2.3. Disposição dos vectores das 23 variáveis nos dois primeiros componentes da PCA (à esquerda). Contribuição das variáveis para os componentes da PCA (à direita).

Não se verificou uma separação da albufeira S. Domingos em termos de geologia, dureza e mineralização. De facto, esta é a única albufeira com uma área de drenagem considerável em material geológico calcário (cerca de 90%), mas as outras características não contribuem para a distinguir das restantes.

A distância estatística entre albufeiras foi medida através da distância euclidiana e para a aglomeração entre grupos de albufeiras foi utilizado o método de agregação hierárquica de Ward, tendo sido utilizado para efectuar a presente análise o *package* estatístico STATISTICA v6.0. Previamente à análise hierárquica foram extraídas da matriz de dados as variáveis redundantes

utilizando a correlação de Pearson $> 0,80$ ($p < 0,01$), tendo sido retiradas 3 variáveis colineares de outras: distância à nascente, precipitação média na bacia e profundidade máxima.

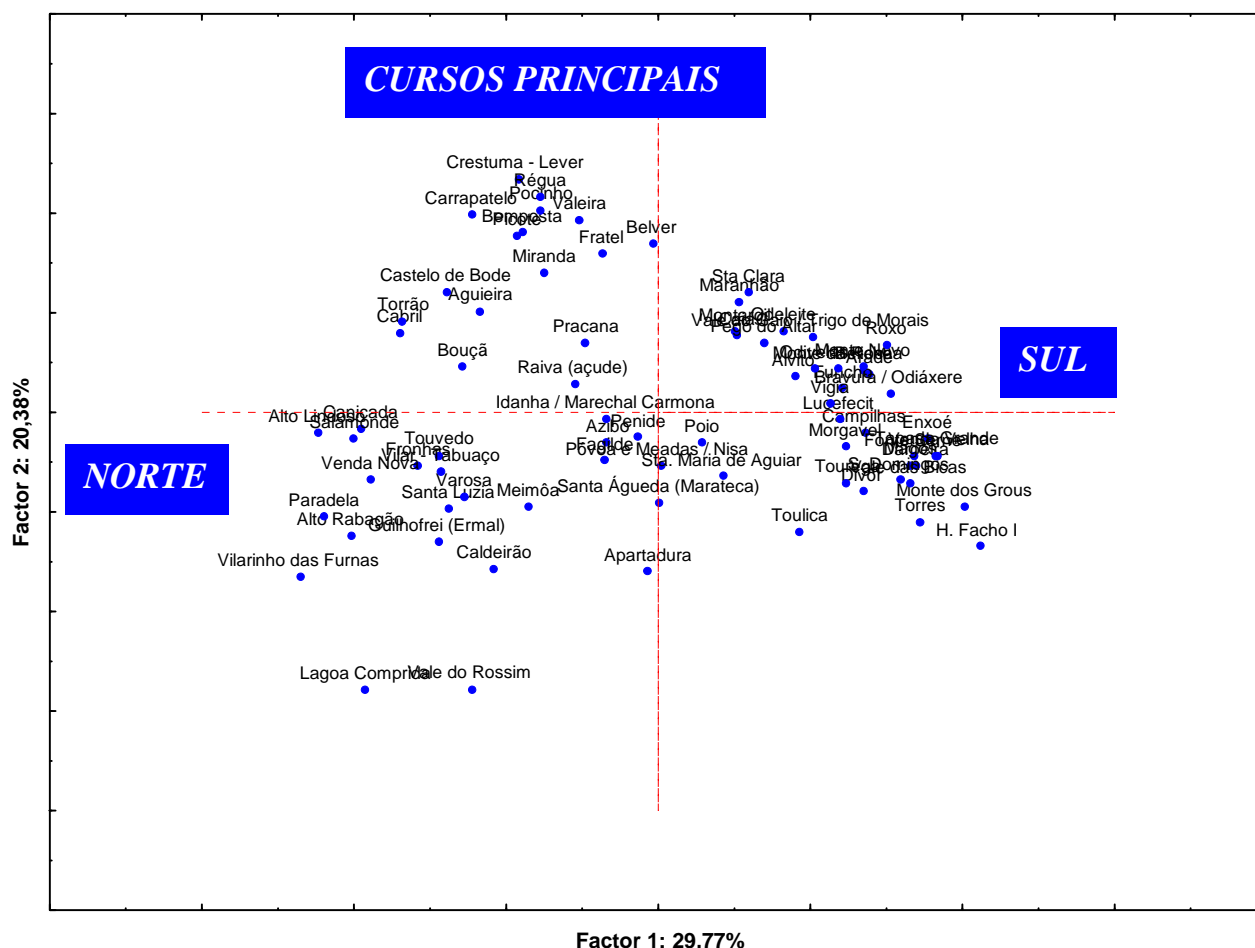


Figura 2.4. Localização das 77 albufeiras consideradas no plano formado pelas duas primeiras componentes.

A hierarquização separou as albufeiras em três grandes tipos, de acordo com os gradientes ecológicos majorantes antes verificados na PCA (Figura 2.5).

- O GRUPO A (10 albufeiras, ***CURSOS PRINCIPAIS***) corresponde aos cursos principais do Tejo e Douro (uma vez que Alqueva e Pedrógão não foram incluídas neste universo de albufeiras;

O GRUPO B (33 albufeiras, **NORTE**) agrega as massas de água mais frias (média anual),

instaladas em regiões mais pluviosas, elevadas ou declivosas;

- O GRUPO C (34 albufeiras, **SUL**) corresponde às massas de água mais quentes e instaladas em regiões secas. Neste grupo está incluída a albufeira de S. Domingos.

Tal como já evidenciado na ordenação, a primeira separação é forte e de carácter latitudinal, com 78% de distância Ward de dissimilaridade entre grupos (Grupo C vs. Grupos A e B); a divisão de segundo nível ocorre entre os Grupos A e B com 37% de distância Ward de dissimilaridade entre grupos. A Figura 2.5 e o Quadro 2.2 e sumarizam a tipologia encontrada.

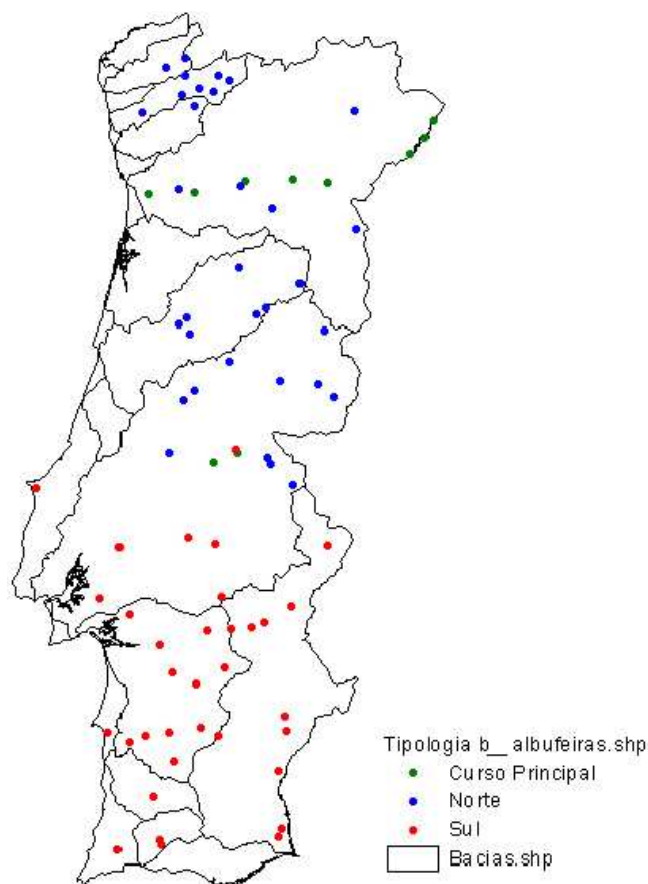


Figura 2.5. Tipos de albufeiras e sua localização. Grupo A – cursos principais; Grupo B- Norte; Grupo C- Sul. Cores representam os grupos obtidos na hierarquização aglomerativa multivariada.

Comparando com a tipologia anteriormente desenvolvida em Godinho *et al.* (1998), verifica-se que neste universo de albufeiras não existem as massas de água amostradas de pequena dimensão – nem quentes nem frias – que davam origem aos Grupos A e D,

correspondendo os actuais grupos C e B grosseiramente aos C e B da tipologia anterior (grandes, quentes ou frias) que, saliente-se, tinha uma base biológica uma vez que os agrupamentos baseavam-se nas comunidades piscícolas.

Quadro 2.2. Sumário do ensaio tipológico realizado, incluindo a hierarquia ecológica das classificações. A cinzento, tipos sub-representados na DQA ou no país

MATERIAL GEOLÓGICO	LOCALIZAÇÃO	DIMENSÃO		TIPOS ABIÓTICOS POTENCIAIS	TIPOS ABIÓTICOS IDENTIFICADOS
		ÁREA DA BACIA DE DRENAGEM	VOLUME DA ALBUFEIRA		
SILICIOSO	CURSOS PRINCIPAIS <i>Main stem</i>	MUITO GRANDE	VARIÁVEL	1	1
	NORTE <i>Coolwaters Storage</i>	VARIÁVEL	PEQUENO	2	2
			GRANDE	3	
	SUL <i>Warmwaters Storage</i>	VARIÁVEL	PEQUENO	4	3
			GRANDE	5	
CALCAREO				6	-

Os tipos de albufeiras obtidos são biologicamente robustos e preditivos? Para avaliar a robustez da tipologia e salientar albufeiras que, pelas suas características diferentes ou de transição, apresentassem um encaixe pior nos três tipos obtidos foi efectuada uma análise discriminante passo a passo ascendente. Este método estatístico desenvolve um modelo preditivo dos grupos formados através de funções discriminantes que utilizam as variáveis seleccionadas, e fornece uma avaliação do grau de coesão interna dos grupos formados, o que nos interessa em particular na situação presente. A análise foi realizada no *package* estatístico SPSS, v.11.5; previamente à análise foram retiradas as variáveis redundantes e testada a normalidade dos dados.

Na Figura 2.6 é apresentado a disposição das albufeiras em relação às duas primeiras raízes canónicas da análise discriminante. Do universo de variáveis fornecidas, o modelo discriminante seleccionou nove para a separação dos grupos: altitude, desenvolvimento da margem, distância à nascente, grau de mineralização, precipitação média, profundidade média, tamanho, temperatura média da bacia e variação de nível. Com base neste conjunto de variáveis foram obtidas as funções lineares discriminantes de Fisher (Quadro 2.3), que proporcionam o modelo para classificar futuras observações, determinando dessa forma os grupos onde deverão vir a ser incluídas.

A matriz de classificação da análise discriminante indica a percentagem de locais correctamente classificados, o que no presente caso foi de 98.7% (Quadro 2.3). Quando é efectuada a validação cruzada, ainda assim 97.4% das albufeiras estão bem classificadas (Quadro 2.4), o que atesta a robustez da classificação. Na validação cruzada, a albufeira da Pracana é considerada como Norte, situando-se na fronteira da entre os dois Grupos e a albufeira do Azibo é classificada como Sul, provavelmente devido às suas características térmicas e de pequena flutuação do nível da água. Estas duas albufeiras foram excluídas do conjunto de albufeiras seleccionadas para a amostragem dos elementos biológicos.

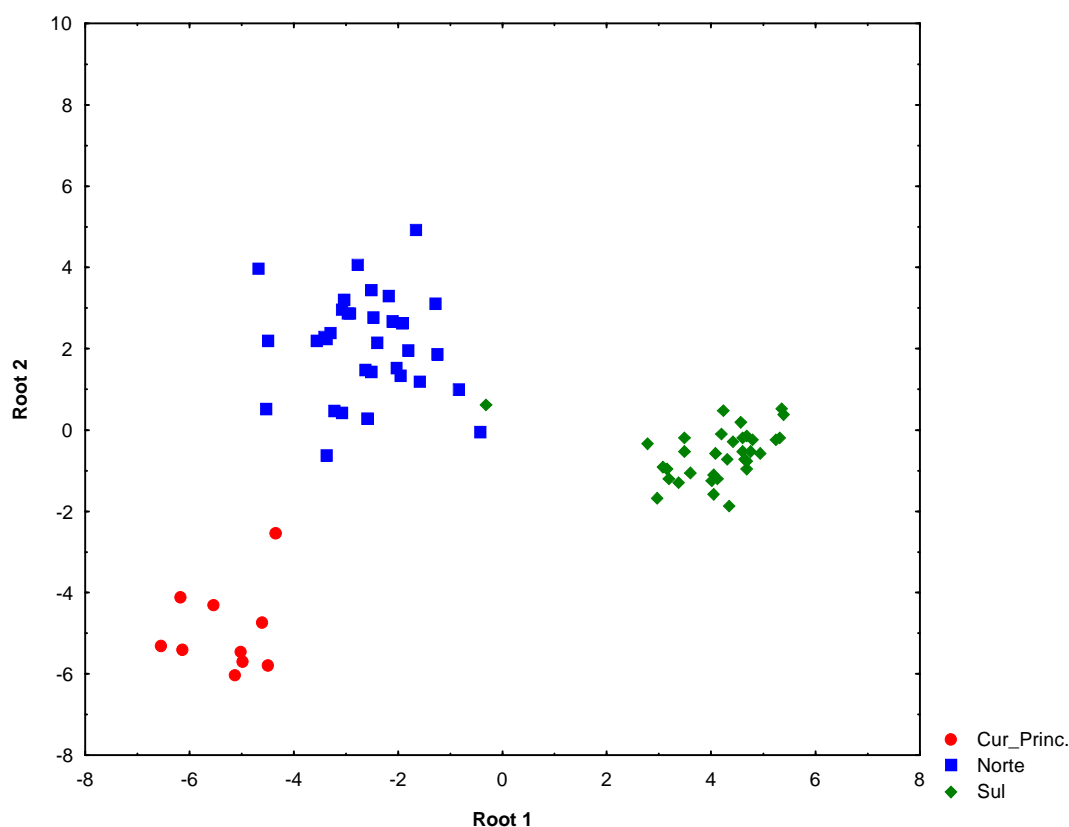


Figura 2.6. Disposição das albufeiras no plano formado pelas duas primeiras raízes canónicas da análise discriminante.

Quadro 2.3. Coeficientes discriminantes para as variáveis usadas no modelo (sendo GRUPO 1: cursos principais; GRUPO 2: norte; e GRUPO 3: sul)

Classification Function Coefficients

	GRUPO		
	1	2	3
Altitude	147,661	144,554	133,059
Tamanho	-12,526	-8,620	-2,615
Prof_media	-82,053	-94,871	-109,882
Desenvol_margem	-104,993	-91,052	-80,736
Grau_minerali	323,500	322,315	446,908
Dist_nascente	118,791	101,992	90,972
Temp_media_bacia	1535,978	1590,541	1647,441
Precip_med	541,434	567,098	561,471
Variação_nivel	27,036	40,870	52,631
(Constant)	-1783,441	-1824,848	-1886,382

Fisher's linear discriminant functions

Quadro 2.4. Validação e validação cruzada da análise discriminante (sendo GRUPO 1: cursos principais; GRUPO 2: norte; e GRUPO 3: sul).

Classification Results^{b,c}

		GRUPO	Predicted Group Membership			Total
			1	2	3	
Original	Count	1	10	0	0	10
		2	0	33	0	33
		3	0	1	33	34
	%	1	100,0	,0	,0	100,0
		2	,0	100,0	,0	100,0
		3	,0	2,9	97,1	100,0
Cross-validated ^a	Count	1	10	0	0	10
		2	0	32	1	33
		3	0	1	33	34
	%	1	100,0	,0	,0	100,0
		2	,0	97,0	3,0	100,0
		3	,0	2,9	97,1	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 98,7% of original grouped cases correctly classified.

c. 97,4% of cross-validated grouped cases correctly classified.

No Quadro 2.5 são apresentados os valores médios e o desvio padrão para as variáveis que estiveram na base da separação das albufeiras. É perceptível que as albufeiras de cursos principais se aproximam mais do tipo Norte, por exemplo, na temperatura e na profundidade média, mas divergem em outras variáveis, como a área da bacia de drenagem, desenvolvimento da margem e distância à foz.

Quadro 2.5. Média e desvio padrão das variáveis consideradas na tipologia B da DQA. A negrito as variáveis utilizadas pelas funções discriminantes. O grau de mineralização corresponde à classe de maior frequência de observação no grupo respectivo de albufeiras

Variável	CURSOS PRINCIPAIS		NORTE		SUL	
	Média	SD	Média	SD	Média	SD
Altitude (m)	189.4	198.4	438.3	362.9	119.7	68.7
Área da bacia de drenagem (ha)	6963530.8	2778597.9	69095.6	98762.8	31704.7	44768.5
Declive médio da bacia (%)	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Densidade de drenagem	0.002203	0.006403	0.026745	0.044839	0.000973	0.000394
Desenvolvimento de margem	7.7	1.3	5.1	3.3	5.7	3.0
Distancia à foz (m)	178102	100795	156153	90343	117258	71699.9
Distancia à nascente (m)	670.7	124.6	53.6	60.2	35.3	27.6
Dureza total média (mg/l)	128.6	22.6	32.1	30.3	104.3	47.6
Evapotranspiração real (mm)	510	114.4	629.5	111.9	473.5	49.6
Expansão	38.3	27.7	5.4	8.4	2.1	1.4
Geologia Dominante (% silicioso)	100	0	99.7	1.7	93.2	16.1
Número de afluentes principais	1.0	0.0	1.4	0.7	1.6	0.8
Número de ordem máximo	5.8	0.4	3.0	1.2	2.6	0.9
Precipitação média anual na bacia (mm)	759.9	135.2	1451.8	607.7	679.2	96.4
Profundidade máxima (m)	59.2	23.9	60.4	32.5	38.6	18.2
Profundidade média (m)	18.0	8.8	18.3	10.7	9.4	5.9
Tamanho (dam³)	85 961.0	42 016.2	137 425.4	242 166.7	64 831.4	95 501.6
Temperatura média do ar na albufeira (°C)	13.3	1.4	12.4	1.9	16	0.6
Temperatura média do ar na bacia (°C)	12.3	0.9	11.8	1.7	16.0	0.7
Varição de nível (m)	2.9	1.4	17.9	14.3	14.5	8.5
Grau de mineralização	Elevada mineralização		Baixa mineralização		Média mineralização	

As albufeiras portuguesas são massas de água altamente modificadas, implantadas numa rede hídrica que não tem originalmente lagos naturais. *A questão que se coloca é a de saber se os três tipos abióticos encontrados apresentam um significado biológico e ecológico*, ou seja, se as comunidades biológicas disponíveis regionalmente ou introduzidas que colonizaram estas massas de água, se estruturaram de tal forma que respondem de forma preditiva aos tipos abióticos existentes. Sem um indicador positivo da predição desta resposta, procurar os grupos biológicos

que distingam albufeiras não perturbadas das perturbadas, constituiria um exercício inconsequente.

Foi realizado um exercício prospectivo de análise de aderência biológica aos tipos abióticos, utilizando o elemento peixes, uma vez que é o único elemento com dados de inventário de espécies para um número significativo de albufeiras. A matriz piscícola foi estabelecida utilizando a) inventários da equipa do ISA no âmbito de outros projectos, b) elementos bibliográficos técnico-científicos, e c) registos das séries de concursos de pesca desportiva dos últimos 10 anos (fonte: DGRF, actual Autoridade Florestal Nacional). No total foram obtidos registos para 67 albufeiras (87% do universo em estudo), tendo sido identificadas 37 espécies, com um máximo em Crestuma-Lever de 14 *taxa* (média 4.8 espécies por albufeira).

Para o tratamento dos dados de presença/ausência relativo às espécies piscícolas, inicialmente foi efectuado um *screening* ecológico. Deste *screening*, resultaram as seguintes decisões:

- a) Estabelecimento de algumas eco-espécies (ou espécies funcionais):
 - conjunto das bogas grandes ou de boca recta, *Pseudochondrostoma* spp.
 - conjunto dos barbos, *Barbus* spp.
 - conjunto das espécies de pequenos ciprinídeos ibéricos (*Achondrostoma arcasii*, *A. oligolepis*, *Iberochondrostoma lusitanicum*, *Squalius alburnoides*, *S. caroliterttii*, *S. pyrenaicus*);
 - conjunto de predadores/omnívoros exóticos neo-introduzidos e/ou com presença esporádica (*Ameiurus melas*, *Esox lucius* e *Sander lucioerca*);
 - conjunto dos salmonídeos (*Onchorhynchus mykiss*, *Salmo trutta fario*, *Salmo salar* - este último *taxon* só foi referenciado para o Alto Lindoso, provavelmente retido aquando a realização da albufeira ou através de repovoamento; no entanto, o salmão foi mais recentemente observado no ascensor de Touvedo: Santos *et al.*, 2002);
 - Conjunto dos Clupeídeos (*Alosa alosa* e *A. fallax*).

b) Retirada de espécies com uma frequência pequena (ocorrência em menos de 3 albufeiras) e/ou eventualmente com amostragem pouco selectiva para redes, pesca eléctrica e iscos: *Australoheros facetus*; *Cobitis calderoni* e *C. paludica*; *Gasterosteus gymnuris*; *Salaria fluviatilis*; *Tinca tinca*.

c) Retirada de albufeiras com um número demasiado pequeno de *taxa* e/ou evidenciando insuficiência provável de informação face ao conhecimento oral da fauna aí existente: Beliche; Bravura; Herdade do Facho; Penide; Raiva.

Ao todo foram retidas para a análise 62 albufeiras e 15 espécies/eco-espécies. *De referir que este conjunto inclui albufeiras em diferentes estados de degradação, ou seja, reflecte não só gradientes ambientais mas também alterações das comunidades biológicas resultantes da má qualidade das albufeiras.*

Para visualizar a associação/distância entre locais de amostragem de acordo com as respectivas comunidades foi realizada uma análise de escalonamento multidimensional não paramétrica n-MDS, sendo que a separação espacial inter-grupos foi avaliada por comparação com a disposição espacial de grupos ao acaso, ou "stress". Valores de stress inferiores a 0,05 representam um ajustamento perfeito entre as distâncias reais e as distâncias nos eixos; valores de stress superiores a 0,20 são críticos, devendo ser usada alguma cautela na interpretação dos resultados, enquanto que valores superiores a 0,30 não são de todo interpretáveis. Com base na matriz de espécies/eco-espécies piscícolas para as 62 albufeiras foi efectuado uma agregação hierárquica aglomerativa. Para o efeito foi utilizada a medida de similaridade de Bray-Curtis e distância UPGMA. Para ambos os tratamentos, foi utilizado o programa PRIMER v5.2.9.

Na Figura 2.7 (em cima) são representadas no espaço dos dois primeiros eixos da n-MDS as espécies/eco-espécies consideradas. A n-MDS apresenta um stress baixo – 0.09 – indicativo de uma boa organização ecológica. A sobreposição dos grupos obtidos na classificação hierárquica das espécies resulta na separação: a) das albufeiras com presença de espécies migradoras diádromas, b) das albufeiras frias e/ou de cabeceira que ostentam trutas apenas ou em conjunto com pequenos ciprinídeos, c) as albufeiras ocupadas por bogas e barbos de maiores dimensões em associação com as espécies exóticas achigã e perca-sol, e d) um quarto grupo (albufeiras mais degradadas?), exclusivamente ocupado por espécies exóticas.

Na Figura 2.7 em baixo são representadas no espaço dos dois primeiros eixos da n-MDS as 62 albufeiras consideradas, sempre com base na distribuição piscícola. A sobreposição dos grupos obtidos na classificação hierárquica das albufeiras resulta na separação em cinco grupos, a) albufeiras frias e de altitude – Grupo 1 (presença de salmonídeos), b) cursos principais – Grupo

5 (presença de diádromas) e c) as restantes albufeiras nos dois grupos já detectados – Grupos 2 e 4.

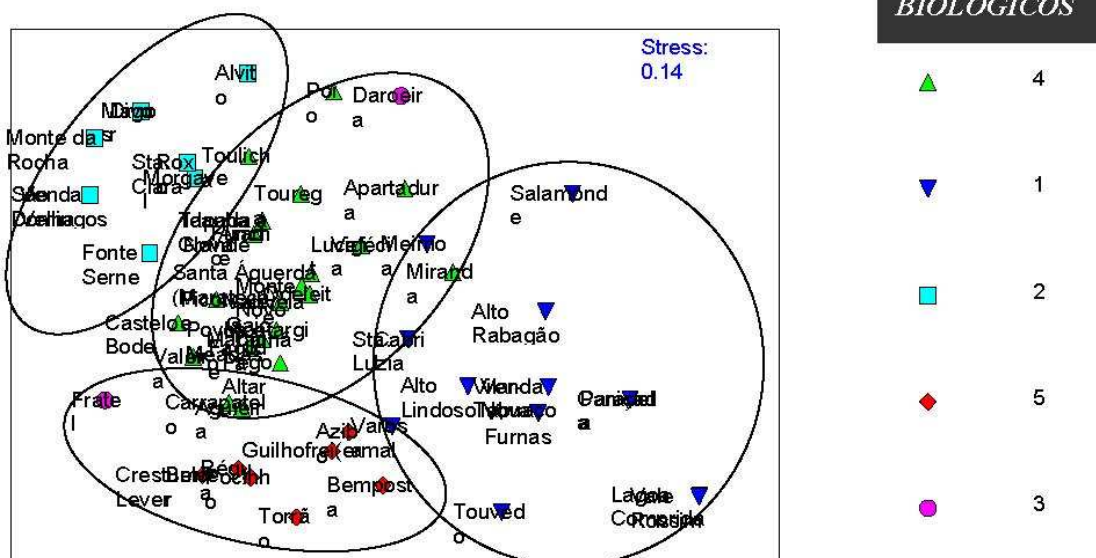
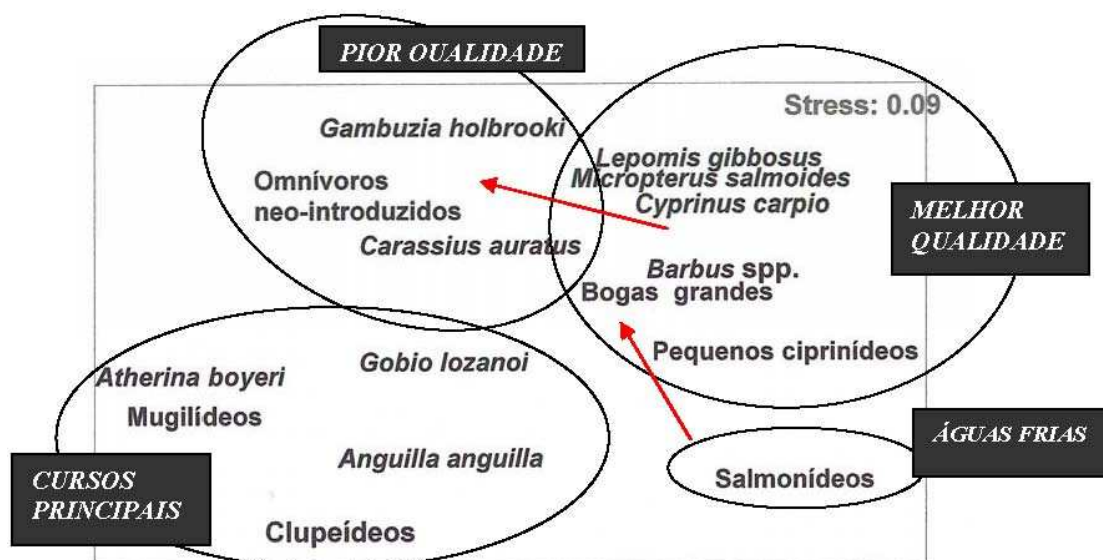


Figura 2.7. Escalonamento multidimensional não paramétrico das espécies piscícolas encontradas (presença/ausência e espécies/pseudoespécies) nas 62 albufeiras em estudo (em cima) justapostas pelos grupos biológicos obtidos por classificação hierárquica das espécies, e escalonamento multidimensional não paramétrico das albufeiras com base nas espécies piscícolas encontradas (em baixo) justapostas pelos grupos biológicos obtidos por classificação hierárquica das albufeiras. Setas encarnadas indicam as possíveis rotas de degradação.

Há a registar um pequeno Grupo de duas albufeiras, Daroeira e Fratel, ambas com peixe-rei *Atherina boyeri*. As setas a encarnado indicam possíveis rotas de degradação indicadas pelas mudanças de espécies. A coesão do Grupo Cursos Principais indicia a futura dificuldade de detectar uma variação sob o efeito da degradação, neste Grupo. *No geral, verifica-se que a composição piscícola confirma os três tipos abióticos desenvolvidos, separando-os claramente.*

Finalmente, a Figura 2.8 analisa a posição relativa das 62 albufeiras determinada pelas associações piscícolas (presença/ausência) piscícolas nas 62 albufeiras quando justaposta pelos grupos abióticos antes obtidos pelo sistema B. Confirma-se a intra-coesão do tipo Cursos Principais. As albufeiras Valeira, Picote, Miranda e Bemposta aproximam-se do Grupo Norte, uma vez que a intransponibilidade da maior parte das passagens para peixes inviabilizam a presença de espécies migradoras diádromas. Neste caso concreto, prevê-se que o bom estado ecológico se irá referir à presença dos migradores históricos e não à proximidade com as albufeiras do grupo Norte.

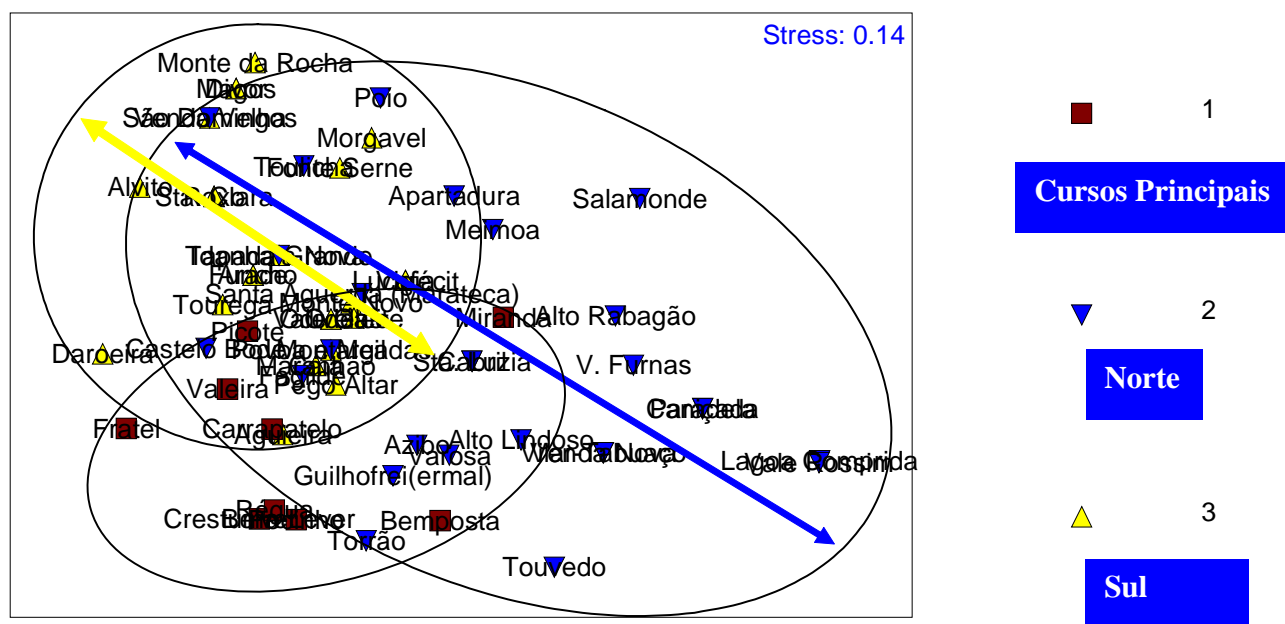


Figura 2.8. Localização das albufeiras no espaço n-MDS com base nas associações piscícolas justaposta pelos tipos abióticos desenvolvidos no sistema B. Setas amarela e azul, gradientes presumíveis de sucessão de espécies dentro dos tipos Norte e Sul

Pode ser observado que a) parte das associações piscícolas do Grupo Norte sobrepõem-se às do Grupo Sul, ou seja, estamos na presença de um gradiente e não de uma clivagem latitudinal, b) existe um gradiente piscícola dentro de cada grupo abiótico, possivelmente associado à degradação (mais marcado no Norte, potenciando predictabilidade da resposta à degradação), e c) o gradiente das albufeiras dos cursos principais é o mais pequeno e a sua expressão separada da dos outros dois grupos.

2.4. Conclusões

1. Criar uma tipologia abiótica para albufeiras, mas com significado ecológico, numa região sem lagos naturais, constituiu o exercício deste capítulo, tendo-se recorrido ao conhecimento anterior do funcionamento ecológico destes ecossistemas e a dados exteriores aos recolhidos no presente protocolo;
2. A aplicação do sistema A da DQA ao universo das 77 albufeiras produziu uma tipologia dispersa e sem evidenciar os gradientes ecológicos existentes, tendo sido descartada;
3. A aplicação do sistema B envolveu 23 variáveis obrigatórias, facultativas e específicas, e resultou na existência de três tipos (Norte, Sul e Cursos Principais), robustos tendo em conta as funções descritivas aplicadas para avaliar a classificação;
4. A coerência da tipologia abiótica obtida pela aplicação do sistema B foi testada e comprovada para o elemento biológico peixes, usando a presença/ausência deste elemento em 67 albufeiras, e passará a ser utilizada nos capítulos seguintes.

2.5. Bibliografia citada

Ferreira, M.T. & F.N. Godinho (2002). Comunidades biológicas de albufeiras. Em I. Moreira, M.T. Ferreira, R. Cortes, P. Pinto & P.R. Almeida (eds.) *Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação*. Instituto da Água. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa, pp. 10.1-10.25

- Ferreira, M.T., A. Albuquerque & F.N. Godinho (2004). Associações piscícolas das albufeiras da bacia hidrográfica do Tejo e estrutura etária e crescimentos das suas populações. *Recursos Hídricos*, 25(1): 19-30
- Granado-Lorencio, C. (1991) Fish communities of Spanish reservoir systems: a non-deterministic approach. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 24:2428-2431.
- Godinho, F. N., M. T. Ferreira & M. I. P. Castro (1998). Fish assemblage composition in relation to environmental gradients in Portuguese reservoirs. *Aquatic Living Resources*, 11 (5): 325-334
- Santos, J.M., M.T. Ferreira, F.N. Godinho & J. Bochechas. 2002. Performance of a fish lift recently built at the Touvedo Dam on the Lima River, Portugal. *Journal of Applied Ichthyology*, 18:118-123
- Thornton, K.W., Kimmel, B.L. e Paine, F.E. (1990) *Reservoir Limnology. Ecological Perspectives*. Wiley-Interscience. New-York.



CAPÍTULO III – PRINCÍPIOS NORTEADORES DO BOM POTENCIAL ECOLÓGICO E PRÉ-CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE

**Maria Teresa Ferreira, Paulo Pinheiro,
Rui Rivaes & Rui Victor Cortes**

3.1. Introdução

A gestão dos recursos hídricos deve tratar de forma integrada os sistemas aquáticos, no âmbito das respectivas bacias hidrográficas, procurando desenvolver o seu aproveitamento, protecção e, caso necessário, recuperação. De facto, os problemas ambientais não podem ser dissociados dos assuntos relativos ao bem-estar das populações e ao desenvolvimento económico em geral, devendo ser apresentadas formas de desenvolvimento humano (frequentemente alternativas) que promovam o uso sustentável dos recursos naturais (Figura 3.1). Estes objectivos de uso são particularmente candentes nos ecossistemas albufeira porque, *enquanto num ecossistema natural os usos humanos são tendencialmente colaterais e potencialmente evitáveis, neste caso os usos humanos são a razão da própria existência da massa de água e em consequência não é possível evitá-los*. A gestão de albufeiras portuguesas refere-se assim à mitigação, promoção e requalificação ambientais, mas não à recuperação *senso stricto*, para a qual teria de haver um referencial “pristino”.

Os objectivos ambientais da DQA obrigam os Estados Membros a aplicar as medidas necessárias para evitar a deterioração do estado de todas as massas de água de superfície e ainda a proteger, melhorar e recuperar todos estes ecossistemas de modo a alcançar um bom estado ecológico e químico, ou seja, uma composição, estrutura e funcionamento semelhantes aos dos ecossistemas originais. As massas de água fortemente modificadas como as albufeiras são criadas pelo Homem com vista a um dado uso, admitindo-se a sua irreversibilidade em termos gerais, pelo que a DQA “inventou” o conceito de bom potencial ecológico e químico, referido às massas

de água naturais ecologicamente mais próximas de albufeiras, consideradas a nível europeu como lagos.

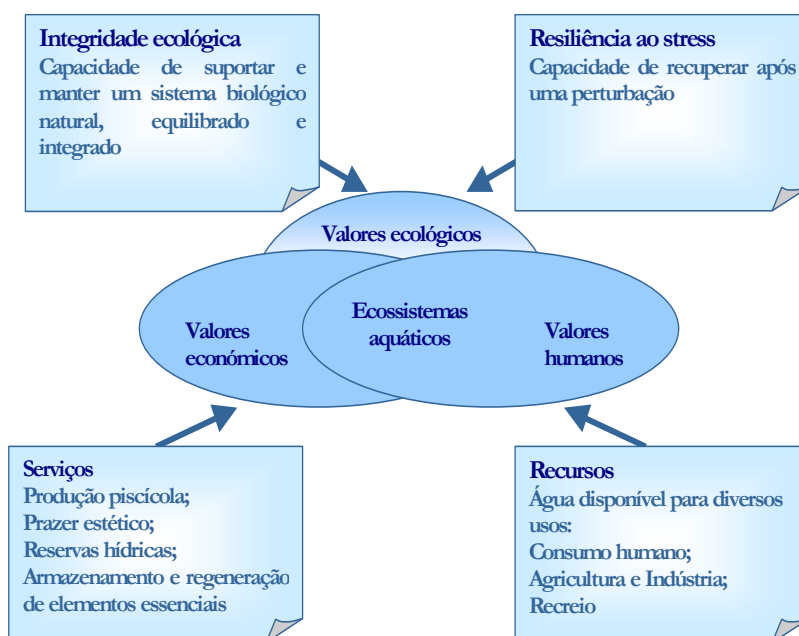


Figura 3.1. Representação esquemática do conceito de ecossistemas aquáticos “saudáveis”, segundo uma perspectiva global da definição de integridade ecológica.

Porém, tal configura uma dificuldade: na Europa mediterrânea, as albufeiras não são comparáveis a lagos (porque estes são raros), na realidade aproximam-se mais de ecossistemas fluviais com um tempo de retenção aumentado. *Portanto, deve o potencial ecológico ser referido a lagos, a rios ou a um arquétipo próprio a desenvolver para estas massas de água?* Esta questão é extensiva aos elementos biológicos colonizadores, uma vez que não existem lagos fornecedores de organismos colonos, e os que habitam as albufeiras são em grande parte exóticos, ou seja provenientes de outras regiões do globo, e de origem lacustre.

As albufeiras são massas de água lânticas permanentes e artificiais (ou fortemente modificadas, *senso* DQA), cuja construção se relaciona com objectivos antropogénicos: abastecimento, rega, hidroenergia, lazer ou outros. As suas comunidades biológicas estão muito dependentes das variações hídricas (volume e nível da água, e seus padrões de variabilidade) e das actividades humanas na albufeira e na respectiva bacia de drenagem. Muitas actividades

humanas em curso nas albufeiras e nas suas bacias de drenagem resultam na degradação da qualidade da água e dos habitats, nomeadamente no que respeita à poluição nutritiva (eutrofização) e desequilíbrios das populações biológicas e das cadeias alimentares.

Como a variabilidade do uso da água da albufeira é grande e permanente, a questão que se coloca é a de *saber se estas comunidades apresentam variações erráticas e não determinísticas, ou se pelo contrário respondem a gradientes ambientais (temperatura, turvação, nutrientes, substrato, etc) e o fazem de uma forma preditiva, capaz de ser usada na avaliação da qualidade ecológica*. Alguns autores questionam o determinismo da variação das comunidades biológicas nas albufeiras (Granado-Lorencio, 1992). Vimos no capítulo anterior que as comunidades piscícolas respondem a tipos latitudinais e de hierarquia fluvial, mas responderão também à degradação dos ecossistemas?

3.2. Princípios norteadores do bom potencial ecológico

As albufeiras portuguesas, pela essência da sua génese, não podem ser reportadas a lagos naturais, que não existem em Portugal, com as implicações de restauro que tal significaria. As albufeiras portuguesas, pela essência do seu uso, tão pouco podem ser reportadas a sistemas fluviais, para o qual no limite isso implicaria a sua destruição. Assim, o potencial ecológico máximo de massas de água fortemente modificadas constitui um conceito totalmente inovador e de aplicação inédita.

Iremos então *definir o bom potencial ecológico de albufeiras portuguesas como o estado em que as comunidades biológicas apresentam uma estrutura ecológica sem desequilíbrios populacionais ou outros, em harmonia com o ambiente físico e químico que as suporta, com uma exploração adequada e interactiva dos vários habitats aquáticos e garantindo a existência de processos e funções ecológicos meta-estáveis*.

Para garantia ou recuperação do bom potencial ecológico, propõem-se **cinco princípios norteadores do funcionamento ecológico das albufeiras portuguesas**, cinco linhas de raciocínio estabelecendo condições ecológicas consideradas como essenciais para garantir a qualidade ecológica. Estes princípios permitem orientar a procura das respostas biológicas à pressão e também identificar as formas de gerir as albufeiras portuguesas de forma ecologicamente correcta.

Princípio 1. *Apesar das flutuações de nível da água necessariamente sentidas pelas albufeiras devido ao seu uso, as zonas litorais e de margem têm que ser suficientemente estruturadas e complexas para garantir habitats de alimento, abrigo e postura.*

As margens de muitas albufeiras são biologicamente inóspitas devido às flutuações do nível da água. Margens mais estruturadas, com maior linha de desenvolvimento ou menores flutuações de nível, pelo menos em dados períodos do ano, permitem a existência de vegetação, de biofilmes perifíticos e de invertebrados bentônicos, que são fontes alimentares importantes para os peixes. Margens mais estruturadas promovem também a reciclagem de materiais orgânicos e garantem alguma complexidade das cadeias alimentares nas albufeiras. A melhoria da qualidade ecológica deve incluir a manutenção ou promoção de uma boa estrutura de margem, pelo menos em partes da albufeira.

Princípio 2. *As albufeiras devem manter uma ligação funcional com as massas de água a montante, através da continuidade hídrica e conectividade entre os braços, as zonas laterais e os afluentes, para garantia dos ciclos de vida das espécies nativas, designadamente as que apresentam um “home range” médio, envolvendo a albufeira e os seus afluentes.*

As espécies piscícolas nativas do sistema fluvial original não encontram em geral nas albufeiras os locais necessários à desova e crescimento das larvas e juvenis. Assim, a maior parte das espécies nativas utiliza a albufeira enquanto adultos para se alimentarem, saindo para desovar nos afluentes. Por outro lado, os braços da albufeira e zonas laterais funcionam como habitats de abrigo e crescimento. O bom potencial ecológico deve garantir populações equilibradas e estáveis das espécies nativas, para o qual é necessário gerir os próprios afluentes em conjunto com a albufeira.

Princípio 3. *As albufeiras devem garantir a conectividade longitudinal do sistema lótico e da respectiva bacia hidrográfica a jusante, designadamente permitindo que as espécies migradoras de “home range” longo percorram o sistema fluvial, se existirem naturalmente no troço a jusante.*

As albufeiras não devem comprometer a livre circulação de materiais e espécies, ao longo do segmento fluvial a que estão associadas. As espécies migradoras diádromas, ou seja, as que

mudam de meio aquático ao longo do seu ciclo de vida estão em declínio acelerado. As albufeiras devem garantir a capacidade destas espécies percorrerem o sistema fluvial, mesmo que só parte das suas populações. Um regime de caudais adequado a jusante e a transponibilidade da barragem são as acções mínimas de garantia da manutenção dos ciclos de vida e funções ecológicas fluviais.

Princípio 4. *Apesar das albufeiras apresentarem uma tendência própria para níveis de nutrientes e de sólidos suspensos superiores aos de massas de água lênticas naturais, devem ser mantidas condições razoáveis de transparência e de não agressividade química e bioquímica do ecossistema (e.g., desoxigenações, teores elevados de amónia, pH baixo, toxicidade cianobacteriana, etc.).*

A grande razão bacía de drenagem/albufeira resulta tipicamente numa entrada muito grande de nutrientes, partículas arrastadas e matéria orgânica, pelo que muitas albufeiras têm tendência a enveredar por um processo acelerado eutrofizacional, com alterações profundas na produtividade primária e na quantidade relativa dos tipos de produtores primários. É necessário retardar este processo de eutrofização, bem como agir nos casos em que ele se encontra avançado, pois um meio eutrofizado não é apenas difícil de gerir em termos de usos públicos, constitui também uma situação de grande inopacidade para as populações biológicas e funcionamento do ecossistema.

Princípio 5. *Apesar de ecossistemas artificiais e intensamente afectados pelo Homem, as albufeiras devem satisfazer requisitos mínimos de manutenção da biodiversidade original do sistema fluvial em que se inserem, compatíveis com as condições ambientais que oferecem.*

Como sistemas não nativos da Península Ibérica, as albufeiras tendem a ser povoadas por espécies exóticas associadas a meios lacustres. No entanto, não podemos esquecer que o sistema fluvial original foi profundamente alterado, para garantir usos humanos. Por isso, o sistema resultante deve garantir a manutenção de uma diversidade nativa mínima, mesmo que seja conseguida à custa de intervenção activa e permanente no ecossistema, incluindo a protecção das espécies nativas e repovoamentos ecológicos.

Cada um destes princípios está associado a características biológicas e ecológicas, por exemplo, a eutrofização reflecte-se no aumento da clorofila a, a inopacidade da zona litoral na densidade baixa de macroinvertebrados e a perda de conectividade na diminuição de barbos e

bogas nativos, sendo que características associadas a um dado princípio podem também indicar variações no âmbito de outro. Da mesma forma que num sistema fluvial, espera-se que a recuperação da qualidade ecológica possa ser reflectida nas suas características biológicas e ecológicas.

3.3. Pré-classificação da qualidade

De acordo com a DQA, o bom potencial ecológico das albufeiras é medido pelas alterações verificadas nos elementos biológicos, físico-químicos e hidrométricos, quando comparados entre albufeiras de muito bom e bom potencial e outras albufeiras com diferentes níveis de degradação. *É necessário classificar previamente as albufeiras em função do nível de pressão humana e de uso do hidrossistema*, para cada tipo de albufeira, através de parâmetros de causa e não de efeito (como exemplo, pela carga de nutrientes entrada na coluna de água e não pela biomassa clorofilina que gera). Este exercício de pré-classificação apresenta três pressupostos, não necessariamente verdadeiros (explorados nos capítulos IV a X), mas que serão aceites por agora:

a) Que as várias comunidades biológicas apresentam composição, organização e variações próprias em cada tipo abiótico pré-definido de albufeiras;

b) Que é possível colocar num nível ou gradiente de pressão humana estes ecossistemas criados para uso humano (e portanto, que têm sempre uso humano), variando apenas na forma deste uso;

c) Que este gradiente de pressão tem significado ecológico, ou seja, que existe de facto uma relação causa-efeito detectável entre o nível de pressões inventariadas e as comunidades biológicas e outros indicadores, e portanto, que é possível compará-las.

A pré-classificação será também utilizada para orientar a escolha das massas de água a amostrar uma vez que o nível de qualidade de uma massa de água é primeiro caracterizado por parâmetros abióticos (ou seja, de forma independente dos parâmetros biológicos). Para cada tipo de albufeiras, são seleccionadas neste capítulo as massas de água a amostrar das quais algumas consideradas de boa qualidade e que servirão de referencial ecológico.

Que pressões humanas podem caracterizar massas de água fortemente modificadas com as albufeiras? Foram consideradas as seguintes pressões:

- i) O uso do solo na bacia de drenagem e junto à albufeira, concretamente a percentagem da bacia ocupada por agricultura intensiva, agricultura extensiva e urbanização; esta pressão incorpora uma série de efeitos indirectos, entre os quais as fontes difusas de nutrientes e as alterações biofísicas da bacia, conducentes por exemplo a escoamentos líquidos e sólidos não naturais; de notar que, por falta de informação, apenas foi considerada a parte portuguesa das bacias de drenagem de albufeiras com território em Espanha;
- ii) a pressão causada por substâncias biodegradáveis e nutrientes relacionada com fontes tóxicas e avaliada pela densidade destas na bacia de drenagem ou junto à albufeira, nomeadamente efluentes urbanos, agro-indústrias, lagares e matadouros; utilizou-se ainda a carga de CBO5 urbano e CBO5 industrial calculadas para o Plano Nacional da Água fornecidos pelo INAG;
- iii) A poluição através de substâncias não biodegradáveis, como alguns químicos e metais pesados; foi utilizado como indicador a densidade de fontes tóxicas não biodegradáveis na bacia de drenagem, sobretudo unidades industriais mas também garagens e outras; para complementar este indicador, foram considerados o número e localização de extracções mineiras, mesmo abandonadas, uma vez que o escoamento de materiais arrastados pelas chuvas é igualmente significativo nestes casos; refira-se que não se possuía informação sobre a quantidade de poluentes efectivamente introduzidos no meio aquático por estas fontes, nem sobre um eventual tratamento de águas residuais que possa existir;
- iv) A pressão urbanística e de lazer nas margens e na água, incluindo praias, ancoradouros, pontões, zonas de pesca, desportos náuticos e acessos de barcos; para esta variável utilizaram-se os mapas cartográficos onde estão localizadas acessos, estradas e povoações e a informação sobre a área urbanizada à volta da albufeira; recorreu-se também à legislação que determina a utilização das albufeiras;
- v) as variações de nível da água determinadas pelo uso, utilizando-se a variação média do nível da água, uma vez que não havia outros dados disponíveis (pese embora a importância de variáveis como o tempo de retenção);
- vi) A existência e intensidade da pesca desportiva (com base no número médio de peixes pescados por ano em concursos de pesca: Ferreira e Ferreira, 1999; Ferreira e Lopes, 2000; Ferreira e Carneiro, 2001) e número total de indivíduos repovoados desde 1975: Lourenço,

2004); com efeito, o manejo de populações piscícolas – introdução ou extracção - pode alterar substancialmente a estrutura e indicadores comunitários das comunidades biológicas a amostrar, directamente os peixes e indirectamente o plâncton e os invertebrados; no caso de valores ponderativos diferentes para os dois casos, tomou-se o indicativo de maior perturbação.

Estes indicadores foram classificados cada um em 5 valores de classe, desde 1 - albufeira pouco influenciada ou alterada pelo factor, a 5 - influência ou alteração máxima da massa de água (Quadro 3.1). Os valores classe foram somados para dar a **pressão global**. Todas as 77 albufeiras foram caracterizadas deste modo. Um dos pontos fracos deste tipo de pré-classificações é a sua dependência da qualidade da informação, que nem sempre é elevada; outro é o de considerar todos os descritores com igual peso, quando na verdade, alguns podem ter magnitudes de efeitos mais importantes, como é o caso dos eutrofizacionais. Por exemplo, introduzir espécies para repovoamentos apresenta um efeito de pressão de magnitude semelhante a introduzir uma carga elevada de fósforo? Provavelmente não.

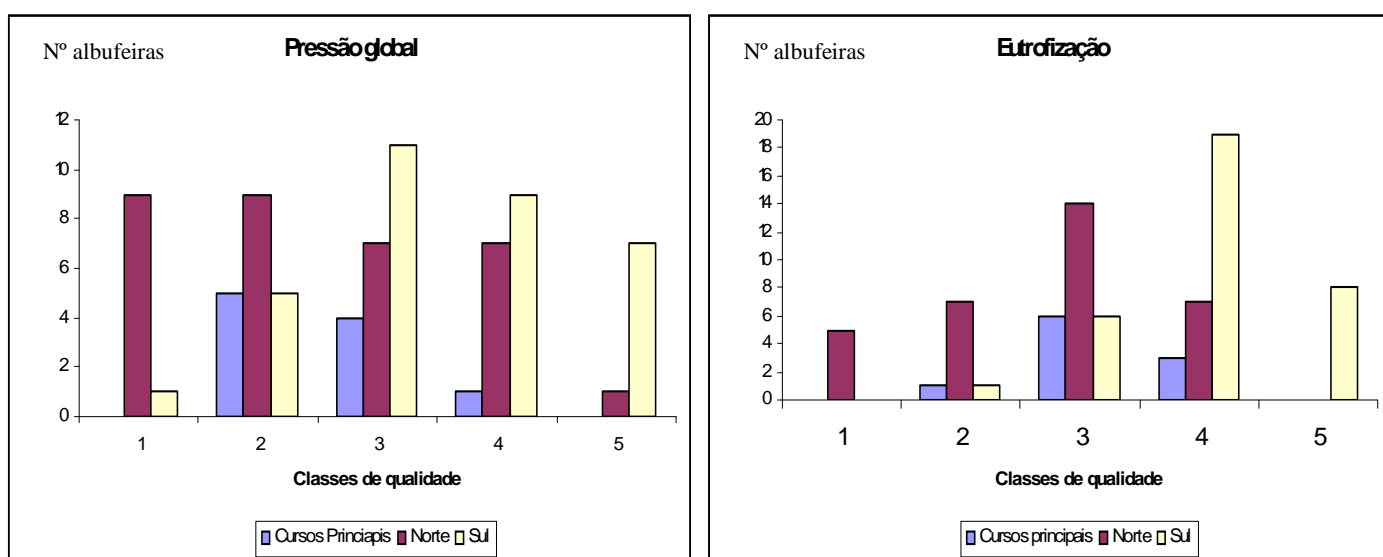


Figura 3.2. Proporção de albufeiras dos três grupos nas 5 classes de qualidade, considerando a pressão global e a majorante das variáveis relacionadas com a eutrofização.

Quadro 3.1. Variáveis utilizadas na pré-classificação da qualidade ecológica das 77 albufeiras consideradas

Tipo de perturbação	Definição geral	Classe	Definição de pormenor
Variações hidrométricas	Grandeza e rapidez das variações de nível e volume para cada tipo de albufeira tendo em conta a maior variação de nível registada	5	>70 % da variação máxima registada
		4	50-70 % da variação máxima registada
		3	30-50 % da variação máxima registada
		2	15-30 % da variação máxima registada
		1	<15 % da variação máxima registada
Uso do solo na bacia	Áreas agrícolas, silvícolas e urbanas na bacia de drenagem	5	<20 % da área da bacia ocupada por natural e semi-natural
		4	40-20 % da área da bacia ocupada por natural e semi-natural
		3	60-40 % da área da bacia ocupada por natural e semi-natural
		2	70-60 % da área da bacia ocupada por natural e semi-natural
		1	>70 % da área da bacia ocupada por natural e semi-natural
Ocupação e uso das margens, lazer	Actividades humanas nas margens incluindo urbanização, natação, lazer e desportos náuticos	5	Grande extensão da margem da albufeira ocupada por áreas artificiais e restante parte por áreas agricultadas
		4	Muitas áreas artificiais de pequena dimensão ou várias áreas artificiais de intermédia dimensão nas margens da albufeira e restante área agricultada
		3	Algumas áreas artificiais de pequena dimensão das margens da albufeira e algumas áreas agricultadas
		2	Muito poucas e pequenas áreas artificiais nas margens da albufeira e muito pouca área agricultada ou nenhuma área artificial. Grande parte das margens ocupada por natural e semi-natural
		1	Apenas áreas naturais e semi-naturais nas margens da albufeira
Contaminação orgânica e enriquecimento em nutrientes	Descargas pontuais de poluentes orgânicos e nutrientes na bacia de drenagem e albufeira	5	>5 fontes poluentes por 1000 ha
		4	2-5 fontes poluentes por 1000 ha
		3	0,5-2 fontes poluentes por 1000 ha
		2	0,1-0,5 fontes poluentes por 1000 ha
		1	<0,1 fontes poluentes por 1000 ha
Acidificação e toxicidade	Descargas episódicas ou continuadas de poluentes inorgânicos na bacia de drenagem e albufeira	5	>5 fontes poluentes por 1000 ha
		4	2-5 fontes poluentes por 1000 ha
		3	0,5-2 fontes poluentes por 1000 ha
		2	0,1-0,5 fontes poluentes por 1000 ha
		1	<0,1 fontes poluentes por 1000 ha
Pesca e repovoamentos	Maneio das populações biológicas incluindo extracção ou introdução	5	>500 000 indivíduos repovoados em 25 anos
		5	>50 000 indivíduos capturados em média por ano em concursos de pesca
		4	100 000-500 000 indivíduos repovoados em 25 anos
		4	20 000 a 50 000 indivíduos capturados em média por ano em concursos de pesca
		3	10 000-100 000 indivíduos repovoados em 25 anos
		3	5 000 a 20 000 indivíduos capturados em média por ano em concursos de pesca
		2	1 000- 10 000 indivíduos repovoados em 25 anos
		2	500 a 5 000 indivíduos capturados em média por ano em concursos de pesca
		1	<1000 indivíduos repovoados em 25 anos
		1	<500 indivíduos capturados em média por ano em concursos de pesca

A Figura 3.2 ilustra a proporção de albufeiras nas várias classes de qualidade de acordo com este método, usando a pressão global e uma variável majorante de eutrofização. Para tal, foi considerado o valor majorado (ou seja, o maior de todos os valores) dos ponderativos de três variáveis classificadas como indicadoras deste tipo de agressão: o uso agrícola da bacia de drenagem, as fontes tóxicas biodegradáveis e o uso humano das margens e água da albufeira.

As albufeiras dos cursos principais encontram-se apenas nas classes intermédias de qualidade, as do grupo Norte apresentam tendencialmente boa qualidade e as do grupo Sul má qualidade, tanto para a pressão global como para a poluição nutritiva. Este resultado está de acordo com os obtidos na análise das comunidades piscícolas realizada no Capítulo anterior. De facto, nos cursos principais será difícil distinguir variações de qualidade nos elementos biológicos, primeiro porque a composição é muito semelhante e depois porque devido às suas características, a variação intra-grupo da pressão humana e da qualidade são pequenas. Nas albufeiras do Norte, o gradiente ambiental é mais longo do que nas do Sul, e tendencialmente têm melhor qualidade.

As albufeiras do Norte são de génese oligotrófica, associadas a vales profundos, com margens pouco estruturadas e pouco favoráveis a muitas das actividades humanas, mais frias e com uma razão epilimnion/hipolimnion pequena, logo com maior resistência à eutrofização. As albufeiras Sul são de génese mesotrófica, instaladas em vales largos e agricultados, com margens menos declivosas e mais favoráveis a actividades antrópicas, mais quentes e com uma razão epilimnion/hipolimnion maior e menor resistência à eutrofização. Assinale-se que o processo eutrofizacional é também função do tempo, e a partir de certa idade da albufeira, iniciar-se-á a regeneração interna do fósforo. Por exemplo, duas albufeiras quentes recebendo a mesma carga nutritiva podem encontrar-se em estados tróficos diferentes se apresentarem idades muito distintas; estes resultados estão igualmente de acordo com os piscícolas, de facto, as comunidades más das albufeiras Norte assemelham-se provavelmente muito às comunidades boas das albufeiras do grupo Sul e o gradiente piscícola deste tipo é mais longo do que o do Norte, pelo que a distinção da qualidade ecológica será mais difícil.

Tendo em conta as limitações da pré-classificação descritas, tentou-se melhorar e quantificar a qualidade desta, dada a sua importância na identificação das albufeiras de bom potencial ecológico e logo, na definição das condições de referência para os elementos

biológicos. De facto, *avaliar a resposta das características biológicas à degradação da qualidade implica um grau de confiança razoável nos indicadores desta, sem o que o processo fica comprometido à partida.*

Para testar a resposta ecológica aos indicadores de pressão, foi utilizado um universo de dados a) gentilmente cedidos pela empresa Labelec-Estudos, Desenvolvimento e Actividades Laboratoriais S.A. (média dos últimos 5 anos disponíveis, não ultrapassando 1995); e b) provenientes da Rede Nacional de Qualidade da Água (RQA) e extraídos do Serviço Nacional de Informação de Recusos Hídricos - SNIRH, <http://snirh.pt> (só albufeiras com amostras de superfície e fundo, não contempladas no universo LABELEC, média dos últimos 5 anos disponíveis, não ultrapassando 1995).

O seguinte universo de dados tinham de estar disponíveis para dada albufeira ser eleita: 1- *Oxigénio dissolvido hipolimnético* na colheita de fundo, para a amostragem de Verão ou média dos meses de Julho, Agosto e Setembro; 2- *Diferença entre o oxigénio hipolimnético na colheita de fundo, no mês de início da estratificação e no mês de verão* (tendencialmente entre Abril e Agosto); 3- *% Saturação de oxigénio na colheita de superfície* no mês de Agosto ou média dos meses de Julho, Agosto e Setembro; 4- *Transparência* da água (disco de Secchi); 5- *Clorofila a*; 6- *Fósforo total* (expresso em PO₄ mg/l).

Finalmente foram quantificados para as albufeiras eleitas anteriormente os seguintes elementos de pressão: 1- Alterações hidrométricas - média percentual da variação do nível da água, referido ao máximo valor registado; 2- Repovoamentos (nº. indivíduos repovoados); 3- Lazer e urbanização à volta da albufeira (valor de classe, cardinal); 4- Fontes difusas na bacia de drenagem (área de agricultura intensiva na bacia); 5- Fontes difusas proximais (área de agricultura intensiva num *buffer* de 500 m à volta da albufeira); 6- Rede viária à volta da albufeira (km/km²); 7- Fontes tóxicas na bacia de drenagem (nº/1000ha); 8- Fontes tóxicas proximais num *buffer* de 500 m à volta da albufeira (nº/1000ha); 9- Fontes tóxicas biodegradáveis na bacia de drenagem (nº/1000ha); 10- Fontes tóxicas biodegradáveis num *buffer* de 500 m à volta da albufeira (nº/1000ha);

Ao todo foi possível encontrar dados para 32 albufeiras (6 RQA e 26 LABELEC), das quais 6 Sul, 16 Norte e 10 Cursos Principais. Em primeiro lugar, analisou-se a relação entre as seis variáveis de resposta consideradas, e que apresentam correlações significativas e esperadas: entre o oxigénio hipolimnético estival e a diferença de oxigénio entre a Primavera e o Verão (ΔO_2);

entre o oxigénio hipolimnético estival e a clorofila a; entre a transparência e a clorofila a e o fósforo total e entre este último e a clorofila a (Figura 3.3).

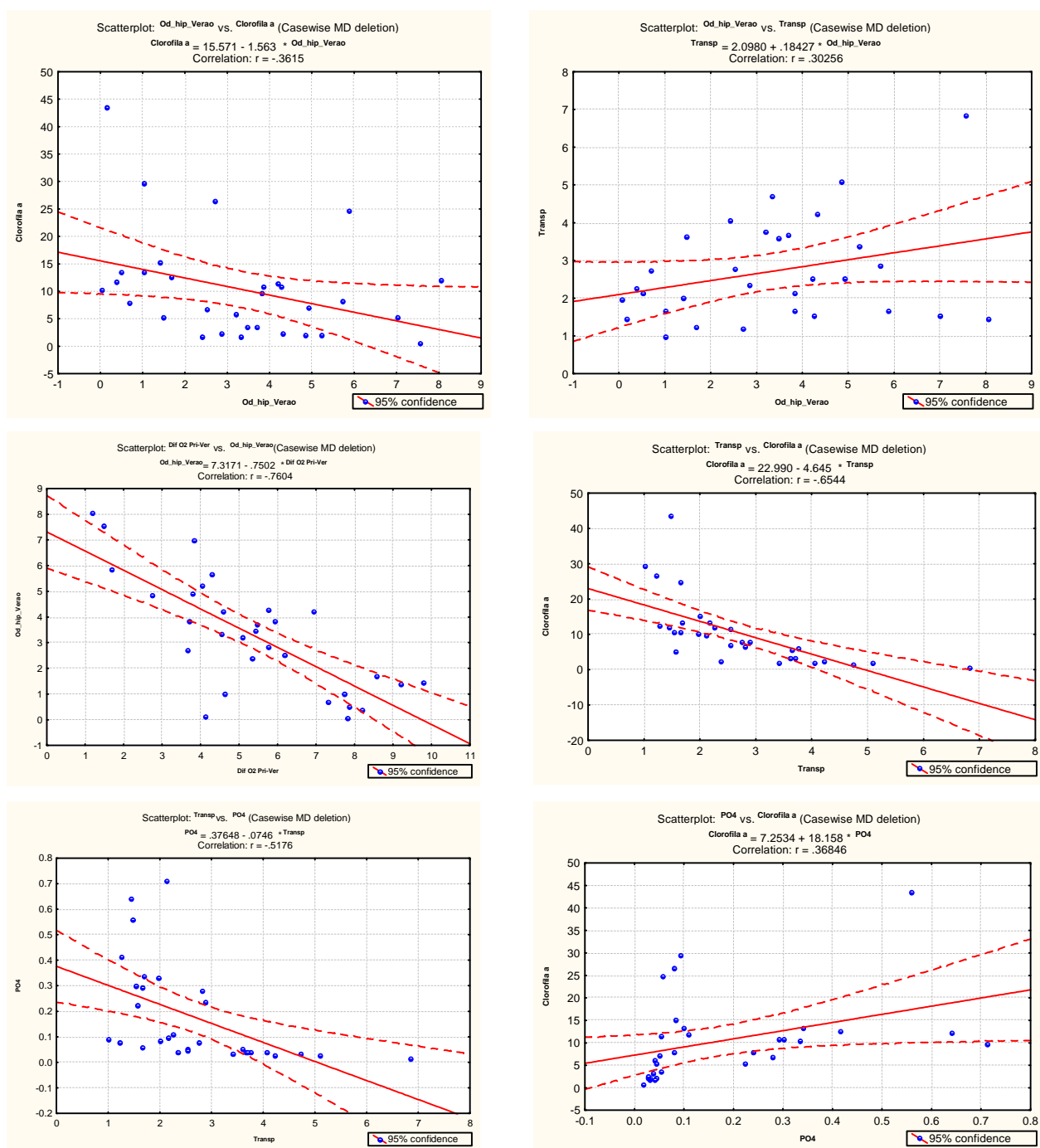


Figura 3.3. Correlações mais relevantes encontradas entre as 6 variáveis de efeito consideradas.

Apenas entre a transparência e o oxigénio hipolimnético não existe uma correlação significativa. Portanto, apesar do pequeno número de massas de água e da variabilidade que caracteriza as albufeiras, os indicadores de resposta à pressão respondem de forma correcta em termos do conhecimento existente sobre os processos eutrofizacionais, sugerindo ser variáveis de efeito robustas.

A relação entre os 10 indicadores de pressão e os 6 de resposta ecológica foi avaliada por correlações de Spearman. Previamente à avaliação, foi efectuada a correlação entre estes de forma a extrair variáveis redundantes. Os elementos 5 – *fontes tóxicas distais* – e 6 – *fontes tóxicas proximais* – e também o 7 – *fontes biodegradáveis distais* – e 8 – *fontes biodegradáveis proximais* – apresentaram uma correlação de Spearman de 0.76 e 0.79 ($p < 0,05$), sendo retiradas das análises subsequentes os elementos 5 e 7. Foi considerado para a actividade do indicador de pressão um limiar de 0.45 na correlação de Spearman, com um valor de probabilidade de 0.05 (Quadro 3.2).

Os resultados permitem seleccionar as variáveis de pressão que respondem aos indicadores internos utilizados e portanto, que apresentam uma relação causa-efeito significativa. Esta relação causa-efeito apenas é referida aos dados disponíveis, portanto factores de causa não utilizados podem igualmente produzir alterações biológicas. De facto, os indicadores de efeito considerados estão todos associados a um incremento nutritivo, devido (1) à eutrofização ser o principal factor de agressão; (2) o número de albufeiras com outros tipos de agressão é demasiado pequeno para ser utilizável do ponto de vista estatístico; (3) os outros factores de pressão são muito variados e com poucos dados disponíveis na maior parte dos casos.

Das variáveis de pressão consideradas, a maior parte está directa (fontes tóxicas biodegradáveis, proximais ou distais, lazer e urbanização à volta da albufeira, superfície agrícola) ou indirectamente (rede viária e alterações hidrométricas) associada à eutrofização. Apenas as fontes tóxicas e os repovoamentos se referem a outros tipos de agressões, correspondendo a diferentes indicadores de pressão.

Do conjunto das oito variáveis, a *pesca e repovoamento* não apresenta relação com os indicadores de pressão quer porque estará pouco relacionada com indicadores maioritariamente de eutrofização (e mesmo assim, talvez contribua através dos iscos orgânicos), quer pelo número de repovoamentos em albufeiras ser baixo (e reduzida sobrevivência dos indivíduos libertados).

No caso dos repovoamentos, também não foi encontrada relação entre o número de indivíduos libertados e o número de espécies exóticas nas albufeiras, considerando as barragens para as quais existia informação dos dois (de facto, a maioria das introduções é realizada pelos pescadores, não sendo repovoamentos oficiais).

Quadro 3.2. Resposta dos indicadores ecológicos às pressões consideradas para um universo de 32 albufeiras com dados a partir de 1995

ALBUFEIRAS RIOS PRINCIPAIS						
	Od_hip_V	Var_OD_Hip	%_o_Epi_V	Transparencia	Clorofila	PO4
Alt_hidro		0,522	-0,522	-0,522		
Pesca e Repov						
Lazer_urb						-0,744
Rede_v	0,561	-0,553		0,480	-0,691	-0,691
Tox_prox				0,642	-0,837	-0,623
Top_bio_prox	0,676	-0,671			-0,750	-0,494
Dif_dist	0,480					
Dif_prox	0,493				-0,452	-0,728
ALBUFEIRAS NORTE						
	Od_hip_V	Var_OD_Hip	%_o_Epi_V	Transparencia	Clorofila	PO4
Alt_hidro			-0,503			
Pesca e Repov						
Lazer_urb		0,560	0,631			
Rede_v	-0,588	0,700	0,515	-0,531	0,556	0,539
Tox_prox	-0,559					
Top_bio_prox	-0,774	0,492				0,557
Dif_dist				-0,538	0,561	0,522
Dif_prox						
ALBUFEIRAS SUL						
	Od_hip_V	Var_OD_Hip	%_o_Epi_V	Transparencia	Clorofila	PO4
Alt_hidro		0,791	0,474	0,474	-0,474	-0,492
Pesca e Repov					0,473	
Lazer_urb	0,540	-0,501		0,463		
Rede_v		0,612	0,612		-0,612	
Tox_prox	0,538	-0,896	-0,478			
Top_bio_prox		-0,606			0,642	0,514
Dif_dist					0,450	
Dif_prox						

Assinale-se que a soma das pressões humanas é um valor tendencialmente majorante. Como exemplo, uma albufeira pode ter uma área agrícola dominante, mas devido à ausência de indústrias, minas, povoações ou repovoamentos, apresentar uma soma classificável como de razoável qualidade. A média dos valores de classe apresentaria o mesmo inconveniente. Embora a classificação de pressões desenvolvida pareça ser consistente, é desejável desenvolver ainda mais a pré-classificação de qualidade de albufeiras, com dados de pressão de melhor qualidade, por exemplo, carga nutritiva afluente. Finalmente, ressalve-se que outros factores podem interferir na qualidade sem serem pressões, por exemplo a idade da albufeira, o tempo de retenção da água, e outros.

3.4. Selecção de albufeiras e amostragem

Pesem embora o tratamento de dados e *screening* de resposta às pressões anteriormente efectuados, de facto não é possível garantir uma escolha inquestionavelmente certa das albufeiras seleccionadas para a amostragem e concretamente das consideradas como apresentando um bom potencial ecológico. Para além da pré-classificação de pressão anteriormente desenvolvida, e que permitiu ir reduzindo o universo possível de albufeiras e identificando-as com dado tipo, utilizaram-se os seguintes auxiliares de decisão:

1. Informações da qualidade da água oriundos da RQA, com base nos dados disponíveis no SNIRH, incluindo alguns parâmetros-alvo como a condutividade, sólidos suspensos, oxidabilidade, CBO₅, CQO, azoto amoniacal, nitratos e coliformes totais; repare-se que a generalidade das características da água são um efeito e não uma causa de pressão humana, daí serem sobretudo utilizadas como auxiliares de decisão;
2. O conhecimento pericial da equipa sobre a biologia das albufeiras, em particular com base em amostragens anteriores; este conhecimento assenta sobretudo nas comunidades de macrófitos aquáticos e piscícolas; neste conhecimento contou também a acessibilidade de locais de amostragem e as vantagens de um circuito de albufeiras minimizando o tempo de amostragem de campo;
3. Serem albufeiras pertencentes à rede de amostragem da LABELEC e portanto, com dados

físico-químicos consistentes e continuados, bem como informações de fitoplâncton.

Foram finalmente seleccionadas para amostragem as 18 albufeiras, identificadas por tipos e nível de qualidade, no Quadro 3.4. Para a colocação das albufeiras seleccionadas em séries de degradação, foram utilizadas oito variáveis quantitativas de pressão que se tinham mostrado relevantes no exercício anterior: seis variáveis de uso do solo (área urbana e área agrícola, junto à albufeira e na bacia de drenagem) e duas variáveis físicas (densidade da rede viária na bacia de drenagem e variação média do nível da água). Utilizou-se ainda o valor de CBO₅ na água como auxiliar de decisão. Estas variáveis foram divididas em 5 classes e somadas, dando uma pressão global (Figura 3.4).

Verifica-se que: a) apesar dos esforços exercidos na selecção, as albufeiras não se dispõem em dois blocos, como seria desejável, mas numa sequência mais ou menos suave, o que corresponde seguramente à situação ecológica real mas dificulta a comparação entre as de melhor potencial e as restantes, b) nas sequências formadas, o grupo dos cursos principais é o que apresenta o gradiente menor e valores de pressão mais aproximados entre albufeiras, pelo que será muito difícil a separação de dois níveis de qualidade, como aliás a fauna piscícola já tinha indicado no Capítulo II; c) Belver e Pocinho apresentam o mesmo valor de pressão global, mas Pocinho foi colocada como albufeira de referência por forma a ser incluída a variação latitudinal do grupo; d) Meimoa e Marateca não são albufeiras Norte típicas devido ao seu pequeno volume, mas foram seleccionadas para detectar os efeitos do tamanho na qualidade ecológica nas massas de água, uma vez que foi observado um gradiente terciário de dimensão (c.f. Capítulo II).

É bem claro que o número de albufeiras a amostrar (18 no todo, apenas 6 por tipo de albufeira), condicionado pelo tempo, custos e pessoas envolvidos, não permitirá a definição de fronteiras para as cinco classes de qualidade exigidas pela DQA, mas sim e apenas: (1) a identificação de elementos, características e componentes estruturais biológicas que respondem à degradação, e (2) a possível caracterização da fronteira entre Excelente+Bom e Moderado+Pobre+Mau.

*As albufeiras verdes (da Figura 3.4), designadas ao longo do texto por “albufeiras de referência”, incluem o muito bom e o bom potencial ecológico e, nesse sentido, esta designação deve ser entendida como de **albufeiras de calibração de tendências**. Serão utilizadas, caso possível, na quantificação da fronteira entre potenciais ecológicos Bom e Moderado. Não será possível, com a amostragem limitada realizada, definir o MEP – potencial ecológico máximo.*

As albufeiras são sistemas ecológicos muito heterogéneos quer longitudinal (zona fluvial-de transição-zona lacustre) quer lateralmente (zona litoral- zona pelágica). A ecologia de albufeiras é assim um tema complexo e dinâmico, devido aos gradientes longitudinais, transversais e verticais existentes, bem como à sua identidade mista entre rios e lagos. De facto, cada albufeira apresenta características ecológicas diferentes e únicas, que decorrem de uma imensa variabilidade morfométrica, hídrica e de uso, determinando aspectos particulares do seu funcionamento. Neste sentido, amostrar e estudar verdadeiramente a dinâmica e funcionamento de uma albufeira leva em geral dois ou mais anos.

Contudo, não está no âmbito deste protocolo estudar o funcionamento de albufeiras, mas sim identificar, a partir das sequências de degradação estabelecidas, os descritores de qualidade ecológica que permitam estabelecer as condições de bom potencial ecológico. Uma amostragem exaustiva seria incompatível com os recursos de tempo, humanos e financeiros disponíveis, e também para a monitorização futura da qualidade ecológica. Trata-se portanto de amostrar de tal forma que seja possível descrever de forma expedita, e diagnosticar a situação ecológica.

A amostragem foi realizada em duas zonas da albufeira – a lacustre e a fluvial (ou de montante e jusante, c.f. Thornton *et al.*, 1999), correspondentes respectivamente à zona mais larga do regolfo e ao braço principal, ainda influenciado pelo sistema lótico principal (e definido como o braço de maior caudal afluente), com pelo menos 3 metros de profundidade. Estes dois locais representam aspectos diferentes e extremos da ecologia das albufeiras e correspondem aos fácies lântico e lótico frequentemente considerados para a amostragem de rios.

Em qualquer das *zonas de amostragem lacustre e fluvial* (nível I), existem os *habitats pelágico e litoral* (nível II). Em cada habitat, foram definidos (não necessariamente para todos os elementos) *locais ou parcelas de amostragem* (nível IV), ou seja, parcelas ou zonas efectivamente amostradas ou inventariadas (substrato raspado, rede de pesca, volume de água, pedra colhida, etc.). Estas parcelas podem ser agregadas e uniformizadas em *unidades ou troços de amostragem* (nível III), por tempo, área ou superfície. As unidades de amostragem podem ou não estar distanciadas. O número romano representa o nível hierárquico de amostragem. Em cada capítulo, serão dados os pormenores da amostragem do respectivo elemento.

Quadro 3.3. Valores de classe das pressões nas albufeiras amostradas. A verde as albufeiras utilizadas como ‘referência’

	Varição de nível	area urbana	agric intensiva	agric extensiva	b_Estradas	b_area urbana	b_agric intensiva	b_agric extensiva	Qualidade da água-CBO5
Belver	1	2	3	2	1	1	2	1	1
Crestuma-Lever	1	2	5	3	5	5	2	3	2
Fratel	1	2	3	3	2	2	2	5	1
Pocinho	1	2	4	2	2	2	5	2	1
Régua	1	2	5	3	2	2	4	1	2
Valeira	1	2	4	3	2	2	3	1	2
Meimoa	3	1	1	1	4	3	1	1	1
S. Agueda-Marateca	1	3	1	2	3	1	1	1	4
S. Luzia	4	1	1	1	4	1	1	1	1
Torrão	1	5	1	2	4	5	1	4	1
V. Furnas	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Varosa	5	5	5	2	5	1	5	1	2
Maranhão	3	3	5	5	2	2	2	4	4
Montargil	2	2	3	4	1	1	1	3	5
Monte Novo	1	2	2	5	1	1	1	5	4
Odeleite	3	1	1	1	1	1	1	1	1
S. Clara	2	1	1	4	1	1	1	1	3
Tapada grande	1	3	1	5	2	2	1	4	1

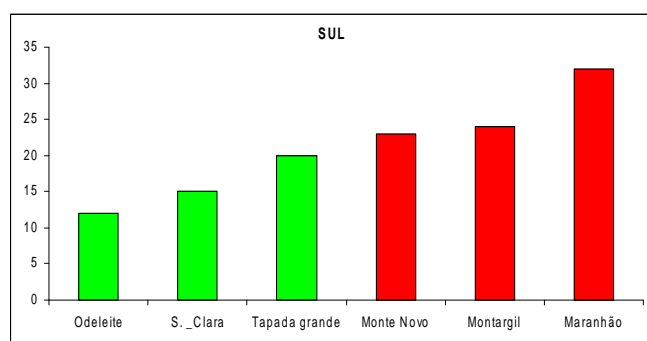
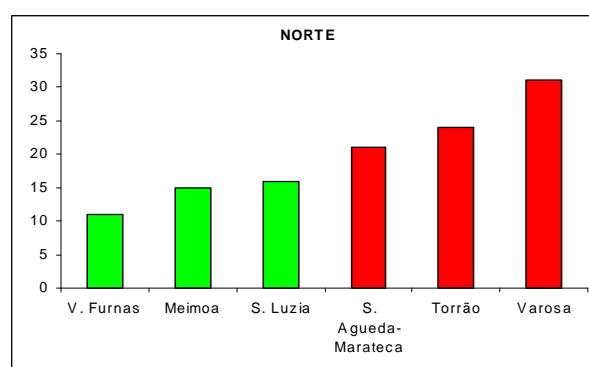
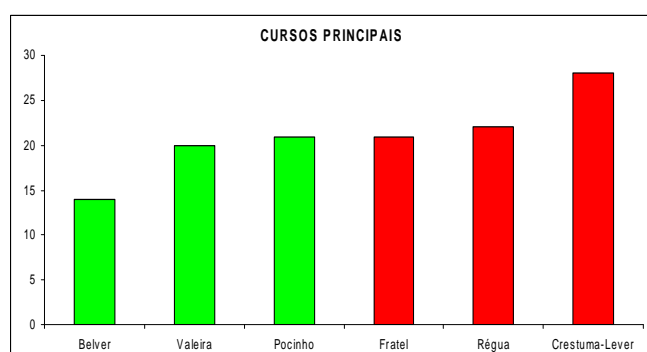


Figura 3.4. Colocação das albufeiras amostradas em séries de qualidade decrescente com base na quantificação das pressões humanas. A verde, albufeiras a considerar com potencial ecológico Bom + Muito Bom. A encarnado, albufeiras a considerar com potencial ecológico Moderado, Pobre e Mau

3.4. Conclusões

1. Neste capítulo foi definido o Bom Potencial Ecológico como o estado em que as comunidades biológicas apresentam uma estrutura ecológica sem desequilíbrios populacionais ou outros, em harmonia com o ambiente físico e químico que as suporta, com uma exploração adequada e interactiva dos vários habitats aquáticos e garantindo a existência de processos e funções ecológicas meta-estáveis.
2. Foram também definidos os 5 princípios norteadores do Bom Potencial Ecológico e em consequência, as linhas principais de intervenção ecológica na requalificação de albufeiras degradadas;
3. Para a avaliação da resposta biológica à pressão, e separação dos grupos de classes de qualidade Muito Bom+Bom e Moderado+Pobre+Mau Potencial Ecológico, foi necessário realizar uma pré-classificação das albufeiras com base na pressão humana, usando variáveis de uso do solo da bacia hidrográfica, de fontes poluentes directas, de variação do nível da água e de intervenções sobre as comunidades biológicas.
4. Para avaliar a adequação da classificação de pressão humana efectuada foram quantificados, para um grupo-teste de 32 albufeiras, descritores de efeitos de pressão humana, e relacionados estes com variáveis quantitativas de pressão, obtendo-se genericamente respostas significativas; portanto, as variáveis de pressão consideradas serão as utilizadas no estudo das respostas biológicas à pressão, ao longo do trabalho.
5. O nível geral de pressão humana foi pré-classificado com estas variáveis para as 18 albufeiras em estudo, tendo-se separado para cada tipo, três albufeiras ‘de referência’ (Muito Bom+ Bom potencial ecológico) e três albufeiras ‘degradadas’ (Moderado+Pobre+Mau Potencial Ecológico), por forma a testar o significado das diferenças.

3.5. Bibliografia citada

Ferreira, M.T. e M. Ferreira. (1999). *A pesca de competição em Portugal 1ª Parte – Bacias do Guadiana, Sado, Mira, Arade e Ribeiras do Alentejo*. Instituto Superior de Agronomia.. Lisboa, 56 p. + anexos.

- Ferreira, M.T. e L. Lopes (2000). *A pesca de competição em Portugal 2ª parte – Bacias do Tejo, Mondego, Vouga, Lis e Ribeiras do Oeste*. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, 48 p. + anexos.
- Ferreira, M.T. e M. Carneiro (2001). *A pesca de competição em Portugal 3ª parte – Bacias do Douro, Ave, Lima e Cávado*. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, 53 p. + anexos.
- Granado-Lorencio, C. (1992) Fish species ecology in Spanish freshwater ecosystems. *Limnetica* 8: 255–261.
- Lourenço, RM (2004) *Repovoamentos de truta de rio desde o século XIX: evolução e contribuição para a definição de áreas de reserva genética*. Trabalho Final de Licenciatura em Engenharia Florestal. ISA. Lisboa.



CAPÍTULO IV. QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E HABITACIONAL

Maria Teresa Ferreira, António Albuquerque, Luis Lopes & Rui Rivaes.

4.1.Introdução

Talvez o elemento para o qual é mais difícil definir o potencial ecológico de albufeiras, seja o hidromorfológico, nas suas componentes hidrológicas, morfológicas e ripárias. A construção de uma albufeira (um sistema fluvial fortemente modificado, *senso* DQA) acarreta uma vertente destruidora não corrigível em que o fluxo unidireccional lótico é interrompido, o tempo de retenção da água e solutos aumenta e dá-se o aparecimento de uma zona pelágica, com características térmicas e químicas muito diferentes de uma massa de água fluvial. Mas igualmente importante é o regime de uso, que determina as variações do nível da água e os processos de erosão nas margens. As zonas litorais – desenvolvimento, recorte, declive, abrigos, estrutura da vegetação ripária e aquática – são profundamente determinadas pela forma do vale e pelas flutuações do nível da água.

Assim, conceptualmente, é possível identificar um referencial minimamente actuado pelo Homem em sistemas fluviais, em que a pressão humana é *exterior* ao ecossistema, sendo que a manutenção e recuperação da qualidade ecológica consiste em anular, minimizar ou compatibilizar o uso humano com os processos ecossistémicos (Figura 4.1 à esquerda). Porém, em albufeiras, a pressão humana (entenda-se uso) envolve e condiciona os ecossistemas criados, localizando-se estes no seu *interior* (Figura 4.1, à direita), e inevitavelmente determinados pelo uso da albufeira.

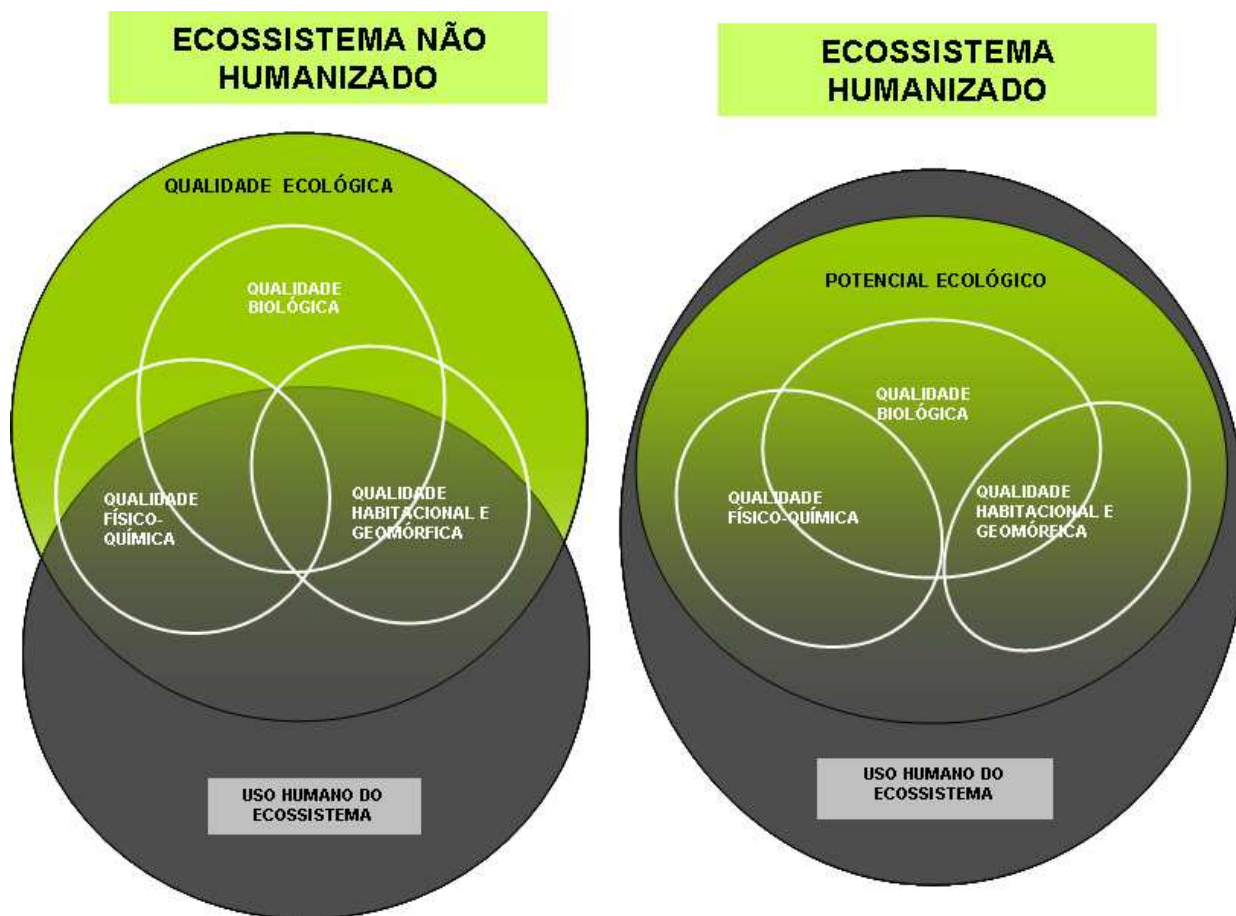


Figura 4.1. Esquema conceptual do potencial ecológico em albufeiras

4.2. Cenários físico-químicos

Neste capítulo, serão abordados os aspectos físico-químicos das massas de água em estudo, como complemento explicativo dos elementos biológicos. Os dados físico-químicos foram obtidos sazonalmente durante o ano de 2006, em nove das 18 albufeiras seleccionadas para amostragem - Tapada Grande, Santa Clara, Odeleite, Monte Novo, Montargil, Maranhão, St. Luzia, Meimoa e Marateca, na zona de regolfo (pelos menos a 500 m da barragem), a meio do epilímnio (superfície, S) e a meio do hipolímnio (fundo, F). Consistiram em três recolhas de dados de forma diferente:

1- A condutividade, temperatura da água e pH foram medidas na altura da colheita de água, com uma sonda multiparâmetros WTW com cabo de 50 m, realizando-se o perfil destes parâmetros metro a metro. A transparência foi avaliada com um disco de Secchi.

2- As profundidades seleccionadas (meio do epilímnio e meio do hipolímnio, avaliadas a partir dos perfis), foi colhida água para determinação da alcalinidade, dureza total, sólidos suspensos totais, CBO₅, CQO, nitratos, nitritos, azoto amoniacal, azoto total, fósforo total, fosfatos, e ainda (a pedido do INAG), mercúrio, chumbo, níquel e cádmio. As amostras foram refrigeradas e trazidas nas 12 h seguintes para o Laboratório de Referência do Ambiente onde foram processadas. A forma de recolha, conservação, método de análise e resolução do método podem ser consultados em <http://www.apambiente.pt/>.

3- Finalmente foram recolhidas amostras para determinação da clorofila a, contagem do número total de células do fitoplâncton. Estas amostras foram trazidas para o Laboratório da Água da Universidade de Évora, onde foram processadas.

Para as restantes nove albufeiras (Varosa, Crestuma, Belver, Fratel, Veleira, Vilarinho, Pocinho, Régua, Torrão), e tal como indicado pelo INAG, obtiveram-se graciosamente os dados do LABELEC, para o mesmo período e estações do ano. De notar que estes dados apresentaram nalguns casos métodos e resoluções de determinação diferentes dos da Agência do Ambiente, e também dos do Laboratório da Água.

Os cenário físico-químicos estavam previstos no protocolo apenas enquanto complementares dos elementos biológicos, e não enquanto elemento de qualidade ecológica *sensu* DQA, para o que aliás seria necessário ter séries maiores de dados, com vários anos e de mais albufeiras. O tratamento de dados aqui apresentado foi feito de forma muito sumária, devendo ser encarado como prospectivo e no sentido de enquadrar os capítulos biológicos seguintes. Contudo, julgou-se relevante a inclusão destes dados, figurando em Anexo no final do Relatório, dada a sua possível utilidade em tratamentos futuros, ou para uso do INAG.

O tratamento destes dados (e objectivo do capítulo) dirigiu-se às seguintes perguntas: (1) as características físico-químicas das albufeiras de referência reflectem os tipos abióticos de albufeiras identificados antes? e (2) dentro de cada tipo pré-definido, as características físico químicas distinguem as albufeiras menos das mais degradadas? Para responder a estas perguntas, utilizou-se a amostragem de primavera, à superfície, correspondendo à fase pós-mistura e início de período de estratificação, e portanto julgada mais indicadora do metabolismo químico e biológico.

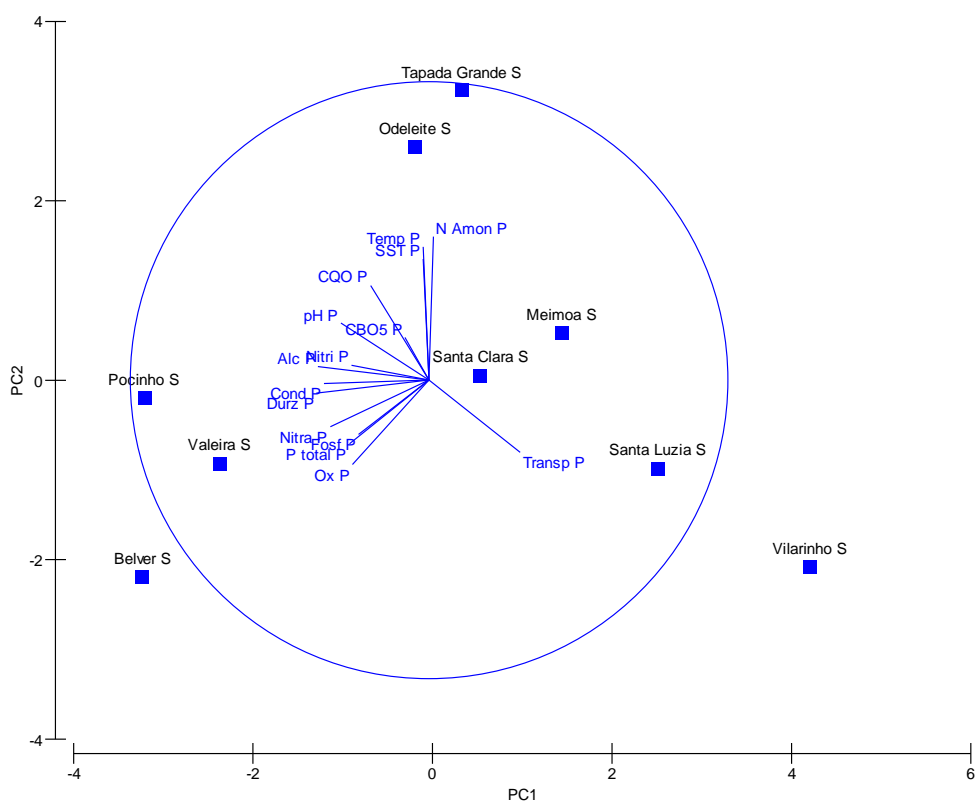
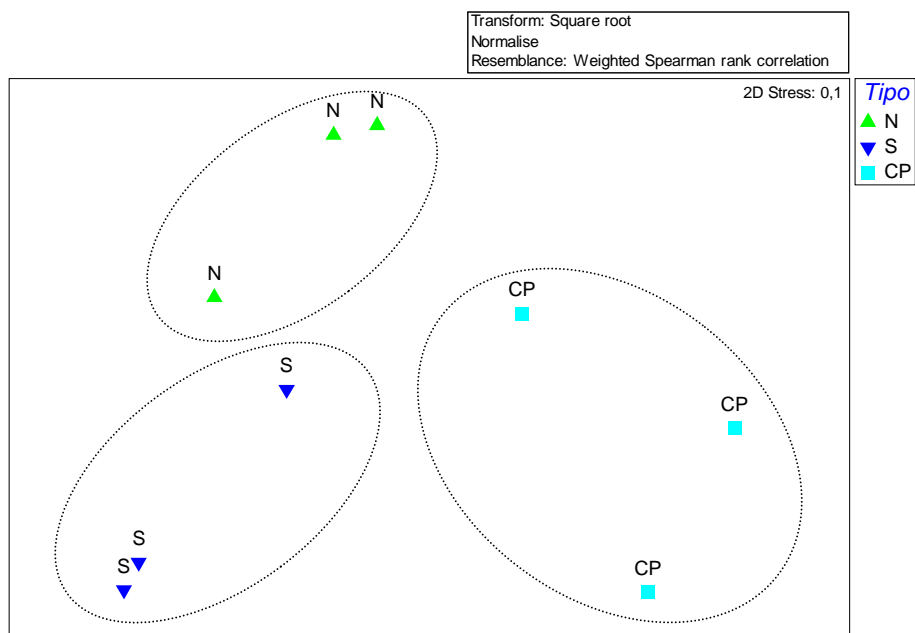


Figura 4.2. n-MDS das albufeiras de ‘referência’ com base nos dados físico-químicos da colheita de Primavera de superfície (em cima) e plano formado pelos dois primeiros componentes PCA dos mesmos dados (em baixo)

O tratamento de dados, após transformação (dupla raiz quadrada) e normalização dos dados originais, consistiu num escalonamento multidimensional não paramétrico com base na distância rank de Spearman, seguido de testes de concordância de Kendall, multivariados e não paramétricos (rotina ANOSIM) para avaliar o grau de separação entre grupos de locais. Uma análise em componentes principais permitiu ver quais as variáveis associadas a cada tipo de albufeiras. Todos os tratamentos foram realizados com o programa PRIMER, versão 6.0.

A Figura 4.2 (em cima) mostra que as albufeiras de referência apresentam características diferentes e uma separação razoável (teste multivariado ANOSIM, $R > 0.5$ para os casos das albufeiras dos grupos sul e cursos principais e entre 0.4 e 0.5 para o grupo norte, $P > 0.05$). Existem portanto diferenças relevantes de características da coluna de água, entre os tipos abióticos pré-definidos. No plano dos dois componentes, a separação é igualmente nítida. As albufeiras do grupo Norte mostram maior transparência, menor mineralização, menor carga orgânica e menor temperatura. As albufeiras do grupo Sul mostram maiores sólidos suspensos, maior temperatura, maior carga orgânica. As albufeiras do grupo Cursos Principais são caracterizadas por maior carga de nutrientes, alcalinidade, dureza, condutividade, ou seja, maior mineralização.

O primeiro componente (44% de variabilidade explicada) opõe as albufeiras do Sul às dos Cursos Principais, ou seja, menor a maior mineralização e nível nutritivo (principais características contributivas: transparência, alcalinidade, dureza, nitratos, condutividade). O segundo componente (24% de variabilidade explicada), opõe as albufeiras do grupo Sul às restantes (principais características contributivas: temperatura, sólidos suspensos totais, CQO, CBO₅, azoto amoniacal).

No presente trabalho, o número de albufeiras amostradas, o número de amostras e os métodos diferentes desaconselham a utilização dos dados para definição das condições de MEP, porque não permitem uma análise da variabilidade natural dos parâmetros mais promissores, nomeadamente intra e interanos, sobretudo tendo em conta o nível estatístico encontrado para as diferenças entre tipos. No entanto, indiciam essa possibilidade, até aqui não demonstrada.

De uma forma geral, todas os grupos abióticos pré-definidos apresentam separação entre albufeiras consideradas de referência e as de pior qualidade ($R > 0.5$ para os grupos Cursos Principais e Sul, $P > 0.05$) (Figura 4.3). Assim, não sendo este trabalho a sede própria para desenvolver a forma de avaliar a qualidade ecológica pelos elementos físico-químicos, os resultados indiciam que tal será possível.

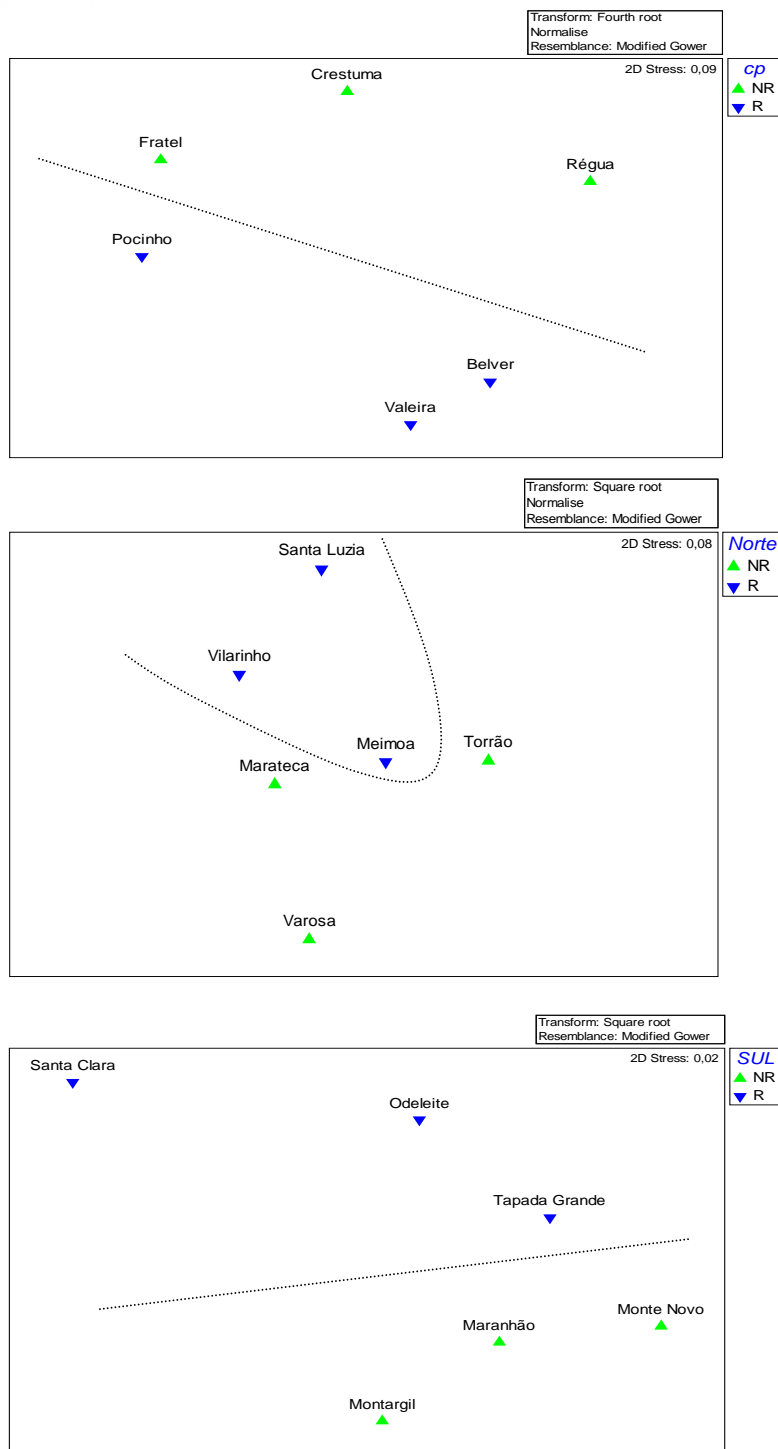


Figura 4.3. n-MDS dos três grupos abióticos de albufeiras pré-definidos, utilizando os dados físico-químicos de Primavera, à superfície, e mostrando as albufeiras de referência e as perturbadas.

Contudo, o grupo Norte apresenta um $R=0.312$, indicando separação modesta, atribuível às albufeiras de Meimoa e Marateca que apresentam um tamanho mais pequeno do que as outras e também uma localização latitudinal muito próxima do grupo sul. Recorde-se que estas albufeiras foram incluídas no grupos a amostrar para representarem o gradiente de albufeiras mais pequenas, pouco coberto pela DQA mas que se reconhecia existir, e inevitavelmente influenciam o grupo Norte pela sua presença. A presença deste gradiente associado ao tamanho das albufeiras terá também de ser incorporado na definição do MEP, para o que neste momento não há dados suficientes. Por certo estes gradientes continuarão também a influenciar os grupos biológicos encontrados e analisados nos capítulos seguintes deste trabalho. Veremos como as comunidades biológicas se reflectirão nestas diferenças.

4.3. Qualidade habitacional

4.3.1. Aplicação do método LHS

A avaliação da qualidade habitacional não estava prevista originalmente no protocolo e de facto surgiu de uma proposta de ensaio pelo Dr. Phil Boon, do Nature Conservancy Council da Escócia, que durante o período de colheita de dados (2006) se encontrava envolvido no desenvolvimento de um índice de qualidade geomórfica para lagos europeus, no âmbito da DQA. Assim, o método inglês foi aplicado às nossas massas de água, tendo sido elaborado um pequeno relatório indicando algumas limitações encontradas e sugerindo alternativas, que foram entretanto incorporadas no índice final. O índice desenvolvido por Phil Boon e col. apresenta grande paralelismo com o River Habitat Survey, e tem o nome de Lake Habitat Survey (LHS). Os seus princípios estão presentemente a ser incorporados numa Norma do Comité Europeu de Normalização, que norteia a avaliação da qualidade ecológica pelo elemento geomorfológico, para os habitats lacustres.

Estão previstos dois métodos para a realização em campo do levantamento das características das albufeiras no âmbito do LHS, são eles, a versão completa “LHSfull version” e uma resumida “LHScore”. A opção do método a utilizar depende dos objectivos propostos, do rigor desejado, da capacidade logística para efectuar o trabalho, entre outros. Para o ensaio em Portugal, decidiu-se executar a versão completa, por ser considerada mais fiel na caracterização

dos atributos físicos das massas de água, pela melhor observação das características existentes (Rowan *et al.* 2006).

De acordo com a metodologia desta versão, foi realizada uma amostragem dos habitats físicos da massa de água, bem como uma avaliação geral da albufeira, caracterizando as suas margens e espelho de água, complementadas com a caracterização do regime hidrológico e da informação do perfil em profundidade da albufeira. A observação destes parâmetros, e outros, foram registados na ficha de campo do LHS, que se traduziu e adaptou, encontrando-se no Anexo II deste Relatório, após os dados físico-químicos. O texto que se segue relata pormenores da caracterização dos habitats, de acordo com a metodologia LHS.

Caracterização dos habitats físicos da massa de água:

Em cada albufeira são realizados 10 pontos de amostragem distribuídos de forma equidistante ao longo do perímetro (P). O primeiro ponto deve ser encontrado de forma aleatória, distando os restantes nove pontos entre si um comprimento de $P/10$ (Figura 4.4 e 4.5). Em cada ponto é considerada uma parcela de amostragem rectangular, perpendicular às curvas de nível. Esta contempla três zonas distintas adjacentes denominadas: zona litoral, de margem e ripária, por forma a abarcar todos os *habitats* associados à massa de água.

O método desta amostragem consistiu em ancorar o barco nos pontos definidos, a 10m da margem, anotando as características observáveis na parcela. Esta considerou uma área de 15m de largura e um comprimento variável, contemplando três sub-parcelas adjacentes intituladas de zona litoral, zona de margem e zona ripária (Figura 4.5).

Na sub-parcela da zona litoral foi considerada uma área do espelho de água com 15m de largura e 10 de comprimento, a distância entre o barco ancorado e a margem. A zona de margem foi definida por uma largura idêntica e um comprimento variável, compreendido entre a linha de água e o nível de pleno armazenamento NPA, e para a zona ripária, considerou-se uma área de dimensões 15x15m, a partir do NPA em direcção a terra.

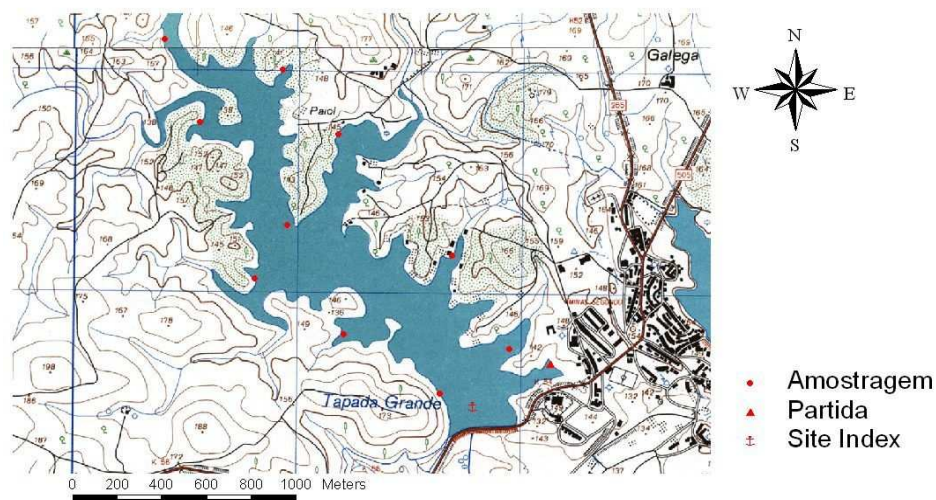


Figura 4.4. Localização dos pontos de amostragem do LHS na albufeira de Tapada Grande (Fonte: Instituto Geográfico do Exército)

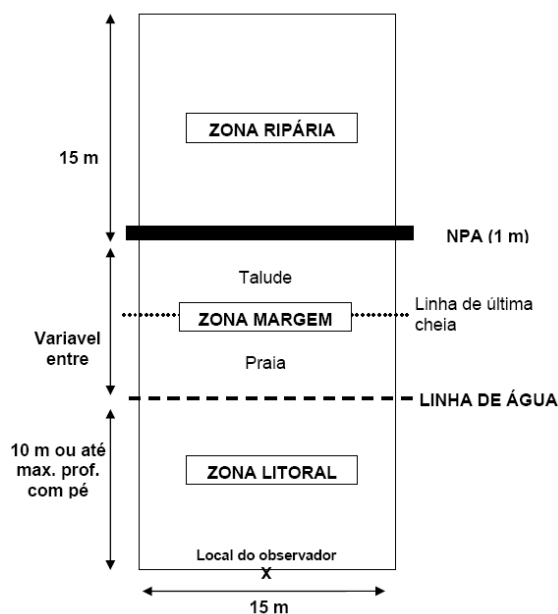


Figura 4.5. Esquematização da parcela de amostragem utilizada na caracterização dos habitats físicos da massa de água. Adaptado de Rowan *et al.* (2006).

Em cada ponto de amostragem foi realizada a caracterização das três zonas, bem como a avaliação da pressão humana exercida nestas e num raio de 50m da parcela. Os atributos

considerados foram registados por estimativa numérica, por categorias ou por classes e podem ser encontrados na ficha do final do capítulo.

Avaliação geral da albufeira:

Neste levantamento realizou-se a caracterização do perímetro da albufeira, registando-se as pressões antrópicas nas margens da massa de água, bem como a presença de habitats húmidos ou outros. Como se pode observar pela Figura 4.6, este trabalho foi realizado em segmentos compreendidos entre pontos de amostragem, onde foram consideradas duas faixas adjacentes, denominadas de “faixa dos 15 metros” e “faixa dos 50 metros”. A primeira contemplava uma largura idêntica ao comprimento das parcelas de amostragem pontual (i.e., desde 10 metros da margem até 15 metros para além do NPA), e a segunda, mais precisamente com 35 metros de largura, representando a avaliação das margens da albufeira numa faixa adjacente à primeira, até aos 50 metros de distância da margem.

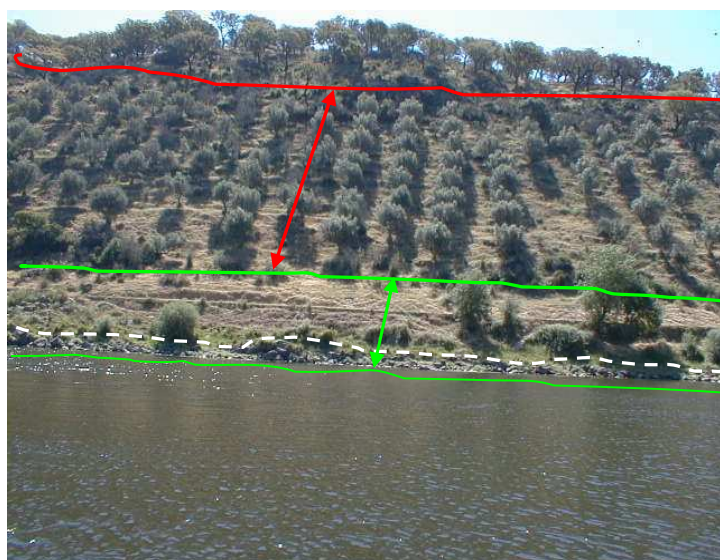


Figura 4.6. Esquematização das faixas contempladas na avaliação geral da albufeira. A verde a faixa dos 15 metros e a vermelho a dos 50 metros. A tracejado branco encontra-se marcado o NPA.

Actividades/pressões na massa de água:

A par destes trabalhos foram também registadas as pressões humanas na área inundada, bem como uma caracterização físico-química da massa de água, através da realização de perfis em profundidade da zona pelágica, no que respeita a temperatura, oxigénio dissolvido, condutividade e

pH (designado no âmbito do LHS de “Site Index”), com uma sonda multiparâmetros WTW, provida de um cabo de 50 m, com anulador de pressão. Na Figura 4.7 pode-se observar a elaboração dos trabalhos de amostragem respeitantes à construção de perfis da massa de água.

Com uma sonda fluorimétrica de campo, emprestada graciosamente pela Comissão Coordenadora de Desenvolvimento da Região Alentejo, foram também realizados perfis de biomassa planctónica de vários grupos de algas, em mg/m³ (Total, Clorofilas, Bacilariofíceas, Cianofíceas) (Figura 4.8). Estas sonda faz igualmente e em simultâneo perfis dos outros parâmetros.

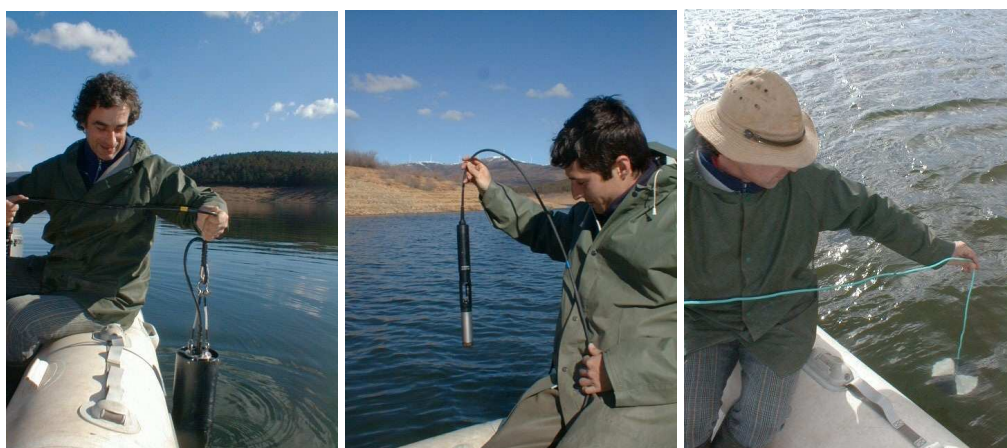


Figura 4.7. Trabalhos de amostragem das características biológicas e físico-químicas da massa de água. Da esquerda para a direita, biomassa clorofilina, temperatura/oxigénio dissolvido/pH/conductividade e transparência.

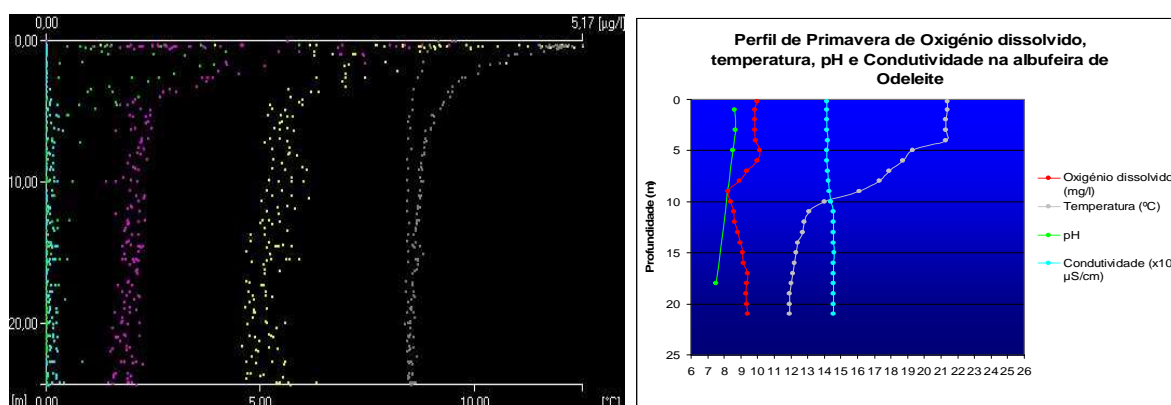


Figura 4.8. Imagem-tipo obtida pela sonda fluorimétrica utilizada para realização de perfis em profundidade. A contar da esquerda: perfis em profundidade dos grupos de algas mais comuns e pigmentos totais, e perfis físico-químicos, para a colheita de Primavera, albufeira de Odeleite.

Quadro 4.1. Sumário dos atributos registados no LHS

Local de amostragem (n = 10)	Perímetro amostrado	Total albufeira
ZONA RIPÁRIA Cobertura da vegetação Estrutura da vegetação Uso do solo dominante Plantas exóticas assinaláveis Existem rios/cursos de água perto do ponto TALUDE Altura Declive Substrato Modificações Cobertura da vegetação Estrutura da vegetação Erosão evidente ZONA LITORAL Profundidade do local de observação Substrato Características do habitat Estrutura da vegetação Volume percentual habitado por macrófitas Plantas exóticas assinaláveis PRESSÕES HUMANAS Actividades comerciais Áreas residenciais Estradas e caminhos-de-ferro Estradas e caminhos Parques e jardins Campismo a caravanismo Cais, marinas, barcos, ancoradouros ou plataformas Muros, diques ou revestimentos Praias recreacionais Lixo, entulho ou aterro Extração ou mina Prados semi-naturais (circular se observar pastoreio) Outras pastagens (circular se observar pastoreio) Povoamento de coníferas (circular se observar cortes) Agricultura extensiva Agricultura intensiva Canos, descargas Dragagens <i>Outras pressões:</i> Controlo de vegetação ripária Cortes de macrófitas aquáticas	CONSTRUÇÃO NA MARGEM Represas Muros Pass. hidráulicas Eng. Biofísica Portos e marinas PRESSÕES E USO DO SOLO Actividades comerciais Áreas residenciais Vias de comunicação Parques e jardins Campismo e caravanismo Praias de origem artificial Lixo, entulho, aterros Pedreira e minas Povoamento de coníferas Corte recente de vegetação Prado semi-natural Pisoteio Agricultura de sequeiro Agricultura intensiva HABITATS HÚMIDOS Caniçal Bosques pantanosos Paul Pântano Vegetação flutuante Outros OUTROS HABITATS Bosque folhosas indígenas Povoamento de folhosas Floresta de coníferas Matos altos Matos rasteiros Aquáticos Prados naturais Ervas altas Rocha / dunas	PRESSÕES NA MASSA DE ÁGUA Pontes Actividades náuticas a motor Repovoamentos de peixes Passadiços Actividades náuticas sem motor Canais de navegação Jaulas de peixe (aquacultura) Pesca desportiva de barco Actividades militares Pesca profissional Pesca desportiva de margem Linhas eléctricas Dragagem Recreio sem barco/natação Aplicações químicas Despejo de lixo Ornitologia e caça Substâncias à superfície Controlo macrófitas Espécies introduzidas (especificar) MORFOMETRIA DA ALBUFEIRA Ilhas com vegetação Ilhas sem vegetação Ilhas com vegetação lenhosa Depósito de aluvião c/ vegetação Depósito de cascalho e gravilha sem vegetação Depósito de areia/silte/argila sem vegetação HIDROLOGIA Uso principal Tipo de massa de água Número de rios com influência significativa Existem albufeiras a montante? Evidencia significativa de desvio de caudais Amplitude vertical da flutuação do nível da água Observação de estruturas de gestão da água CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DA ALBUFEIRA Caracterização do estado da água Transparência do disco de Secchi Oxigénio dissolvido Perfil de temperatura

A sondagem fluorimétrica não deu resultados satisfatórios. É difícil de calibrar e facilmente descalibrável. Os resultados de pigmentos cloroficianos apresentaram um desvio médio de 33% em relação aos valores de obtidos em laboratório. Trata-se contudo de uma sonda com mais de 10 anos após aquisição e que não tinha sido antes usada ou calibrada. Apresenta como vantagens realizar perfis rápidos e simultâneos de pigmentos e de vários parâmetros, pelo que uma versão mais nova e robusta deste tipo de sonda poderia ser uma solução para a monitorização de albufeiras. Optou-se assim por incluir o exemplo de resultados ilustrados pela Figura 4.8 neste capítulo para ilustrar as potencialidades deste equipamento.

O levantamento do LHS das albufeiras seleccionadas decorreu nos meses de Verão e Outono de 2006, tendo o “Site Index” sido realizado na estação estival. Para os trabalhos recorreu-se a um barco semi-rígido, de aproximadamente 4m de comprimento e 2 de largura, manobrado por uma tripulação de dois homens. O meio de propulsão utilizado foi um motor de combustão interna, a quatro tempos e com 10 cavalos de potência.

Com os dados obtidos, foi realizada a classificação das albufeiras segundo o nível de diversidade e qualidade de habitats da albufeira, *LHQA – Lake Habitat Quality*, e o nível de degradação dos habitats, *LHMS – Lake Habitat Modification Score*. Estas duas classificações decorrem do método LHS e resultam da soma de pontuações de uma lista de atributos, diferente para cada uma delas (Quadros 4.2. e 4.3). Por exemplo, o LHMS tem em consideração seis tipos de pressões: a modificação da zona de margem, o uso intensivo da zona de margem, o uso da massa de água, o regime hidrológico, o regime sedimentar e a presença de espécies exóticas. O LHQA é menos interessante para a DQA, porque não pretende representar um valor de não-degradação, mas sim avaliar a singularidade, diversidade e valor conservacionista dos habitats do sistema lacustre, o que nas albufeiras ibéricas se torna muito relativo. Para aplicação completa do método, foram calculados os dois índices.

4.3.2. Resultados do LHS

Amostragem dos atributos físicos:

No levantamento habitacional realizado nas 18 albufeiras seleccionadas foram realizados 151 pontos de amostragem, 45 em albufeiras do tipo A – Cursos Principais, 53 em albufeiras do

tipo B – Norte e 53 em albufeiras do tipo C – Sul. Com base nos registos provenientes do levantamento do LHS, foram elaboradas matrizes de (MS Excel™). A análise classificatória das albufeiras quer em termos de diversidade e riqueza de habitats quer no que diz respeito modificação dos seus habitats físicos, fundamenta-se nos valores gerados a partir do processo descrito nos Quadros 4.2 para o LHMS e 4.3 para o LHQA.

Dos pontos amostrados, apenas 2% se efectuaram em condições de capacidade máxima, ou seja, com o nível da albufeira no pleno armazenamento. Nos restantes locais, os levantamentos dos atributos físicos efectuaram-se com níveis inferiores ao pleno armazenamento, tendo-se registado 12 m como valor máximo nas albufeiras de Sta. Luzia e Meimoa. De acordo com a Figura 4.9, as variações do nível de água encontradas no momento de amostragem relativamente ao NPA, são maiores nas albufeiras do Tipo B, seguidas do Tipo C, apresentando o Tipo A oscilações reduzidas, aproximadamente de 1 metro. Em termos gerais, 56,29% dos pontos amostrados apresentaram um desnível do NPA igual ou inferior a 2m nos períodos mais quentes do ano.

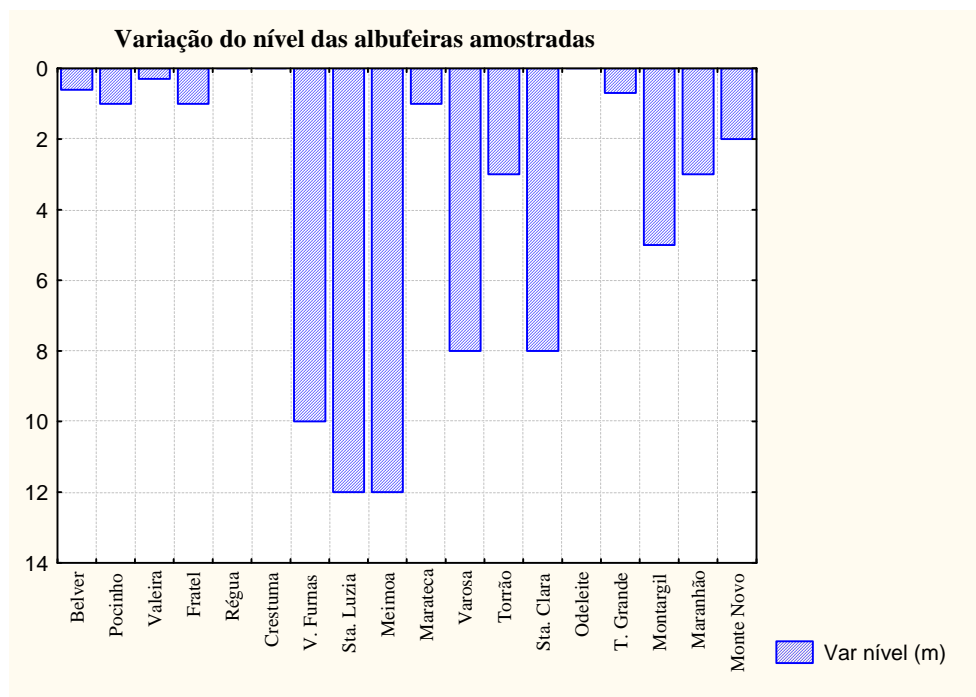


Figura 4.9. Variação do nível das albufeiras amostradas no âmbito do LHS.

Em mais de 90% dos pontos caracterizados não foi encontrada na zona litoral uma cobertura relevante (cobertura igual ou inferior a 1%) de briófitos, plantas emergentes, plantas enraizadas flutuantes, plantas flutuantes, plantas submersas de folhas larga, algas filamentosas, fitobentos ou algas flutuantes. Da mesma forma, o volume da zona litoral habitado por plantas macrófitas foi igual ou menor a 1% em 87,4% dos casos, e a sua extensão para além dos 10m da margem, em direcção ao plano de água, foi inferior a 1% dos casos. A ocorrência de substâncias à superfície da água foi inexistente em aproximadamente 95% dos pontos amostrados (Figura 4.10).

Quadro 4.2. Sistema de pontuação para o LHMS (adaptado de Rowan *et al.* 2004, 2006)

Pressure	Scores 0	Scores 2	Scores 4	Scores 6	Scores 8
Shore zone modification	<10% shoreline affected by hard engineering AND Shore reinforcement recorded at 0-1 Hab-Plots (0 for core)	≥10%, <30% shoreline affected by hard engineering OR Shore reinforcement recorded at 2 Hab-Plots (1 for core) OR Poaching recorded at 3 or more Hab-Plots (2 for core)	≥30%, <50% shoreline affected by hard engineering OR Shore reinforcement recorded at 3-4 Hab-Plots (2 for core)	≥50%, <75% shoreline affected by hard engineering OR Shore reinforcement recorded at 5-7 Hab-Plots (3 for core)	≥75% shoreline affected by hard engineering OR Shore reinforcement recorded at 8 or more Hab-Plots (4 for core)
Shore zone intensive use	<10% shoreline non-natural land-cover AND Non-natural land-cover recorded at 0-1 Hab-Plots (0 for core)	≥10%, <30% shoreline non-natural land-cover OR Non-natural land-cover recorded at 2 Hab-Plots (1 for core)	≥30%, <50% shoreline non-natural land-cover OR Non-natural land-cover recorded at 3-4 Hab-Plots (2 for core)	≥50%, <75% shoreline non-natural land-cover OR Non-natural land-cover recorded at 5-7 Hab-Plots (3 for core)	≥75% shoreline non-natural land-cover OR Non-natural land-cover recorded at 8 or more Hab-Plots (4 for core)
In-lake use	No in-lake pressures (excluding litter or odour)	1 in-lake pressure (excluding litter or odour)	2 in-lake pressures (excluding litter or odour)	3 in-lake pressures	> 3 in-lake pressures
Hydrology	0-1 hydrological structures	2 hydrological structures OR Presence of an upstream impoundment	3 or more hydrological structures	Principal use hydropower, flood control, water supply OR Raised or lowered by > ± 1 m	1 dam (no fish pass) OR Principal use hydropower, flood control, water supply AND Annual fluctuation > 5 m or <0.5 m
Sediment regime	<25% shore affected by erosion AND <25% in-lake area affected by deposition (excluding vegetated islands)	≥25%, <50% affected by erosion OR ≥25%, <50% lake area affected by deposition (excluding vegetated islands) OR Sedimentation over natural substrate recorded at 3-4 Hab-Plots (2 for core)	≥50%, <70% shore affected by erosion OR ≥50%, <70% lake area affected by deposition (excluding vegetated islands) OR Sedimentation over natural substrate recorded at 5-6 Hab-Plots (3 for core)	≥70% shore affected by erosion OR ≥70% lake area affected by deposition (excluding vegetated islands)	
Nuisance species	0-1 recordings (not 2 recordings of 1 species)	2-3 recordings (may be 1 or more species)	≥4 recordings (may be 1 or more species)		

Quadro 4.3. Sistema de pontuação para o LHQA (adaptado de ROWAN *et al.* 2004, 2006)

LAKE ZONE	Characteristic measured	Measurable feature	Scores- full LHS	Scores- LHS _{core}	Max
RIPARIAN	Vegetation structural complexity	Proportion of Hab-Plots with complex or simple riparian vegetation structure	1 for 1-3 2 for 4-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Vegetation longevity/stability	Proportion of Hab-Plots with >10% cover of trees with DBH > 0.3m	1 for 1-3 2 for 4-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Extent of natural land-cover types	Proportion of Hab-Plots with either natural/semi-natural woodland, wetland, moorland heath or rock, scree and dunes	1 for 1-3 2 for 4-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Diversity of natural land-cover types	Number of natural cover types recorded	1 for each type, maximum score of 4	1 for each type, maximum score of 4	4
	Diversity of bank-top features	Number of bank-top features recorded	1 for each type, maximum score of 4	1 for each type, maximum score of 4	4
SHORE	Shore structural habitat diversity	Proportion of Hab-Plots with an earth or sand bank >1m	1 for 2-4 2 for 5-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
		Proportion of Hab-Plots with trash-line	1 for 2-4 2 for 5-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Bank naturalness	Proportion of Hab-Plots with natural bank material	1 for 1-3 2 for 4-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Diversity of natural bank habitat	Number of natural bank materials recorded	1 for each type, maximum score of 4	1 for each type, maximum score of 4	4
	Beach naturalness	Proportion of Hab-Plots with natural beach material	1 for 1-3 2 for 4-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Diversity of natural beach habitats	Number of natural beach materials recorded	1 for each type, maximum score of 4	1 for each type, maximum score of 4	4
LITTORAL	Hypsographic variation	Coefficient of variation for depth at 10 m from shore over all plots	1 for >25 2 for >50 4 for >75	1 for >25 2 for >50 4 for >75	4
	Extent of natural littoral zones	Proportion of Hab-Plots with natural littoral substrate	1 for 1-3 2 for 4-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Diversity of natural littoral zone types	Number of natural littoral substrate types recorded	1 for each type, maximum score of 4	1 for each type, maximum score of 4	4
	Extent of macrophyte cover	Average of total macrophyte cover over all plots	1 for a '1' 2 for a '2' 3 for a '3' 4 for a '4'	1 for a '1' 2 for a '2' 3 for a '3' 4 for a '4'	4
		Number of Hab-Plots where macrophyte cover extends lakewards	1 for 1-3 2 for 4-6 3 for 7-8 4 for 9-10	1 for each plot	4
	Diversity of macrophyte structural types	Number of macrophyte cover types recorded (not including filamentous algae)	1 for each type, maximum score of 4	1 for each type, maximum score of 4	4
	Extent of littoral habitat features	Average of total cover for fish over all plots	1 for a '1' 2 for a '2' 3 for a '3' 4 for a '4'	1 for a '1' 2 for a '2' 3 for a '3' 4 for a '4'	4
WHOLE LAKE	Diversity of special habitat features	Number of littoral habitat features recorded	1 for each type, maximum score of 4	1 for each type, maximum score of 4	4
		Number of special habitat features (excl. diseased alders)	5 for each type, maximum score of 20	5 for each type, maximum score of 20	20
		Number of islands	2 for 1 5 for 2-4 10 for 5 or more	2 for 1 5 for 2-4 10 for 5 or more	10
		Number of deltaic depositional features recorded (excl. unvegetated sand and silt deposits)	2 each type	2 each type	6

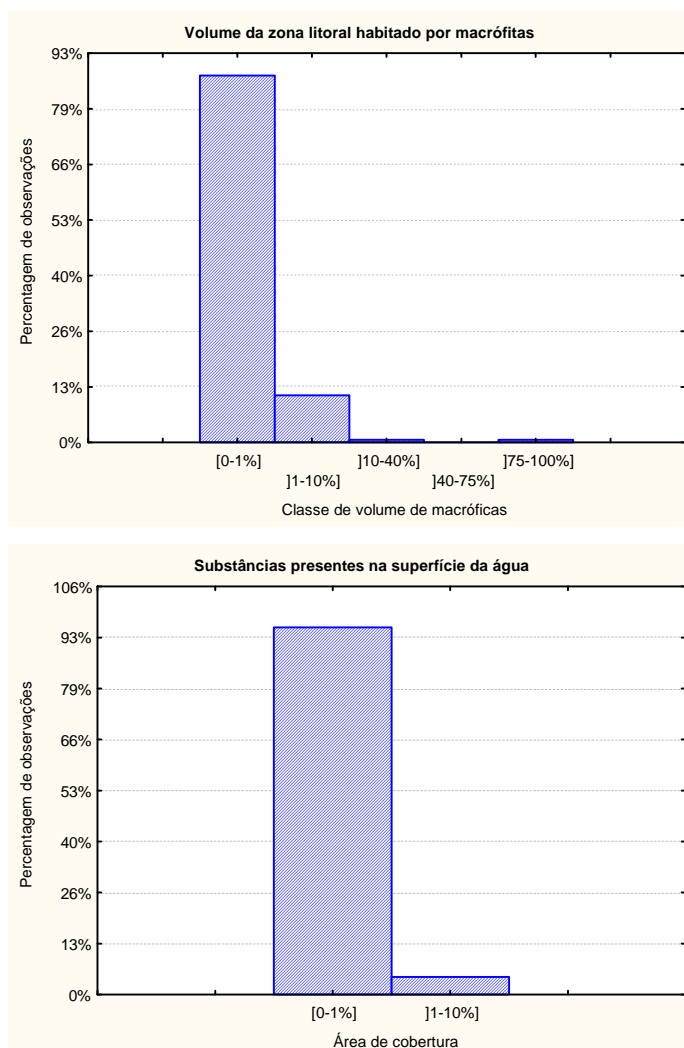


Figura 4.10. Volume da zona litoral ocupado por macrófitas e área de cobertura de substâncias presentes na superfície da água.

Discriminando as características físicas habitacionais das massas de água por tipo de albufeira, observa-se que as massas de água menos perturbadas do tipo A – Cursos Principais, apresentam uma zona ripária caracterizada por uma cobertura de até 75% de ervas, gramíneas e briófitos, formando um estrato de altura inferior a 0,5m (93,3% dos casos), até 10% de cobertura de arbustos lenhosos nesse mesmo estrato (88,9% dos casos), e até 40% de cobertura de arbustos lenhosos e árvores jovens, criando um estrado compreendido entre 0,5 e 5m de altura (86,7% dos casos). Neste levantamento, o talude das massas de água desta tipologia caracterizou-se por uma inclinação superior a 30° (talude de inclinação acentuada, quase vertical e falésia), apresentando

modificações em 26,7% dos casos e uma ausência de vegetação em aproximadamente 51% dos casos (Figura 4.11).



Figura 4.11. Ponto de amostragem numa albufeira do tipo A – Cursos Principais (Albufeira da Valeira)

As albufeiras menos perturbadas do tipo B – Norte, apresentaram uma zona ripária caracterizada por um estrato inferior a 0,5m de altura, não só de ervas, gramíneas e briófitos, que abrangem uma cobertura de até 40%, mas também de arbustos lenhosos, numa cobertura idêntica. Num estrato de 0,5 a 5m de altura podemos encontrar uma cobertura de até 75% de arbustos lenhosos e árvores jovens. O talude destas albufeiras apresentou predominantemente uma inclinação acentuada (de 30 a 75°), nomeadamente em 66% dos pontos amostrados, sem

modificações (aproximadamente em 98% dos pontos) e com uma cobertura de vegetação que vai desde a ausência a superior a 75% (Figura 4.12).



Figura 4.12. Pontos de amostragem em massas de água do tipo B – Norte. De cima para baixo: albufeira da Meimoa e albufeira de Santa Luzia.

Finalmente, como se pode observar pela Figura 4.13, nas albufeiras menos perturbadas do tipo C – Sul, pode encontrar-se uma cobertura compreendida entre 10 e 75% de ervas, gramíneas e briófitos, caracterizando um estrato inferior a 0,5m de altura. Em simultâneo, nesse

mesmo estrato encontram-se até 40% de cobertura de arbustos lenhosos e árvores jovens e no estrato compreendido entre os 0,5 e os 5 metros, uma cobertura de até 40% de arbustos lenhosos e árvores jovens. Neste último estrato existe ainda uma cobertura de até 10% de árvores adultas. O ângulo do talude apresentou-se predominantemente suave (5 a 30°), sem modificações e com uma cobertura que pode ir desde a ausência à cobertura total.



Figura 4.13. Pontos de amostragem em massas de água do tipo C – Sul. De cima para baixo: albufeira da Odeite e albufeira de Monte Novo.

Pese embora o pequeno número de massas de água com base nas quais é realizada esta descrição, pensamos que ela corresponde ao padrão da zona litoral dos vários tipos de albufeiras considerados, ou seja, tipos abióticos diferentes apresentam zonas litorais distintas.

Pressão humana nas parcelas:

No que respeita a pressões humanas directas nas parcelas de amostragem, e nos 50m em seu redor, as albufeiras do tipo A – Cursos Principais, caracterizam-se por apresentarem uma baixa presença de marca humana, embora se possa encontrar uma forte pressão da rede viária, com as estradas e caminhos-de-ferro presentes em 51,1% das parcelas amostradas, bem como a presença de muros, presentes em 42,2% dos pontos amostrados. Estas albufeiras apresentaram também em 35,4% dos casos a presença de agricultura intensiva ou extensiva, com estas duas actividades em igual proporção. Das restantes pressões antrópicas, todas elas apresentaram uma frequência inferior a 12% dos casos, sendo mesmo nula nas pressões de campismo e caravanismo, outras pastagens, povoamentos de coníferas e dragagens (Figura 4.14).



Figura 4.14. Ponto de amostragem na albufeira da Régua.

Da observação das parcelas de amostragem das albufeiras do tipo B – Norte, não foram encontradas actividades comerciais, cais, extracções ou minas, outras pastagens, canos ou descargas, dragagens, controlo de vegetação ripária ou corte de macrófitas aquáticas. As pressões

com maior incidência nos habitats deste tipo de massas de água foram os estradões e caminhos (aproximadamente 38% dos casos) e povoamentos de coníferas, ambos com similar proporção. A presença de muros e lixo também é de assinalar com 18,9 e 28,3% dos casos, respectivamente. Todas as restantes pressões registadas apresentaram uma frequência inferior a 12% nas parcelas de habitat amostradas.

Nas massas de água do tipo C – Sul, todas as pressões humanas apresentaram uma incidência inferior 14% dos habitats visitados, com a exceção para os estradões e caminhos (com 26,4% dos pontos caracterizados) e a agricultura extensiva (presente em 20,8% dos casos), como se pode observar pela Figura 4.15.



Figura 4.15. Ponto de amostragem na albufeira de Monte Novo.

Pressões na zona litoral:

Dos perímetros observados, foi possível verificar que as pressões de construção na margem, pressões e usos do solo, habitats húmidos e outros, apresentaram uma cobertura compreendida entre 0 a 1% em mais de 75% dos casos (Figura 4.16), à exceção da erosão e matos rasteiros. Neste primeiro caso, em 53,3% das áreas observadas a erosão era igual ou inferior a 1%, embora se tenham encontrado locais com maior erosão, como é o caso das zonas onde se verificou este fenómeno numa extensão superior a 75% do perímetro observado em 24% das situações. As

encostas das bacias das albufeiras, até 15m para além do NPA, encontram-se geralmente cobertas por matos rasteiros, em maior ou menor proporção.

No que se refere à faixa dos 50m, todos os atributos avaliados apresentaram uma representatividade superior a 75% dos casos, na categoria de cobertura compreendida entre 0 e 1%, à excepção das vias de comunicação, plantação de coníferas, agricultura de sequeiro e matos altos, que apresentaram maior variabilidade.

Discriminando os resultados por tipologia de massa de água, nas albufeiras do tipo A – Cursos Principais, a faixa do 15 metros é caracterizada pela frequência superior a 75% da classe de ocupação menor (de 0 a 1%) de construção de margem, pressões do solo, habitats húmidos e outros, com excepção para as vias de comunicação, agricultura de sequeiro, agricultura intensiva, matos altos, matos rasteiros e rocha/dunas. Da mesma forma, para este grupo de albufeiras, no que respeita à faixa dos 50 metros, a situação foi idêntica, variando apenas nas pressões de maior variabilidade, que neste caso foram as áreas residenciais, vias de comunicação, agricultura de sequeiro, agricultura intensiva, povoamento de folhosas, matos altos, matos rasteiros e rocha/dunas.

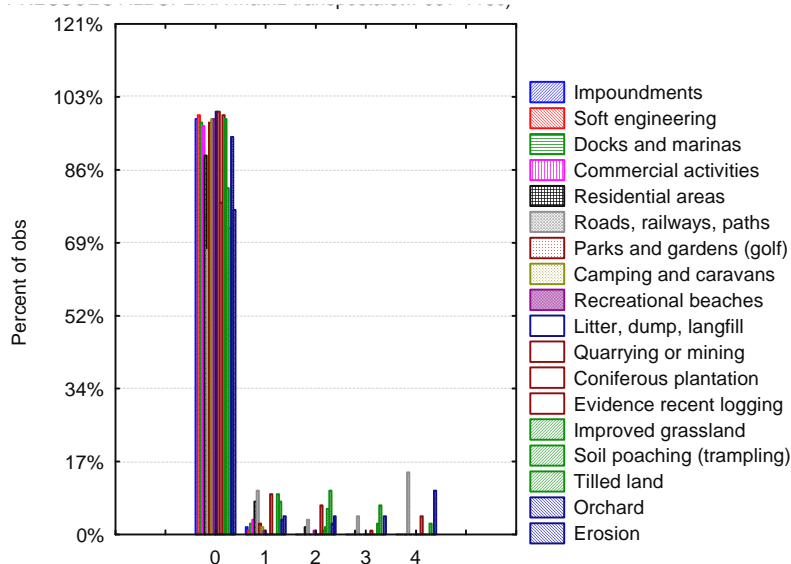


Figura 4.16. Percentagem de observações de tipologias de pressões encontrada nas albufeiras amostradas na faixa dos 15 m

No que respeita à classificação de qualidade destas massas de água, observou-se que nas albufeiras menos degradadas desta tipologia, as características com ocupação do perímetro superior a 1%, e com representatividade superior a 25% nos perímetros observados, foram as vias de comunicação, agricultura de sequeiro, agricultura intensiva, matos altos, matos rasteiros e rocha/dunas. As albufeiras mais degradadas, contudo, não apresentaram tanta agricultura intensiva nem tantos matos altos mas maior presença de povoamentos de folhosas. Na faixa dos 50 metros, as albufeiras de referência caracterizam-se pela predominância de áreas residenciais, vias de comunicação, agricultura de sequeiro, agricultura intensiva, matos altos, matos rasteiros e rocha/dunas. Os Cursos Principais considerados mais degradados apresentaram nesta faixa uma menor pressão de áreas residenciais e uma maior pressão de povoamentos de folhosas (associada a uma pior qualidade da água?).

Para o caso das albufeiras do tipo B – Norte, na avaliação da faixa dos 15 metros observou-se que a maioria dos parâmetros de perturbação incidia na classe de ocupação dos 0 a 1%, com excepção para a plantação de coníferas, erosão e matos rasteiros. Já na faixa dos 50 metros, as características com maior representatividade foram as vias de comunicação, as plantações de coníferas e o bosque de folhosas indígenas.

Na faixa dos 15 metros das massas de água menos perturbadas da tipologia Norte, sobressaem os factores plantação de coníferas, erosão, bosque de folhosas indígenas, matos altos e matos rasteiros. Nas massas de água com maior degradação, para a mesma faixa, apresentam como características mais marcantes as vias de comunicação, lixo/entulho e/ou aterros, erosão, matos rasteiros e rocha/dunas. Na faixa dos 50 metros, para as albufeiras de referência temos como características relevantes as vias de comunicação, plantação de coníferas, bosque de folhosas indígenas e matos altos. No caso das albufeiras de não referência foram as vias de comunicação, plantação de coníferas, prado semi-natural, agricultura de sequeiro, agricultura intensiva, bosque de folhosas indígenas e matos rasteiros.

No caso das massas de água quentes (do tipo C – Sul), observou-se que na faixa dos 15 metros, apenas as características pisoteio, erosão e matos rasteiros sobressaíram. Já na faixa dos 50 metros as características de maior representatividade foram plantação de coníferas, agricultura de sequeiro, povoamento de folhosas e matos rasteiros. Na faixa dos 15 metros das albufeiras de referência apresentaram-se como mais frequentes as características erosão, povoamento de folhosas e matos rasteiros. As de não referência, por seu lado, salientam-se nesta faixa pelas

características prado semi-natural, pisoteio, bosque de folhosas indígenas, matos rasteiros e prados naturais. No que respeita à faixa dos 50 metros, as características que mais de demarcaram nas albufeiras de referência foram a plantação de coníferas, pisoteio, agricultura de sequeiro, povoamento de folhosas e matos rasteiros, e nas de não referência as características prado semi-natural, pisoteio, agricultura de sequeiro, bosque de folhosas indígenas, povoamento de folhosas e matos rasteiros.

Vegetação ripária e litoral:

Dos resultados obtidos no levantamento exaustivo das características das parcelas de amostragem podemos concluir que as albufeiras do tipo B – Norte apresentaram as maiores oscilações de nível, com a consequente variação de comprimento de talude descoberto, seguidas das massas de água da tipologia C – Sul e por último as barragens situadas nos rios principais, as da tipologia A – Cursos Principais. Uma grande variação anual não permite o estabelecimento de comunidades complexas ao longo da margem, promovendo os efeitos erosionais, principalmente nas massas de água instaladas em locais de maior declive de margem, como é o caso da tipologia B – Norte. Por outro lado, graças à pequena variação de nível, os Cursos Principais possuem em geral uma faixa ripícola relativamente bem desenvolvida.

As albufeiras do tipo A – Cursos Principais apresentaram a composição mais rica e variada da ocupação vegetal que compõe as suas margens, bem como uma maior ocupação do solo, com estrados vegetais herbáceo e arbóreo bem definidos. As albufeiras do tipo B – Norte apresentam a sua zona ripária com uma baixa ocupação do estrato vegetal inferior a 0,5m, com uma grande componente de ocupação do estrato de altura compreendido entre 0,5 e 5m de altura de arbustos lenhosos e árvores jovens. As massas de água do tipo C – Sul são caracterizadas por apresentarem uma zona ripária com uma boa cobertura de ervas, gramíneas e briófitos, complementada com arbustos lenhosos e árvores novas até 0,5m, apresentando ainda um estrato superior de até 40% de arbustos lenhosos e árvores jovens num estrato de 0,5 a 5 metros de altura.

As albufeiras dos tipos A e B apresentaram na generalidade declives de talude superiores às do tipo C – Sul. Nesta mesma zona as massas de água do tipo A distinguiram-se pela ausência total de vegetação, ao contrário dos outros dois tipos que apresentaram taludes desde descobertos de vegetação até uma ocupação superior a 75%. As albufeiras quentes apresentam maior número de praias recreacionais, provavelmente pela menor inclinação do talude, permitindo a criação de

infra-estruturas próprias deste tipo de actividades. As albufeiras do tipo B apresentaram maior pressão de lixo, entulho e aterros.

4.3.3. Qualidade e degradação habitacionais

Os valores do índice LHQA mostram uma diversidade habitacional média a baixa, compatível com a existência de zonas litorais pouco estruturadas, mesmo quando comparando albufeiras de referência com as de degradação superior (Figura 4.17); apenas nos Cursos Principais, é possível uma distinção revelante entre as massas de água de referência e as perturbadas.

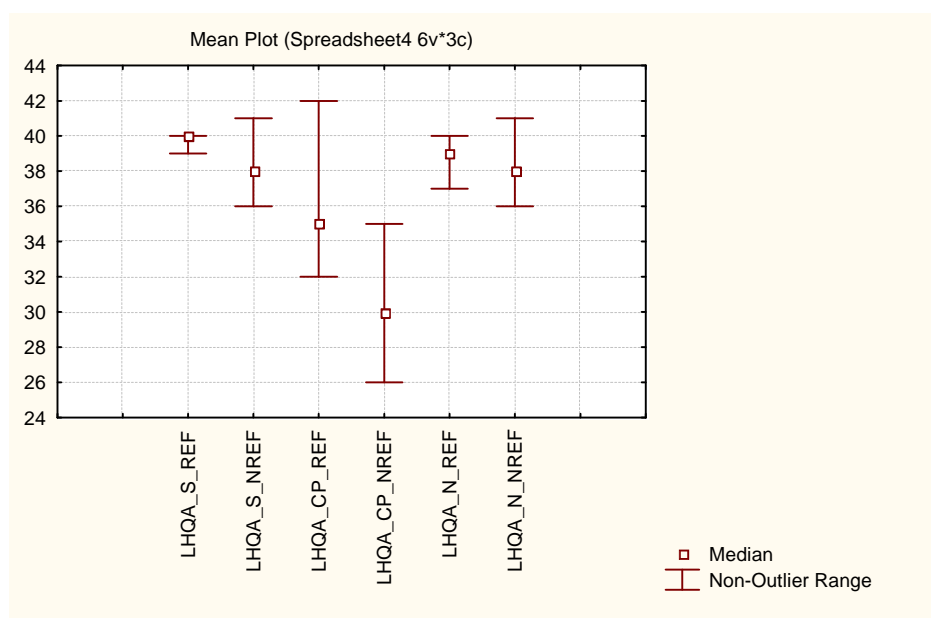


Figura 4.17. Variação da qualidade habitacional através do índice LHQA nas albufeiras dos três tipos considerados, de referência e de não referência

Enquanto o índice LHQA de diversidade habitacional varia pouco e não se correlaciona com a pré-classificação da pressão global, o índice de degradação LHMS apresenta uma boa correlação com a pressão, $r=0.75$, $p>0.05$ (Figura 4.18). Desta forma e considerando os dados disponíveis, é possível utilizar o LHMS para separar albufeiras não degradadas das degradadas (Figura 4.19). Sugere-se tentativamente um valor de fronteira Bom-Moderado de LHMS 20 para os tipos cursos principais e Sul e de LHMS 15 para o tipo Norte, a serem confirmados com as amostragens de monitorização no âmbito da DQA.

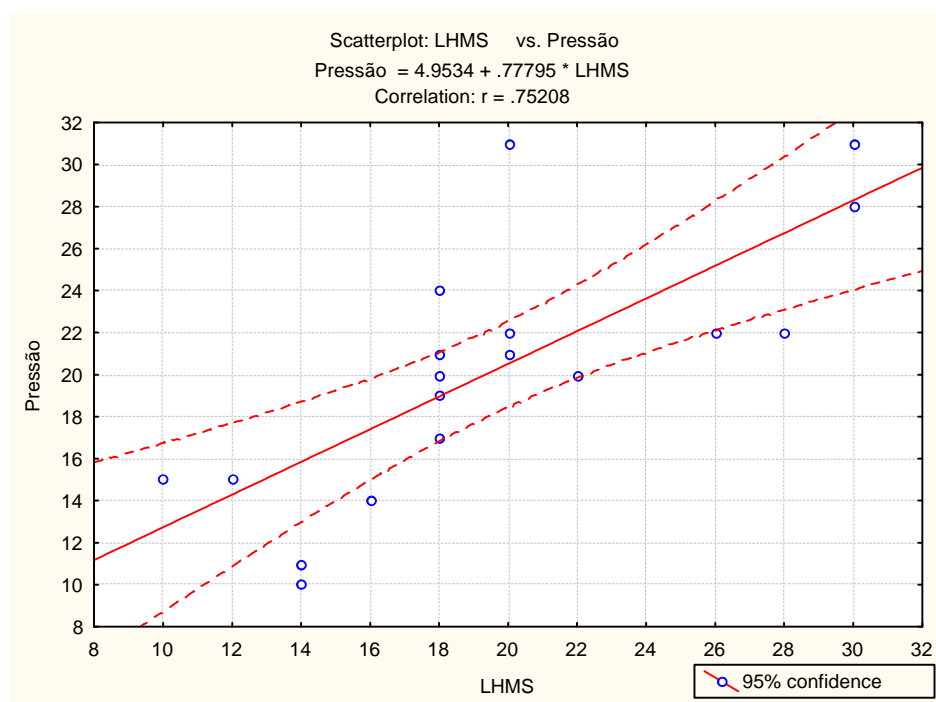
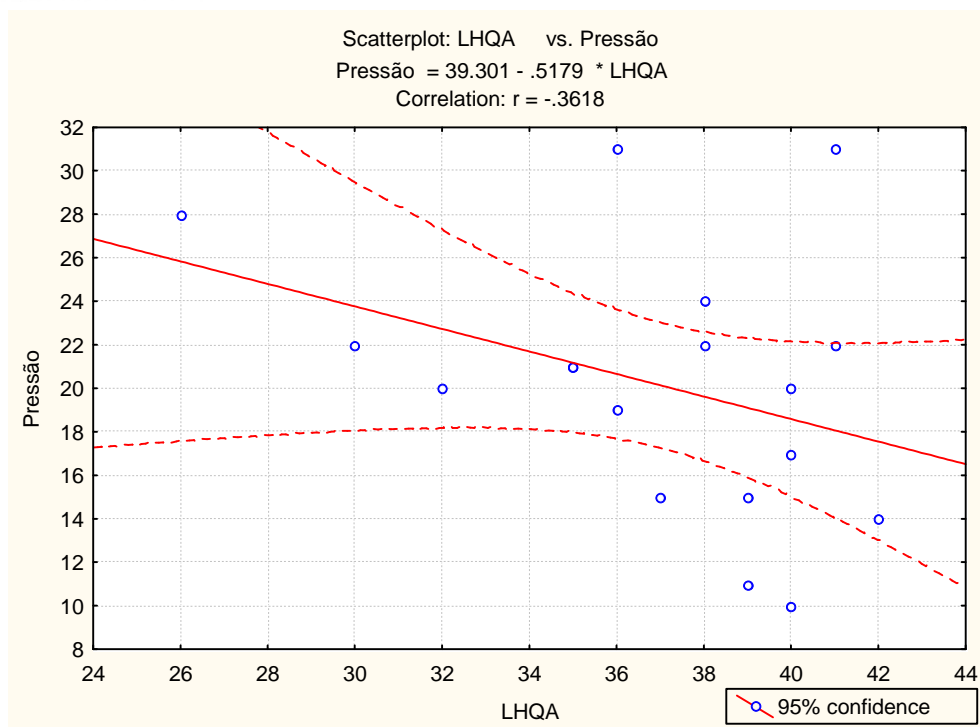


Figura 8.18. Relação entre os valores de pré-classificações de qualidade das albufeiras estudadas e os índices LHQA – qualidade habitacional (em cima) e LHMS – degradação habitacional (em baixo).

Pré-classificação
de pressões

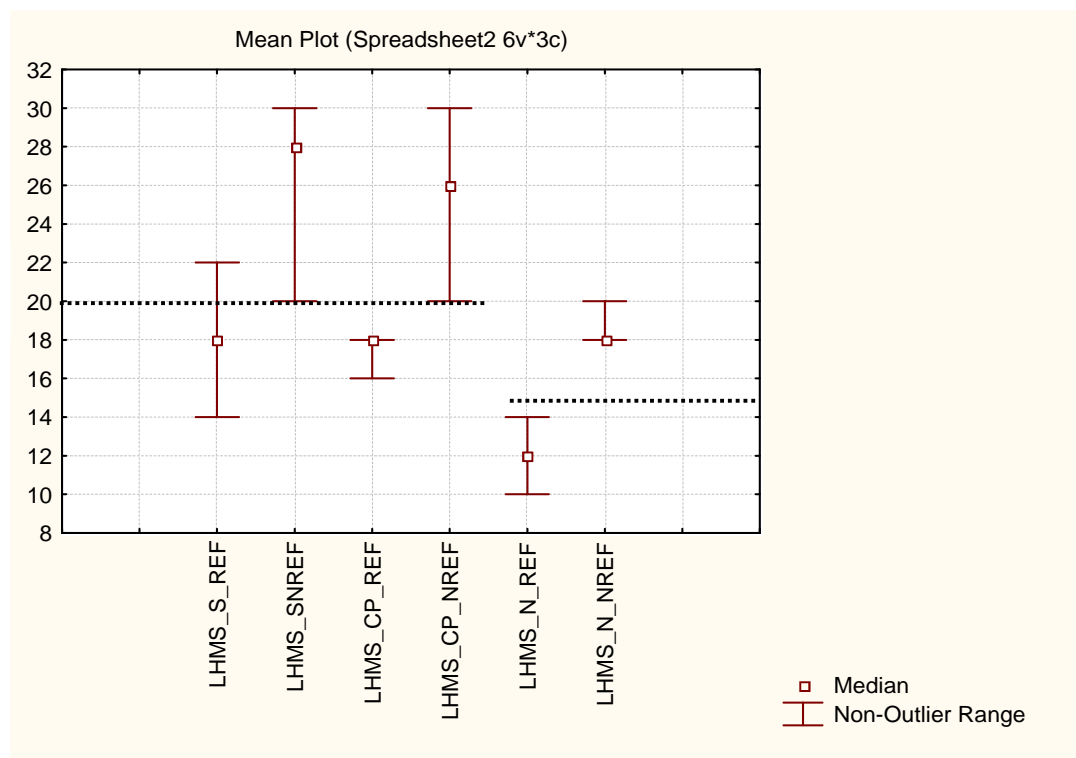


Figura 4.19. Variação da degradação habitacional através do índice LHMS nas albufeiras dos três tipos considerados, não degradadas e degradadas. Linhas a tracejado indicam os valores de degradação habitacional propostos para a fronteira Bom-Moderado

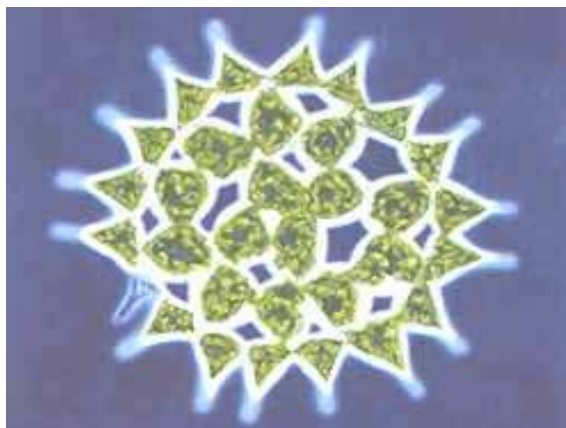
4.4. Conclusões

1. Os parâmetros físico-químicos apresentam valores diferentes nos três tipos propostos de albufeiras, verificando-se um gradiente Norte-Sul-Cursos Principais, de crescente mineralização e características próprias.
2. Os parâmetros físico-químicos separam no geral as albufeiras de 'referência' das albufeiras degradadas, pelo que confirmam a possibilidade de serem utilizados elementos abióticos na avaliação da qualidade ecológica. Recomenda-se o desenvolvimento de um índice baseado em características da zona lacustre da albufeira, envolvendo vários elementos (ou seja, multivariado ou composto), e tendo em conta a variação intra e inter-anual.

3. A presente fronteira geográfica dos tipos Norte e Sul deve ser encarada com alguma precaução, uma vez que as albufeiras da Meimoa e Marateca, antes classificadas como Norte, através do cenário físico-químico apresentam em grande parte características do tipo Sul;
3. O LHS é um bom método de caracterização dos habitats das albufeiras e facilmente exequível. Os três tipos de albufeiras distinguem-se também através do elemento hidrogeomorfológico, apresentando uma estrutura habitacional marginal diferente, em função do declive, recorte de margem e flutuações do nível da água;
4. Verificou-se que o índice LHQA do método LHS, baseado num referencial lacustre natural, não é utilizável na classificação da qualidade habitacional das albufeiras portuguesas;
5. O índice LHMS do método LHS, que pondera a artificialidade e a degradação habitacional, relaciona-se significativamente com a pré-classificação da pressão global, e pode ser utilizado para avaliação da qualidade ecológica; são propostos os valores LHMS de 20 e de 15 para a fronteira Bom-Moderado, respectivamente para o Norte e Cursos Principais, e para o Sul.

4.5. Bibliografia citada

- Rowan, J. S., Duck, R. W., Carwardine, J., Bragg, O. M., Black, A. R., Cutler, M. E. J. (2004) Development of a technique for lake habitat survey (LHS): phase 1. SNIFFER. 45 p.
- Rowan, J.S., R.W. Duck, J. Carwardine, O.M. Bragg, A.R. Black, M.E.J. Cutler and I. Soutar (2006) Lake Habitat Survey in the United Kingdom. Version 3.1. Field Survey Guidance Manual.



CAPÍTULO V. MODELAÇÃO DA QUALIDADE ECOLÓGICA COM BASE NO ELEMENTO FITOPLÂNCTON

Rui Victor Cortes & Edna Cabecinha Sampaio

5.1. INTRODUÇÃO

Tanto a legislação portuguesa como a comunitária dão cada vez mais realce à sustentabilidade dos ecossistemas e à interligação das políticas de uso da água com os vectores ambientais, o que implica uma análise multidisciplinar e uma coordenação de esforços em termos de políticas de planeamento de uso da água. As albufeiras, por serem ecossistemas fortemente modificados e com características muito próprias de uso humano, deveriam ter implementada uma gestão ecológica do tipo integrado e activo, de forma a serem criadas as condições de bom funcionamento biológico correspondente ao conceito de “potencial ecológico máximo”. Esta abordagem holística deve considerar os cenários físico-químicos e hidrométricos em que as comunidades biológicas se inserem, causadores do estado ou progressão de degradação, nomeadamente as eventuais consequências na eutrofização, que podem ser patenteadas através do incremento da produtividade primária e subsequentes alterações globais do ecossistema.

O fitoplâncton é, normalmente, a comunidade que mais directa e rapidamente responde a alterações do teor de nutrientes, dada a sua forma de absorção directa a partir da coluna de água e por isso a sua dinâmica e factores ambientais explicativos são privilegiados na presente abordagem. Desde a década de 70, que inúmeros estudos demonstram uma estreita e significativa relação entre indicadores de biomassa algal como a clorofila *a* e determinados nutrientes, em particular o fósforo e o azoto, quer na coluna de água, quer nas cargas afluentes à massa de água a partir da sua bacia de drenagem.

O presente protocolo envolveu a amostragem do elemento biológico fitoplâncton nas 18 albufeiras estudadas, sazonalmente. Porém, os resultados, apresentados no capítulo VI, são condicionados pelo horizonte temporal de um ano e pelo número restrito de albufeiras. Por isso, embora não contemplado originalmente no protocolo, nalguns casos foi necessário (em paralelo às outras acções) utilizar dados exteriores a este, de séries mais longas e/ou de mais albufeiras.

No presente capítulo, foi analisado um volumoso conjunto de dados físico-químicos e biológicos (ao longo da coluna vertical), a partir duma sequência de cerca de 10 anos de colheitas. Os dados foram utilizados para modelar os efeitos de diferentes usos da bacia de drenagem nos parâmetros fitoplanctónicos e características físico-químicas da coluna de água. O modelo preditivo assim obtido pode, para além disso, ser um excelente auxiliar de gestão, nomeadamente na interface do uso da albufeira com o ordenamento do território, uma vez que prevê as variações de qualidade trófica em função dos usos da bacia de drenagem.

Os objectivos deste capítulo são relativamente amplos e dizem respeito a diversos aspectos inseridos no âmbito da DQA e do presente protocolo Universidades-INAG:

- Caracterização do estado ecológico das diferentes albufeiras estudadas utilizando o elemento biológico fitoplâncton;
- Análise dos parâmetros físico-químicos mais responsáveis pelos fenómenos de eutrofização (quer na camada superficial, quer na camada profunda);
- Influência do tipo de exploração nas características ecológicas das albufeiras;
- Determinação da situação potencial de referência recorrendo a um modelo matemático a partir da simulação com variáveis ligadas com o uso do solo.

Este capítulo responde a alguns aspectos do Objectivo 1 – identificação de parâmetros para traduzir a qualidade ecológica, e sobretudo ao Objectivo 2 - criação de um modelo de funcionamento trófico para albufeiras portuguesas¹. Este modelo apresenta grandes potencialidades quer na definição das situações menos perturbadas quer, no outro extremo do gradiente trófico, na identificação das condições de eutrofização extrema. Os resultados obtidos contribuem também para a futura definição do MEP *maximum ecological potential* e do BEP *bad ecological potential*.

¹ Os autores do modelo desenvolvido solicitaram a sua patente, que se encontra em apreciação. O modelo será publicamente disponibilizado após ser atribuído o registo de patente.

5.2. ÁREA DE ESTUDO E BASE DE DADOS UTILIZADA

Os dados ambientais e biológicos, cuja informação suportou a elaboração das referidas matrizes, incluem parâmetros de 34 albufeiras integradas em seis bacias distintas: Ave (1), Cávado (6), Mondego (5), Lima (2), Douro (11) e Tejo (9) (Figura 5.1). Estes dados foram recolhidos entre Maio de 1996 e Setembro de 2004 pelo LABELEC. Para as variáveis biológicas, em todas as albufeiras, foram consideradas as estações de amostragem a 100m do paredão e a 0,5 m de profundidade (epilímnio). No caso das variáveis ambientais, foram adicionalmente consideradas as estações de amostragem a 100m do paredão, mas a 2 m do fundo da albufeira (hipolímnio). Na generalidade, foram efectuadas, anualmente, quatro campanhas de amostragem, que correspondem a cada uma das estações do ano designadas por Primavera, Verão, Outono e Inverno (identificadas neste trabalho como 1, 2, 3 e 4 respectivamente) (ver Cabecinha et al., 2009a para mais detalhes).

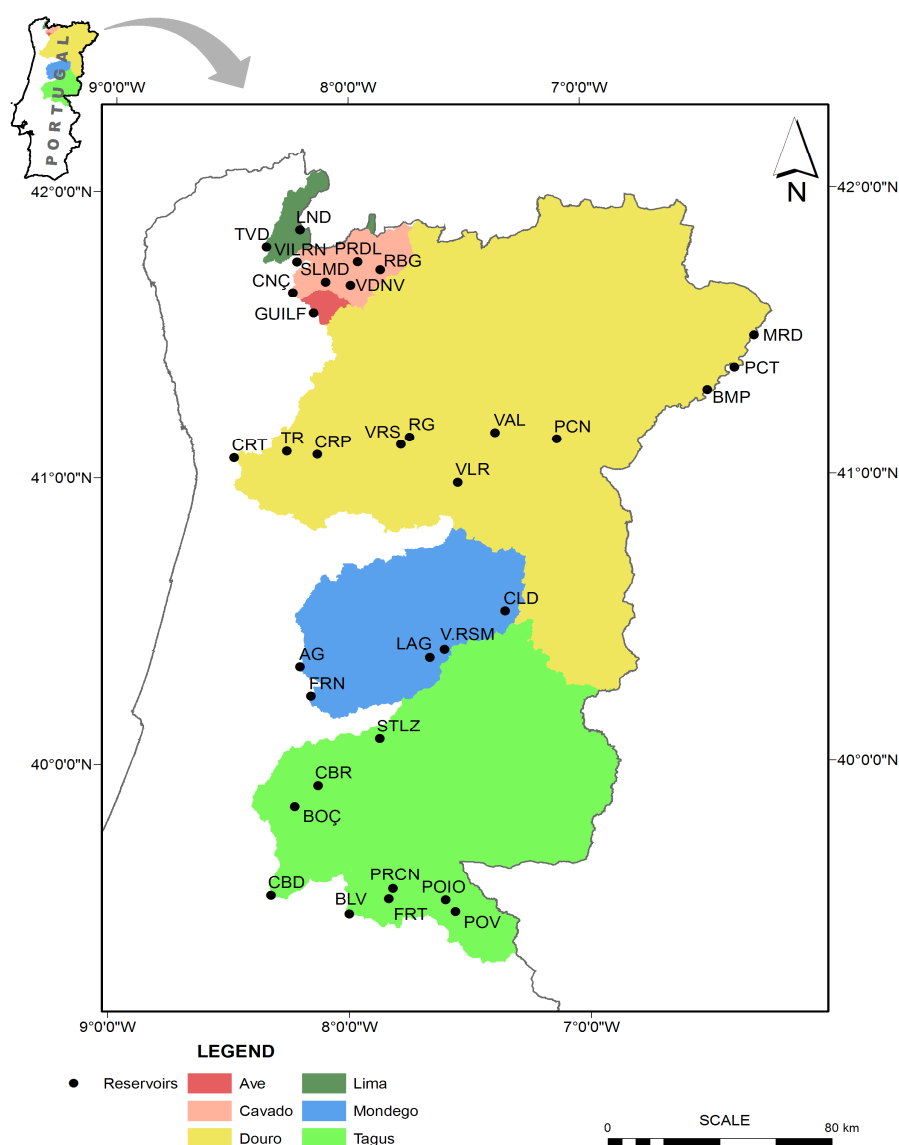


Figura 5.1 – Localização das 34 albufeiras analisadas e respectiva bacia hidrográfica principal. Ver Quadro 5.1 relativamente às abreviaturas.

Devemos realçar que, apesar da numerosa base de dados utilizada, colocaram-se algumas limitações na natureza dos dados biológicos (densidade planctónica), dado os mesmos terem sido expressos em classes através de observação visual e não terem sido determinados quantitativamente.

Abarcaram-se quer sistemas que são operados em regime de fio de água, o que significa, genericamente, que os caudais efluentes são idênticos aos caudais afluentes em função da reduzida capacidade de regularização, quer em regime de albufeira, neste caso com as consequentes alterações de maior magnitude na dinâmica de circulação da água, com superiores tempos de residência das massas de água.

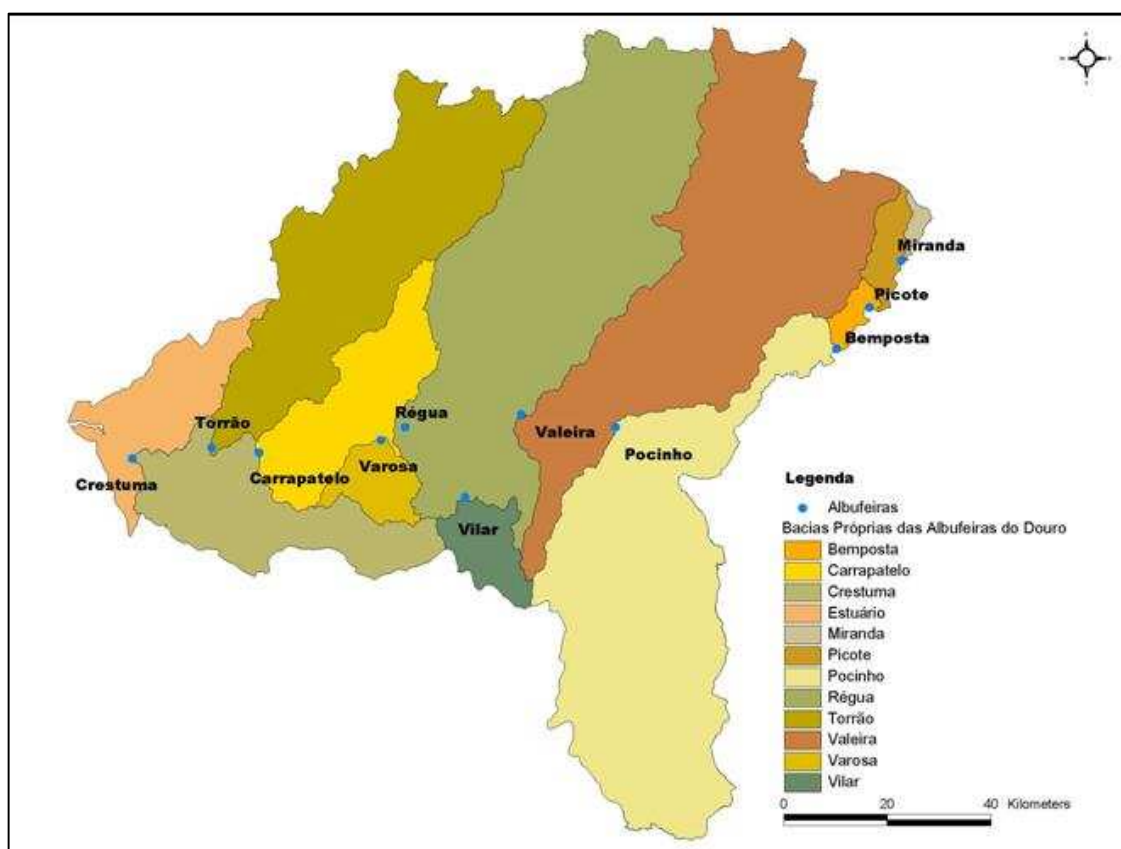


Figura 5.2. Bacia hidrográfica do rio Douro em território nacional e respectivas sub-bacias próprias das albufeiras em estudo.

No aspecto específico da construção do modelo para apurar a situação teórica de referência foram utilizadas as 11 albufeiras integradas na bacia do rio Douro, e pertencentes aos tipos Curso Principais e Norte (ver Figura 5.2, indicando-se nesta figura a bacia de drenagem de cada albufeira), tendo-se considerado o mesmo período de amostragem referido anteriormente, embora a simulação tivesse assentado apenas nos dados recolhidos à superfície (0,5 m de profundidade) (Cabecinha et al., 2009b).

5.3. METODOLOGIA

Em termos metodológicos, o trabalho desenvolvido caracterizou-se por quatro fases distintas: a) identificação de padrões de dissimilaridade entre locais com base na comunidade biológica identificada, b) selecção das variáveis ambientais consideradas influentes na ocorrência de *blooms* algais, c) determinação das inter-relações entre as variáveis ambientais e as métricas ecológicas seleccionadas, cujas respostas podem traduzir o estado de perturbação da coluna de água e d) construção dum modelo dinâmico para determinar a situação potencial de referência, o qual se baseia nas relações apuradas anteriormente entre os processos biológicos e as variáveis ambientais.

Na criação da situação potencial de referência, o modelo foi estabelecido tendo em conta as relações apuradas nas 11 albufeiras do Douro entre as comunidades fitoplancónicas e as características ambientais (variáveis físico-químicas e de cobertura vegetal). Posteriormente foi utilizado um cenário hipotético recorrendo à utilização de duas albufeiras perturbadas (eutrofizadas) de cada um dos tipos definidos em capítulos anteriores (Belver - tipo1 e Torrão - tipo2), onde os respectivos usos do solo foram alterados para que estas albufeiras apresentassem o seu potencial estado ecológico máximo. Assim, procedeu-se à redução/eliminação de todas as fontes de perturbação: eliminação ou redução drástica de área urbana e agrícola com aumento consequente da área de vegetação natural (floresta e matos).

O Quadro 5.1 fornece uma descrição dos parâmetros ambientais que caracterizam essas mesmas albufeiras e que estão na base dos tratamentos multivariados apresentados (para estes apenas foram utilizados os dados físico-químicos).

Quadro 5.1. Descrição das variáveis ambientais em cada local para o período entre 1996 e 2004. Indica-se a simbologia de cada uma. Por sua vez a) e b) designa respectivamente os sistemas a fio de água e em regime de albufeira e o estado trófico é indicado por: 1-Ultra-oligotrófico; 2- Oligotrófico; 3 – Mesotrófico; 4 – Eutrófico 5 - Hiper-eutrófico.

		Belver	Valeira	Picote	Carrapatelo	Fratel	Pocinho	Régua	Miranda
Variáveis ambientais	Código	BLV	Val	PCT	CRP	FRT	PCN	RG	MRD
Coluna de água									
Epilímnio									
temperatura(°C)	Temp	16.77	12.31	16.32	16.51	17.63	14.89	15.64	13.30
Turbidez(NTU)	Turb	2.96	4.85	4.06	1.69	2.50	4.97	4.26	10.80
pH (units)	pH	7.82	7.89	8.13	7.82	8.04	8.03	7.78	7.95
Oxigénio (mg/L)	DO	9.76	9.53	8.61	8.29	10.12	10.76	10.33	9.20
Condutividade (µS/cm)	Cond	445.00	327.00	395.73	293.82	413.29	321.21	300.00	416.33
Amonia-N (mg NH ₄ /L)	NH ₄	0.18	0.17	0.13	0.11	0.20	0.15	0.14	0.27
Nitrato-N (mg NO ₃ /L)	NO ₃	4.77	6.90	6.24	4.77	4.76	6.05	7.26	7.93
Fósforo total (mg PO ₄ /L)	TotP	0.65	0.31	0.34	0.28	0.61	0.29	0.24	0.43
Fe (µg/L)	Fe	68.27	59.63	27.58	29.56	58.71	40.45	46.38	38.33
Mn (µg/L)	Mn	19.41	20.13	8.88	10.80	20.00	11.89	15.50	12.58
Carência Química em Oxigénio (mg O ₂ /L)	COD	12.85	1.40	2.17	8.73	14.06	11.38	11.83	10.70
Carência Bioquímica em Oxigénio (mg O ₂ /L)	BOD ₅	1.96	1.84	2.23	1.40	1.61	1.85	1.91	2.07
Silica total (mg SiO ₂ /L)	SiO ₂	5.56	7.28	1.69	3.14	5.92	3.29	4.34	3.15
Prof. Disco Secchi (m)	SD	1.52	3.39	9.96	2.86	1.86	1.52	2.40	1.23
Chlorofila a (mg/m ³)	CpL_a	11.05	0.77	0.99	0.61	12.40	0.76	0.81	0.85
Coliformes fecais (N/100mL)	FColf	141.17	31.88	17.85	56.16	336.93	48.57	40.50	77.25
Hipolímnio									
Temperatura da água (°C)	Temp-Hp	16.41	12.21	14.99	15.92	15.46	13.71	15.13	11.90
Turbidez (NTU)	Turb-Hp	2.73	6.58	5.79	1.99	3.38	6.36	5.50	20.98
pH	pH-Hp	7.63	7.85	7.72	7.73	7.52	7.69	7.71	7.85
Oxigénio dissolvido (mg O ₂ /L)	DO-Hp	8.08	8.03	4.22	6.97	5.60	7.68	8.84	6.20
Condutividade (µS/cm)	Cond-Hp	451.13	332.38	399.85	300.81	415.64	331.86	303.75	420.83
Sílica total (mg SiO ₂ /L)	SiO ₂ -Hp	5.40	3.50	2.58	3.26	6.60	3.58	4.67	3.75
Variáveis regionais									
Altitude (m)	Alt	46.15	105.20	480.00	71.89	74.00	125.50	73.50	528.05
Precipitação (mm)	PP	66.49	60.56	53.41	70.19	59.57	58.95	65.04	53.85
Área da bacia (Km ²)	A	62802	85400	63750	92050	60000	81005	90800	63100
Área da barragem (Km ²)	Dam_A	2.86	7.95	2.44	9.52	7.50	8.29	8.50	1.22
Prof. Média da barragem (m)	Dp	5.61	11.50	26.92	16.72	17.38	15.64	12.06	31.86
Prof. max.da barragem (m)	MxDp	21.00	48.00	100.00	59.14	43.00	49.00	42.00	80.00
Tempo de residência (dias)	TimRes		3.39	3.27	5.76	5.24	2.50	2.10	1.45
Estado trófico									
Clorofila a media (mg/m ³)		4	1	1	1	4	1	1	1
Fósforo total (mg PO ₄ /L)	TP	5	5	5	5	5	5	5	5
Prof. Disco de Secchi (m)	SD	4	3	2	4	4	4	4	5
Produção energética (GWh)		176	801	1038	870.6	347.5	534	738	1036.3
Pressão antrópica		20	21	23	27	28	28	29	31
Uso		a	a	a	a	a	a	a	a
Periodicidade de amostragem		anual	trianual	anual	trianual	bianual	bianual	trianual	bianual
Bacia principal		Tejo	Douro	Douro	Douro	Tejo	Douro	Douro	Douro

Quadro 1. Continuação

Variáveis ambientais	Código	Vilarinho das Furnas					
		Bemposta	Crestuma-Lever	Furnas	Cançada	Lagoa Comprida	Salamonde
		BMP	CRT	VILRN	CNÇ	LAG	SLMD
Coluna de água							
<u>Epilúmnio</u>							
temperatura(°C)	Temp	15.64	16.85	14.51	15.13	13.07	15.13
Turbidez(NTU)	Turb	1.67	3.13	0.44	1.01	0.84	1.01
pH (units)	pH	8.23	7.70	6.80	6.84	6.48	6.81
Oxigénio (mg/L)	DO	7.98	9.30	9.42	10.08	8.81	10.06
Condutividade (µS/cm)	Cond	413.30	258.30	15.46	22.30	11.95	21.45
Amonia-N (mg NH ₄ /L)	NH ₄	0.18	0.10	0.08	0.09	0.12	0.06
Nitrato-N (mg NO ₃ /L)	NO ₃	5.33	5.12	0.32	0.64	0.20	0.59
Fósforo total (mg PO ₄ /L)	TotP	0.38	0.22	0.02	0.04	0.04	0.03
Fe (µg/L)	Fe	36.60	56.86	24.27	23.18	29.67	25.20
Mn (µg/L)	Mn	10.00	16.30	8.10	8.71	9.38	9.00
Carência Química em Oxigénio (mg O ₂ /L)	COD	10.47	7.26	3.01	4.43	3.94	4.79
Carência Bioquímica em Oxigénio (mg O ₂ /L)	BOD ₅	2.54	1.53	0.66	1.33	0.82	1.16
Silica total (mg SiO ₂ /L)	SiO ₂	1.26	3.57	3.59	3.02	1.12	3.80
Prof. Disco Secchi (m)	SD	2.18	1.68	7.09	3.61	5.87	4.10
Chlorofila a (mg/m ³)	CpL_a	0.89	0.69	0.62	6.27	1.54	2.22
Coliformes fecais (N/100mL)	FColf	7.20	29.45	0.89	8.07	0.67	7.81
<u>Hipolúmnio</u>							
Temperatura da água (°C)	Temp-Hp	11.94	16.37	9.76	11.87	10.15	10.96
Turbidez (NTU)	Turb-Hp	4.60	4.07	0.75	1.72	0.59	2.64
pH	pH-Hp	7.65	7.67	6.53	6.46	6.28	6.34
Oxigénio dissolvido (mg O ₂ /L)	DO-Hp	2.48	8.76	8.23	7.29	8.37	6.07
Condutividade (µS/cm)	Cond-Hp	481.90	262.23	15.40	22.59	12.25	24.49
Silica total (mg SiO ₂ /L)	SiO ₂ -Hp	1.89	3.42	3.31	3.83	1.09	3.62
<u>Variáveis regionais</u>							
Altitude (m)	Alt	402.00	13.20	569.50	162.00	1600.00	280.00
Precipitação (mm)	PP	53.45	90.45	245.97	183.53	160.45	173.18
Área da bacia (Km ²)	A	63850	92040	77	783	6	642
Área da barragem (km ²)	Dam_A	4.05	12.98	3.46	6.89	15.71	2.42
Prof. Média da barragem (m)	Dp	30.83	12.99	34.52	29.51	18.16	31.14
Prof. max.da barragem (m)	MxDp	87.00	65.00	94.00	76.00	29.00	75.00
Tempo de residência (dias)	TimRes	9.52	2.24	202.99	38.63		21.75
<u>Estado trófico</u>							
Clorofila a media (mg/m ³)		1	1	1	3	2	2
Fósforo total (mg PO ₄ /L)	TP	5	5	3	4	4	3
Prof. Disco de Secchi (m)	SD	4	4	2	3	3	3
Produção energética (GWh)		1086	366.9	225	346	48	232
Pressão antrópica		33	34	14	17	17	17
Uso		a	a	b	b	b	b
Periodicidade de amostragem		trianual	anual	binnual	annual	anual	anual
Bacia principal		Douro	Douro	Cávado	Cávado	Mondego	Cávado

Quadro 1. Continuação

Variáveis ambientais	Código	Stº	Touvedo	Paradela	Vale do	Caldeirão	Fronhas	Alto
		Luzia			Rossmim			Lindoso
		STLZ	TVD	PRDL	V.RSM	CLD	FRN	LND
Coluna de água								
Epilúmnio								
temperatura(°C)	Temp	18.60	15.73	17.26	14.06	17.16	18.01	15.80
Turbidez(NTU)	Turb	1.07	2.68	0.55	0.75	1.54	1.76	1.34
pH (units)	pH	6.93	6.83	6.88	6.47	7.31	7.66	7.07
Oxigénio (mg/L)	DO	8.63	9.58	8.73	8.76	9.17	9.69	9.43
Condutividade (µS/cm)	Cond	32.14	32.08	18.50	10.35	33.25	45.99	33.07
Amonia-N (mg NH4/L)	NH4	0.12	0.09	0.07	0.07	0.08	0.11	0.08
Nitrato-N (mg NO3/L)	NO3	0.87	1.27	0.24	0.10	0.44	0.97	1.07
Fósforo total (mg PO4/L)	TotP	0.04	0.05	0.02	0.04	0.07	0.06	0.04
Fe (µg/L)	Fe	47.69	42.21	33.19	34.23	45.37	45.04	24.00
Mn (µg/L)	Mn	23.56	14.49	9.34	10.41	15.03	22.19	7.56
Carência Química em Oxigénio (mg O2/L)	COD	3.85	6.73	3.96	4.02	6.47	7.28	3.23
Carência Bioquímica em Oxigénio (mg O2/L)	BOD5	1.25	1.26	0.99	0.83	1.35	1.58	1.07
Silica total (mg SiO2/L)	SiO2	5.52	3.70	4.34	1.91	5.34	5.89	3.66
Prof. Disco Secchi (m)	SD	4.08	2.61	5.59	5.66	2.73	2.21	5.37
Chlorofila a (mg/m³)	Cpl_a	2.46	7.12	1.10	1.80	6.19	8.39	5.79
Coliformes fecais (N/100mL)	FColf	2.44	9.61	7.07	5.45	19.10	2.00	6.33
Hipolúmnio								
Temperatura da água (°C)	Temp-Hp	12.06	12.86	9.52	11.52	15.60	10.34	11.51
Turbidez (NTU)	Turb-Hp	1.98	3.24	1.00	1.19	1.87	7.21	3.35
pH	pH-Hp	6.48	6.58	6.25	6.38	6.91	6.49	6.50
Oxigénio dissolvido (mg O2/L)	DO-Hp	5.74	6.72	5.82	7.87	6.89	4.26	6.33
Condutividade (µS/cm)	Cond-Hp	31.64	33.69	17.11	11.80	33.97	63.23	36.41
Sílica total (mg SiO2/L)	SiO2-Hp	5.98	4.27	3.77	2.02	5.90	7.61	4.27
Variáveis regionais								
Altitude (m)	Alt	655.60	50.00	740.00	1436.46	702.00	134.00	338.00
Precipitação (mm)	PP	109.80	204.49	164.85	155.14	70.60	114.46	204.26
Área da bacia (Km²)	A	50	1700	269	5	32	652	1525
Área da barragem (km²)	Dam_A	2.46	1.72	3.80	0.37	0.66	5.35	10.72
Prof. Média da barragem (m)	Dp	24.34	11.08	42.78	8.91	8.36	19.87	21.44
Prof. max.da barragem (m)	MxDp	76.00	43.00	112.00	27.00	39.00	62.00	110.00
Tempo de residência (dias)	TimRes		3.34	196.09		19.20	59.43	108.31
Estado trófico								
Clorofila a média (mg/m³)		3	3	3	2	3	4	3
Fósforo total (mg PO4/L)	TP	4	4	3	4	4	4	4
Prof. Disco de Secchi (m)	SD	3	4	3	3	4	4	3
Produção energética (GWh)		55	67	253	28	45	-	948
Pressão antrópica		17	17	20	20	21	21	21
Uso		b	b	b	b	b	b	b
Periodicidade de amostragem		annual	annual	bianual	anual	anual	bianual	anual
Bacia principal		Tejo	Lima	Cávado	Mondego	Mondego	Mondego	Lima

Quadro 1. Continuação

Variáveis ambientais	Código	Alto Rabagão	Venda Nova	Guilhofrei	Bouça	Poio	Torrão	Cabril	Vilar
		RBG	VDNV	GUILF	BOÇ	POIO	TR	CBR	VLR
Coluna de água									
Epilúmnio									
temperatura(°C)	Temp	16.61	14.80	17.18	16.59	17.25	19.17	18.91	15.80
Turbidez(NTU)	Turb	0.83	1.13	1.55	2.11	5.32	2.29	0.99	2.37
pH (units)	pH	6.88	6.83	6.83	7.13	7.97	7.78	7.22	7.74
Oxigénio (mg/L)	DO	9.35	9.18	9.57	9.87	10.17	9.29	9.20	9.57
Condutividade (µS/cm)	Cond	23.10	23.56	32.42	57.46	99.44	85.36	63.71	55.87
Amonia-N (mg NH4/L)	NH4	0.10	0.10	0.08	0.07	0.12	0.11	0.08	0.16
Nitrato-N (mg NO3/L)	NO3	0.22	0.37	1.57	1.99	0.91	2.60	1.55	0.70
Fósforo total (mg PO4/L)	TotP	0.05	0.04	0.05	0.07	0.39	0.10	0.03	0.10
Fe (µg/L)	Fe	28.15	33.45	24.67	36.27	114.73	44.88	26.00	33.70
Mn (µg/L)	Mn	11.54	14.45	8.05	17.82	23.36	13.92	12.60	13.34
Carência Química em Oxigénio (mg O2/L)	COD	5.74	4.57	4.79	4.36	25.59	6.82	4.66	11.19
Carência Bioquímica em Oxigénio (mg O2/L)	BOD5	1.05	1.05	1.23	1.43	5.92	1.44	1.00	1.86
Silica total (mg SiO2/L)	SiO2	0.61	2.32	3.48	9.30	3.22	4.94	8.17	2.02
Prof. Disco Secchi (m)	SD	3.57	3.65	2.76	2.65	0.89	2.35	3.98	2.16
Chlorofila a (mg/m³)	CpL_a	4.16	3.27	10.42	4.36	31.35	0.77	1.96	1.06
Coliformes fecais (N/100mL)	FColf	3.69	3.73	12.34	7.91	467.00	49.52	1.20	3.55
Hipolúmnio									
	Temp-								
Temperatura da água (°C)	Hp	11.53	10.56	14.07	12.42	15.41	15.15	10.98	12.40
Turbidez (NTU)	Turb-Hp	1.23	2.36	2.59	3.52	6.41	2.88	2.94	2.15
pH	pH-Hp	6.55	6.45	6.45	6.59	7.09	6.79	6.69	6.71
Oxigénio dissolvido (mg O2/L)	DO-Hp	6.56	6.45	6.32	5.42	6.04	4.51	3.92	4.92
	Cond-								
Condutividade (µS/cm)	Hp	24.40	23.33	33.34	54.14	102.57	78.40	65.83	56.00
Silica total (mg SiO2/L)	SiO2-Hp	0.72	1.93	4.81	9.58	6.22	6.54	9.19	3.68
Variáveis regionais									
Altitude (m)	Alt	880.00	700.00	335.63	175.00	270.00	65.00	296.00	552.00
Precipitação (mm)	PP	136.68	161.02	198.88	100.11	66.63	122.72	98.91	79.41
Área da bacia (Km²)	A	101	356	122	2525	16	3252	2340	370
Área da barragem (km²)	Dam_A	22.10	4.00	16.30	1.85		6.50	20.23	6.70
Prof. Média da barragem (m)	Dp	26.98	24.70	11.58	24.31	8.37	20.74	38.14	15.75
Prof. max.da barragem (m)	MxDp	94.00	97.00	49.00	65.00	18.00	70.00	136.00	58.00
Tempo de residência (dias)	TimRes	594.12	63.32		7.62		13.52	138.93	320.61
Estado trófico									
Clorofila a media (mg/m³)		3	3	4	3	5	1	2	2
Fósforo total (mg PO4/L)	TP	4	4	4	4	5	4	3	4
Prof. Disco de Secchi (m)	SD	3	3	4	4	5	4	3	4
Produção energética (GWh)		97	389	11	157.2	4.8	228	301	148
Pressão antrópica		21	21	25	27	27	28	28	29
Uso		b	b	b	b	b	b	b	b
Periodicidade de amostragem		bianual	anual	anual	bianual	anual	anual	trianual	anual
Bacia principal		Cávado	Cávado	Ave	Tejo	Tejo	Douro	Tejo	Douro

Quadro 1. Continuação

Variáveis ambientais	Código	Póvoa	Pracana	Castelo	Aguieira	Bouça	Poio	Torrão	Cabril
		Meadas		de Bode					
		POV	PRCN	CBD	AG	BOÇ	POIO	TR	CBR
Coluna de água									
<u>Epilimnio</u>									
temperatura(°C)	Temp	18.40	20.48	19.16	18.95	16.59	17.25	19.17	18.91
Turbidez(NTU)	Turb	4.16	3.02	0.84	1.40	2.11	5.32	2.29	0.99
pH (units)	pH	8.10	8.42	7.38	7.91	7.13	7.97	7.78	7.22
Oxigénio (mg/L)	DO	9.49	9.52	9.02	9.21	9.87	10.17	9.29	9.20
Condutividade (µS/cm)	Cond	110.01	77.18	71.92	85.26	57.46	99.44	85.36	63.71
Amonia-N (mg NH ₄ /L)	NH ₄	0.28	0.12	0.07	0.10	0.07	0.12	0.11	0.08
Nitrato-N (mg NO ₃ /L)	NO ₃	1.51	0.59	1.77	2.04	1.99	0.91	2.60	1.55
Fósforo total (mg PO ₄ /L)	TotP	0.34	0.13	0.03	0.08	0.07	0.39	0.10	0.03
Fe (µg/L)	Fe	138.12	75.50	20.61	34.12	36.27	114.73	44.88	26.00
Mn (µg/L)	Mn	28.69	23.14	7.77	12.01	17.82	23.36	13.92	12.60
Carência Química em Oxigénio (mg O ₂ /L)	COD	21.60	10.47	4.08	7.69	4.36	25.59	6.82	4.66
Carência Bioquímica em Oxigénio (mg O ₂ /L)	BOD ₅	2.92	1.47	0.91	1.57	1.43	5.92	1.44	1.00
Silica total (mg SiO ₂ /L)	SiO ₂	5.09	5.24	4.52	4.81	9.30	3.22	4.94	8.17
Prof. Disco Secchi (m)	SD	1.03	2.34	4.90	2.66	2.65	0.89	2.35	3.98
Chlorofila a (mg/m ³)	Cpl_a	26.97	8.79	1.63	7.84	4.36	31.35	0.77	1.96
Coliformes fecais (N/100mL)	FColf	49.96	15.57	2.48	6.10	7.91	467.00	49.52	1.20
<u>Hipolimnio</u>									
Temperatura da água (°C)	Temp-Hp	14.55	13.66	12.45	14.67	12.42	15.41	15.15	10.98
Turbidez (NTU)	Turb-Hp	5.58	5.31	1.32	2.96	3.52	6.41	2.88	2.94
pH	pH-Hp	6.92	6.89	6.84	6.70	6.59	7.09	6.79	6.69
Oxigénio dissolvido (mg O ₂ /L)	DO-Hp	3.36	3.16	5.40	4.69	5.42	6.04	4.51	3.92
	Cond-								
Condutividade (µS/cm)	Hp	118.07	80.92	68.70	86.19	54.14	102.57	78.40	65.83
Sílica total (mg SiO ₂ /L)	SiO ₂ -Hp	7.55	8.22	8.26	7.72	9.58	6.22	6.54	9.19
<u>Variáveis regionais</u>									
Altitude (m)	Alt	311.45	114.00	121.50	124.70	175.00	270.00	65.00	296.00
Precipitação (mm)	PP	67.27	83.37	99.03	98.27	100.11	66.63	122.72	98.91
Área da bacia (Km ²)	A	150	1410	1340	3100	2525	16	3252	2340
Área da barragem (km ²)	Dam_A	2.36	5.50	32.91	20.00	1.85		6.50	20.23
Prof. Média da barragem (m)	Dp	8.55	23.24	33.49	24.86	24.31	8.37	20.74	38.14
Prof. max.da barragem (m)	MxDp	32.00	60.00	115.00	89.00	65.00	18.00	70.00	136.00
Tempo de residência (dias)	TimRes		105.43	191.10	50.59	7.62		13.52	138.93
<u>Estado trófico</u>									
Clorofila a media (mg/m ³)		5	4	2	3	3	5	1	2
Fósforo total (mg PO ₄ /L)	TP	5	5	3	4	4	5	4	3
Prof. Disco de Secchi (m)	SD	5	5	3	4	4	5	4	3
Produção energética (GWh)		1.6	61.8	390	209.6	157.2	4.8	228	301
Pressão antrópica		29	30	31	31	27	27	28	28
Uso		b	b	b	b	b	b	b	b
Periodicidade de amostragem		anual	bianual	annual	annual	bianual	anual	anual	trianual
Bacia principal		Tejo	Tejo	Tejo	Mondego	Tejo	Tejo	Douro	Tejo

Quadro 1. Continuação

		Vilar	Póvoa Meadas	Pracana	Castelo de Bode	Aguieira	Varosa		
Variáveis ambientais	Código	VLR	POV	PRCN	CBD	AG	VRS	MINIMUM	MAXIMUM
Coluna de água									
Epilúmnio									
temperatura(°C)	Temp	15.80	18.40	20.48	19.16	18.95	16.20	12.31	20.48
Turbidez(NTU)	Turb	2.37	4.16	3.02	0.84	1.40	3.16	0.44	10.80
pH (units)	pH	7.74	8.10	8.42	7.38	7.91	7.85	6.47	8.42
Oxigénio (mg/L)	DO	9.57	9.49	9.52	9.02	9.21	8.88	7.98	10.76
Condutividade (µS/cm)	Cond	55.87	110.01	77.18	71.92	85.26	103.29	10.35	445.00
Amonia-N (mg NH4/L)	NH4	0.16	0.28	0.12	0.07	0.10	0.96	0.06	0.96
Nitrato-N (mg NO3/L)	NO3	0.70	1.51	0.59	1.77	2.04	3.78	0.10	7.93
Fósforo total (mg PO4/L)	TotP	0.10	0.34	0.13	0.03	0.08	0.53	0.02	0.65
Fe (µg/L)	Fe	33.70	138.12	75.50	20.61	34.12	129.70	23.18	114.73
Mn (µg/L)	Mn	13.34	28.69	23.14	7.77	12.01	28.52	7.56	23.56
Carência Química em Oxigénio (mg O2/L)	COD	11.19	21.60	10.47	4.08	7.69	13.05	1.40	26.59
Carência Bioquímica em Oxigénio (mg O2/L)	BOD5	1.86	2.92	1.47	0.91	1.57	3.38	0.66	5.92
Silica total (mg SiO2/L)	SiO2	2.02	5.09	5.24	4.52	4.81	8.41	0.61	9.30
Prof. Disco Secchi (m)	SD	2.16	1.03	2.34	4.90	2.66	1.54	0.89	7.09
Chlorofila a (mg/m³)	Cpl_a	1.06	26.97	8.79	1.63	7.84	1.11	0.61	34.58
Coliformes fecais (N/100mL)	FColf	3.55	49.96	15.57	2.48	6.10	123.00	0.67	467.00
Hipolímnio									
Temperatura da água (°C)	Temp-Hp	12.40	14.55	13.66	12.45	14.67	9.54	9.52	16.37
Turbidez (NTU)	Turb-Hp	2.15	5.58	5.31	1.32	2.96	11.65	0.59	20.98
pH	pH-Hp	6.71	6.92	6.89	6.84	6.70	6.67	6.25	7.85
Oxigénio dissolvido (mg O2/L)	DO-Hp	4.92	3.36	3.16	5.40	4.69	1.94	2.48	8.76
	Cond-								
Condutividade (µS/cm)	Hp	56.00	118.07	80.92	68.70	86.19	104.63	11.80	481.90
Silica total (mg SiO2/L)	SiO2-Hp	3.68	7.55	8.22	8.26	7.72	8.45	0.72	9.58
Variáveis regionais									
Altitude (m)	Alt	552.00	311.45	114.00	121.50	124.70	264.00	13.20	1600.00
Precipitação (mm)	PP	79.41	67.27	83.37	99.03	98.27	134.04	53.41	245.97
Área da bacia (Km²)	A	370	150	1410	1340	3100	310	4	96303
Área da barragem (km²)	Dam_A	6.70	2.36	5.50	32.91	20.00	0.70	0.37	32.91
Prof. Média da barragem (m)	Dp	15.75	8.55	23.24	33.49	24.86	23.49	5.61	42.78
Prof. max.da barragem (m)	MxDp	58.00	32.00	60.00	115.00	89.00	76.00	18.00	136.00
Tempo de residência (dias)	TimRes	320.61		105.43	191.10	50.59		1.45	594.12
Estado trófico									
Clorofila a média (mg/m³)		2	5	4	2	3	2	1	5
Fósforo total (mg PO4/L)	TP	4	5	5	3	4	5	3	5
Prof. Disco de Secchi (m)	SD	4	5	5	3	4	4	2	5
Produção energética (GWh)		148	1.6	61.8	390	209.6	60	1.6	1086
Pressão antrópica		29	29	30	31	31	32		
Uso	b	b	b	b	b	b	b		
Periodicidade de amostragem	anual	anual	bianual	anual	anual	anual	anual		
Bacia principal	Douro	Tejo	Tejo	Tejo	Mondego	Douro			

5.3.1 Tratamento estatístico dos dados

Para determinar o estado ecológico das bacias de drenagem respeitantes a cada albufeira foi feito em SIG (ESRI, ArcGIS 9.0) uma sobreposição espacial de 12 variáveis ambientais associadas com os impactes antropogénicos. As mesmas estão indicadas no Quadro 5.2, enquanto que no Quadro 5.3 se indica o estabelecimento das respectivas classes associadas.

Quadro 5.2. Caracterização das pressões antropogénicas nas bacias de drenagem das albufeiras consideradas, considerando-se 4 grupos distintos de perturbação (Cabecinha et al., 2009a).

Tipo de perturbação	Variáveis de pressão	Classificação	Unidades
Uso do solo	(1) Territórios artificializados	5 classes de variação percentual máxima potencial	ha / ha de bacia
	(2) Agricultura intensiva		ha / ha de bacia
	(3) Agricultura extensiva		ha / ha de bacia
	(4) Áreas naturais e semi-naturais		ha / ha de bacia
	(5) Áreas ardidas		ha / ha de bacia
	(6) Rede viária		Km /ha de bacia de drenagem
Poluição tóxica nutritiva	(7) Poluição tóxica nutritiva		(g /hab_eq dia) / ha bacia
	(8) Poluição tóxica nutritiva		(g /animal_eq dia) / ha bacia
¹ Poluição tóxica tóxica	(9) nº de fontes de empresas de agricultura e pesca		Nº de fontes / ha de bacia
	(10) nº de fontes de indústrias extractivas		Nº de fontes / ha de bacia
	(11) nº de fontes de indústrias transformadoras		Nº de fontes / ha de bacia
Variações hidrométricas	(12) Variações hidrométricas		

¹Empresas segundo a classificação das actividades económicas

Quadro 5.3. Classes de pressão global em cada albufeira associadas com os diferentes tipos de perturbação indicados no Quadro 5.2.

Pressão antropogénica		Qualidade da água
Muito baixa ou nula	<18	1
Baixa	18-22	2
Moderada	22-26	3
Elevada	26-30	4
Muito elevada	>30	5

Como se pode ver no Quadro 5.2 as respectivas variáveis estão agrupadas em 4 categorias. No caso da cobertura do solo as 6 variáveis derivaram do Corine Land Cover (para 2 períodos distintos (CLC, 1990 e 2000 - IGOE). A poluição tóxica conducente à eutrofização foi realizada com base em dados do INE (2006) e ambas foram expressas em gBOD₅ por habitante ou animal/ha). Na poluição tóxica, os dados dizem respeito à actividade industrial (INE, 2006) tendo-se discriminado 3 tipos distintos de origem dos efluentes. Finalmente nas alterações hidrométricas foram quantificadas as diferenças entre a NPA máxima em cada albufeira e as NPAs observadas. Esta caracterização de cada albufeira possibilitou separar os locais com menor grau de perturbação (que passamos a definir como de referência), dos mais degradados (não referência). A classificação de cada albufeira de acordo com o grau de pressão antrópica, seguindo estes critérios, está incluída dentro da caracterização detalhada de cada albufeira presente no Quadro 5.1 (ver estado trófico – pressão antrópica). Portanto, cada albufeira foi classificada segundo um critério aditivo em que se somou para cada tipo de perturbação a respectiva classe que exprime o grau de pressão.

Foram construídas duas matrizes, uma ambiental e outra biológica. A primeira incluiu elementos de qualidade para a classificação do estado ecológico de massas de água fortemente modificadas aplicáveis a lagos - superfície natural, que mais se assemelha às massas de água em análise. Foram introduzidas na matriz variáveis hidromorfológicas e físico-químicas de suporte dos elementos biológicos citadas no Anexo V da DQA, nomeadamente variáveis referentes ao regime hidrológico (caudais e condições de escoamento, fornecidos pelo INAG), transparência, condições térmicas e de oxigenação, estado de acidificação e condições relativas aos nutrientes.

A segunda matriz, biológica, incluiu métricas ecológicas relativas às comunidades de fitoplâncton. Nomeadamente, foram reportados os dados relativos à abundância de espécies da comunidade algal em análise, com a seguinte escala quantitativa: 1-presente; 2-frequente; 3-abundante; 4-bloom, pelo que não foi necessário efectuar a padronização dos dados, contrariamente aos dados constantes na matriz ambiental. No entanto, sempre que foi necessário proceder ao agrupamento dos dados por albufeira e não por estação do ano, e dado que não era possível efectuar médias da escala quantitativa utilizada, foi necessário efectuar uma matriz de presença/ausência e transformá-la numa matriz de probabilidade de ocorrência. Foi com base nesta matriz que se efectuaram todos os procedimentos estatísticos multivariados seguidamente

descritos. De realçar, que foram retiradas todas as espécies que apresentaram 3 ou menos presenças, no conjunto das albufeiras analisadas, para o período em estudo.

As matrizes de dados ambientais foram sujeitas a uma ordenação por componentes principais (PCA) com base numa matriz de correlações. Esta análise visou apurar a variação espacial e os gradientes ambientais predominantes destas albufeiras. Houve o cuidado de reduzir previamente a redundância, realizando-se análises de correlação de Pearson com o fim de eliminar as variáveis mais fortemente correlacionadas. Para complementar esta informação recorreu-se também, nesta primeira fase, à análise de classificação hierárquica, em que os processos de agrupamento foram os métodos de Ward e de Manhattam, cujo objectivo é agrupar objectos (locais) em classes para que os locais pertencentes a uma determinada classe sejam semelhantes mas diferentes daqueles pertencentes a outras classes. A distância estatística entre albufeiras foi medida através uma abordagem baseada na análise de variância para avaliar a distância entre classes. Os referidos tratamentos estatísticos foram efectuados através do programa STATISTICA 7.0.

As matrizes de dados biológicos foram tratadas através de análises de ordenação não métrica (Multi-Dimensional Scaling – nMDS) com o objectivo de comparar as comunidades fitoplanctónicas para o conjunto das albufeiras. Esta técnica ordena os locais de acordo com a matriz de similaridade, sendo que as distâncias entre locais correspondem a uma ordem de similaridade entre locais (ordem por categoria) - Clarke e Warwick (1994). A adequação deste procedimento é avaliada através do valor de “stress” que mede o desvio entre os locais após a análise com aquele constante da matriz original. Foi utilizado para esta finalidade o programa PRIMER 5.0. Finalmente, foram utilizados testes de ANOSIM com o objectivo de testar as diferenças entre os grupos tipológicos apurados através do método anterior, contrastando com as diferenças intra-grupo (diferenças entre locais de um mesmo grupo tipológico), Clarke e Warwick (1994). Alguns procedimentos foram complementados com análises de classificação hierárquica. Estas análises foram também efectuadas através do programa PRIMER 5.0. Pretendeu-se assim identificar padrões de dissimilaridade entre locais com base nas espécies identificadas e avaliar as relações entre a dinâmica da comunidade algal e as variáveis ambientais.

Com a finalidade de seleccionar as variáveis ambientais consideradas influentes na ocorrência de blooms algais e de avaliar as relações entre a dinâmica da comunidade algal e as variáveis ambientais recorreu-se à análise canónica discriminante (Discriminant Canonical Analysis -DCA), à análise canónica de correspondência (Canonical Corespondent Analysis -CCA) e à RDA. Todas estas análises foram efectuadas no programa CANOCO - CANOnical Community Ordination (Ter Braak, 1986, 1990, 2002) versão 4.5.

5.3.2 Construção do modelo preditivo

O objectivo associado à construção do modelo foi o de permitir a determinação da qualidade da água em sistemas aquáticos, através de variáveis ambientais e biológicas, nomeadamente através da comunidade de fitoplâncton, tendo em conta as fontes de poluição tópica e difusa. Deste modo é possível prever as condições potenciais de referência, tal como preconizado na DQA, a partir da variação das condições ambientais-chave (Cabecinha et al., 2009b, 2009e). O modelo incorpora ainda um processo dinâmico pelo que é possível prever como essa situação de referência varia em termos temporais (numa base sazonal). No caso presente, a projecção da situação de referência foi realizada a partir da alteração hipotética da utilização do solo na bacia de drenagem das duas albufeiras consideradas. Isto é, de modo a predizer as condições biológicas em situações de ausência de perturbação foi considerado que a cobertura vegetal nessas bacias se aproximava da vegetação natural (floresta e matos).

Para além deste objectivo, associado mais directamente com o presente protocolo, queremos deixar vincado que o modelo poderá acessoriamente possibilitar no futuro contribuir para a gestão das respectivas bacias hidrográficas através de simulação da implementação de técnicas de minimização da poluição tópica (etars, fitoetars, etc.) e difusa (alteração de usos do solo), bem como dos efeitos respectivos dessas técnicas na redução da poluição numa dada bacia, revelando-se um instrumento de apoio à decisão no processo diário da gestão de bacias hidrográficas. Estas potencialidades do modelo são evidentes dado que este modelo permite não só determinar a situação de referência potencial como pode contribuir para a própria requalificação do ecossistema aquático ao possibilitar simular as medidas que podem levar a obter o Bom Estado Ecológico. O presente modelo tem também por base um processo de análise da qualidade da água através da projecção estocástico-dinâmica de ecossistemas aquáticos numa

perspectiva multi-escala. Esta perspectiva baseia-se no facto de no mesmo processo aglomerar dados a macro-escala, como os usos do solo definidos à escala da bacia hidrográfica, e dados a micro-escala, nomeadamente os dados das variáveis ambientais e biológicas que ocorrem na coluna de água da albufeira. Esta abordagem envolve quatro etapas distintas que passamos a descrever (Cabecinha et al., 2009b, 2009e):

Etapas 1) Determinação das relações dinâmicas de alterações de uso do solo

Para determinar essas relações procedeu-se à análise cartográfica das tendências existentes, nomeadamente o aumento/decréscimo das áreas artificiais, agrícolas ou florestadas e a forma como interagem entre si. Analisaram-se também os cenários de evolução previstos para esses usos nos Planos Directores Municipais (PDM) dos diversos concelhos que fazem parte da região em estudo. Esta informação permitiu a construção de uma matriz com a identificação e distribuição espacial e temporal das classes de uso do solo existentes na bacia hidrográfica.

Etapas 2) Construção das matrizes relativas à interacção entre variáveis ambientais e biológicas

Esta informação deve permitir incorporar no processo a variação sazonal inerente aos sistemas aquáticos estudados. Estas matrizes resultam do tratamento estatístico multivariado através de regressões múltiplas (usou-se o programa Systat 8.0® _Copyright SPSS inc., 1998, estabelecendo-se, assim, numa primeira fase, as inter-relações entre as variáveis ambientais aleatórias, os usos do solo existentes nas várias bacias das albufeiras e os parâmetros ambientais de suporte às variáveis biológicas. Algumas das variáveis ambientais aleatórias consideradas foram a temperatura da superfície da água, a precipitação, o volume de armazenamento, o nível pleno de armazenamento e o tempo de residência. As variáveis ambientais de suporte às variáveis biológicas foram os descritores físico-químicos da qualidade da água e ainda outros parâmetros ambientais que descrevem a tipologia das albufeiras. Posteriormente, estabeleceram-se as inter-relações entre as variáveis biológicas, ou seja, as métricas relativas à comunidade de fitoplâncton, e os parâmetros ambientais (incluindo os aleatórios) anteriormente referidos, através do mesmo procedimento estatístico multivariado.

Etapa 3) Inserção de dados na Interface/utilizador

O programa de modelação utilizado para a construção do modelo estocástico-dinâmico foi o STELLA® 8.1.1 (ISEE Systems – Copyright Altura Software Inc., 1990-2004), cuja representação conceptual é baseada numa linguagem do tipo Forrester modificado (Jørgensen, 2001).

A interface deste programa permite definir três níveis (layers) distintos: um nível que permite a construção do modelo conceptual e inserção das equações respectivas (Figura 5.3); outro que mostra todas as fórmulas matemáticas que permitem correr o modelo desenvolvido e um terceiro nível que permite criar uma interface mais amigável para o utilizador comum que não tem necessariamente que dominar programação e modelação.

O modelo estocástico-dinâmico desenvolvido relaciona a dinâmica de usos do solo existente na bacia hidrográfica com as variáveis ambientais e biológicas. Ou seja, através deste processo é possível predizer de que forma, directa ou indirecta, as alterações dos usos do solo afectam a qualidade da água.

De modo a avaliar o efeito conjugado dos parâmetros ambientais seleccionados, com influência efectiva sobre as métricas adoptadas e respectiva qualidade da água, consideram-se assim 3 Fases distintas no modelo:

- Determinação das relações dinâmicas de alterações de uso do solo: As relações entre as variáveis de estado relacionadas com os diversos usos do solo existentes na bacia hidrográfica estabeleceram-se de modo dinâmico com base nas tendências de evolução do território, determinados na etapa 1.
- Estabelecimento posterior das inter-relações entre as variáveis ambientais aleatórias, os usos do solo existentes nas várias bacias das albufeiras e os parâmetros ambientais de suporte às variáveis biológicas, resultantes do tratamento estatístico multivariado convencional referido.
- Finalmente estabeleceram-se as inter-relações entre as métricas relativas à comunidade de fitoplâncton e as variáveis ambientais (incluindo as aleatórias) anteriormente referidas, resultantes do tratamento estatístico multivariado convencional. Estas inter-relações são expressas pelas por diversas, das quais apenas damos aqui o exemplo do que foi estabelecido para a Clorofila a (CLFa):

$$\text{Log_CLFa}(t) = \text{Log_CLFa}(t - dt) + (\text{CLFa_Ganhos_Seco} + \text{CLFa_Ganhos_Humido} - \text{CLFa_ajuste} - \text{CLFa_Perdas_Seco} - \text{CLFa_Perdas_Humido}) * dt$$

$$\text{CLFa_Ganhos_Seco} = \text{if CPREC} \leq \text{NPREC then Z13+Y118*} \\ \text{LogCl_final+Y119*LogCBO5_final else 0}$$

$$\text{CLFa_Ganhos_Humido} = \text{if CPREC} > \text{NPREC then Z14+Y120*LogpH_final else 0}$$

$$\text{CLFa_ajuste} = \text{Log_CLFa}$$

$$\text{CLFa_Perdas_Seco} = \text{if CPREC} \leq \text{NPREC then Y121*} \\ \text{LogTotColf_final+Y122*LogSO4_final+Y123*LogProfundidade+Y124*Log_CPREC+} \\ \text{Y125*LogPO4_final else 0}$$

$$\text{CLFa_Perdas_Humido} = \text{if CPREC} > \text{NPREC then} \\ \text{Y126*LogOD_final+Y127*LogPO4_final+Y128*LogVARMZ else 0 (243)}$$

A unidade base dos modelos desenvolvidos é assim composta por cada variável de estado (as variáveis que pretendemos simular e que são usadas para definir a situação de referência) e pelo balanço respectivo entre ganhos e perdas, decorrente das relações estabelecidas com as variáveis ambientais (expressas pelos coeficientes parciais de regressão). Este balanço é representado pelas equações de diferença que permitem determinar o comportamento da variável de estado em cada momento t . Um esquema das diferentes etapas descritas anteriormente aparece na Figura 5.3.

As equações às diferenças, conjuntamente com as equações diferenciais, representam as equações matemáticas principais do processo. As primeiras descrevem um balanço discreto que ocorre na variável de estado por unidade de tempo que pode ser traduzido pela equação $A(t) = A(t-1) + (\text{Ganhos}(t) - \text{Perdas}(t) - \text{Ajuste}(t))$. A determinação desse balanço é possível através das equações processuais que permitem efectuar a discriminação parcelar das influências directas (positivas ou negativas) das variáveis independentes sobre a variável de estado. Esta discriminação resulta do balanço entre os ganhos e as perdas (resultantes das constantes e dos coeficientes parciais de regressão associados às respectivas variáveis ambientais com influência sobre determinada métrica) e que representam as alterações contínuas sofridas pela variável de estado por unidade de tempo e podem ser traduzidas por equações do tipo $dA/dt = \text{Ganhos} - \text{Perdas} - \text{Ajuste}$. Onde A representa a variável de estado (Cabecinha et al, 2004, 2007, 2009b).

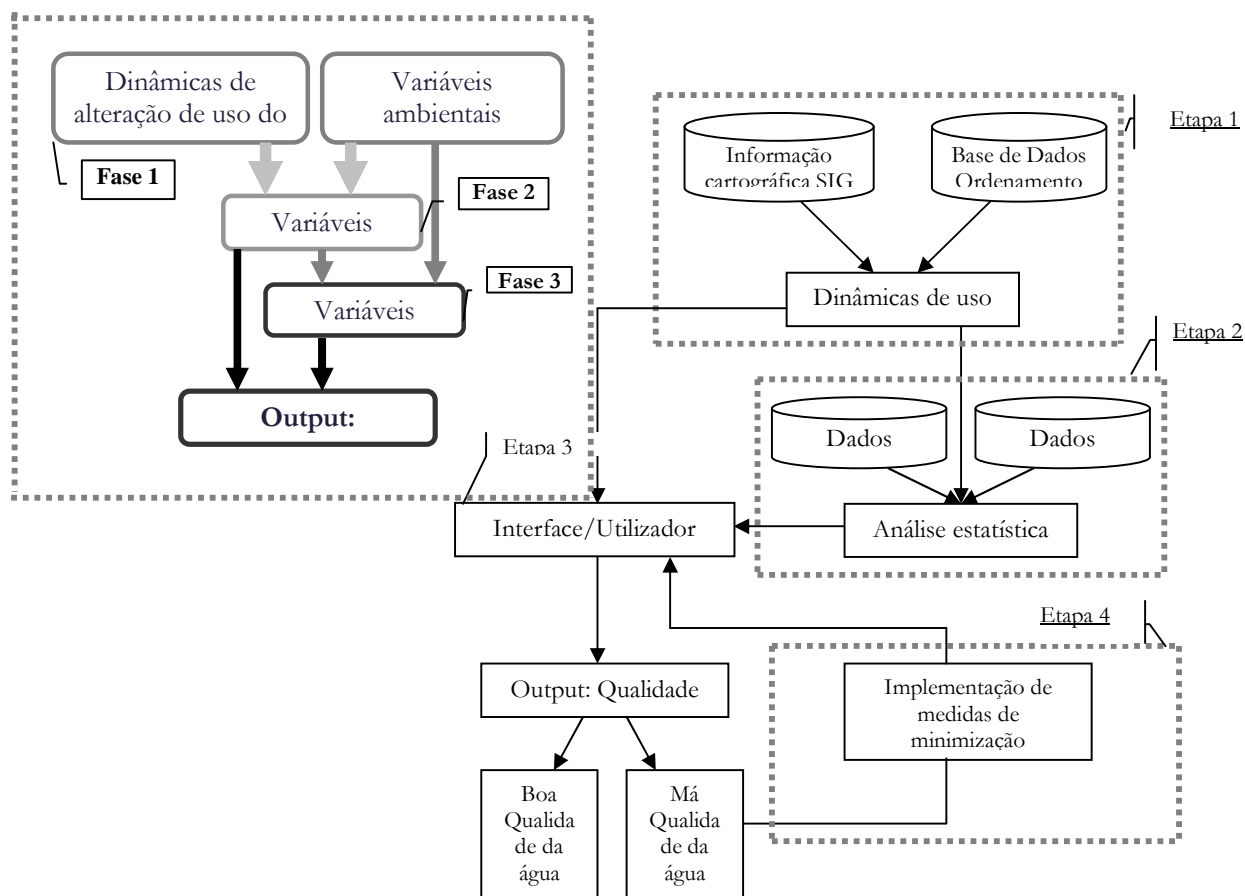


Figura 5.3. Descrição dos diferentes passos na elaboração do modelo estocático-dinâmico para determinar a situação de referência. Como se pode apreciar, o próprio modelo permite posteriormente definir as medidas de requalificação apropriadas e projectar esses efeitos na situação ecológica das albufeiras.

5.4. RESULTADOS

5.4.1 Validação da tipologia abiótica

Utilizando a análise de classificação foi possível obter a Figura 5.4, a qual evidencia a separação das diferentes albufeiras do Norte e Centro do país em 2 grupos essenciais: o grupo 1 contém essencialmente os sistemas explorados em cascata a fio de água no Douro e no Tejo (77% dos casos), enquanto o 2º inclui os sistemas em regime de albufeira. Ressalta portanto a nítida

diferenciação entre as duas formas de exploração, que se associam a uma distinta composição físico-química as respectivas massas de água. Na verdade, o grupo 1 inclui albufeiras mais eutrofizadas, pese embora o menor tempo de retenção, que se situa em média entre os 3-5 dias. No grupo 2 é ainda possível distinguir entre 2 grupos: G2.1 abarca as albufeiras de maior altitude, precipitação mais alta e menores efeitos da humanização, enquanto que o grupo 2.2 inclui sistemas sujeitos a um grau de stress superior. A caracterização ecológica destes grupos assim individualizados surge por sua vez no Quadro 5.4.

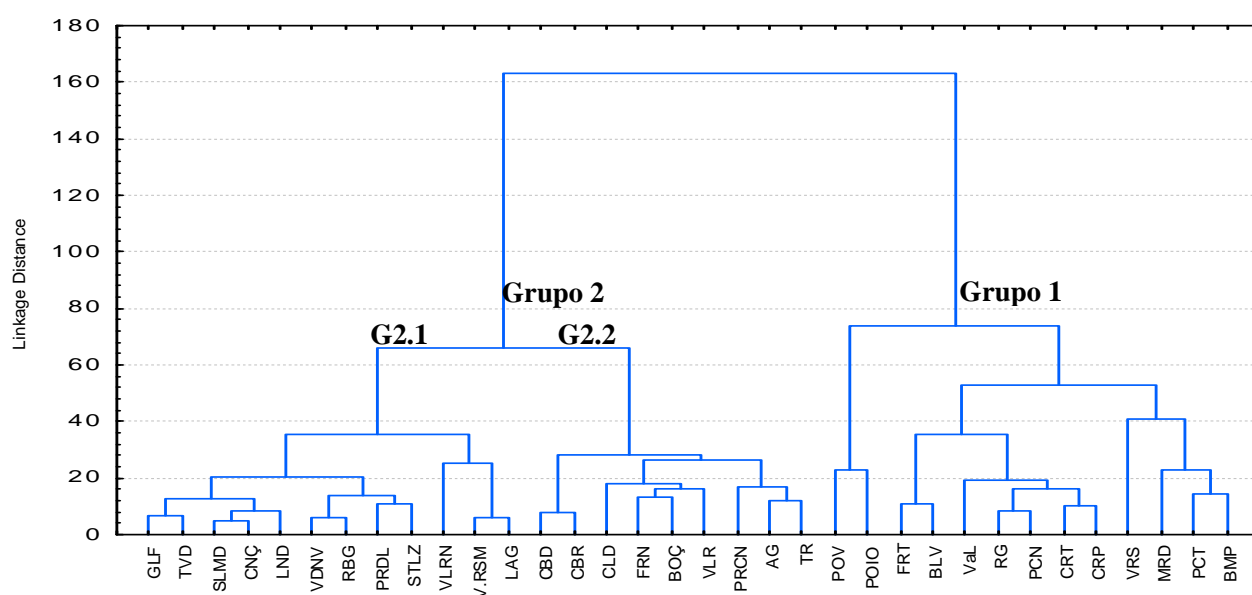


Figura 5.4. Análise de classificação estabelecida para o universo das 34 albufeiras através das medidas de distância city-block.

Com os mesmos dados foi elaborada uma PCA (Figura 5.5), a qual permitiu igualmente definir grupos idênticos ao da classificação anterior. Todavia, esta análise permite igualmente apurar de modo mais pormenorizado os factores ambientais responsáveis pela agregação dos locais. Com este objectivo procedeu-se à correlação das variáveis ambientais com os eixos da ordenação. O eixo 1 que absorve 31,86 % da variância total e que permite a discriminação nos dois grupos anteriormente definidos está associado com factores ligados ao stress ambiental (nutrientes, CBO e CQO, poluição microbiológica, transparência e produção primária), mas também com um gradiente térmico (temperatura hipolimnética). Inversamente, relaciona-se de modo negativo com factores tipológicos (altitude, distância à nascente e declive). Por sua vez, o

eixo 2 (15,25 % de variação explicada) correlaciona-se positivamente com a dureza, nitratos e a forma do reservatório, muito embora se correlacione de modo inverso com a clorofila *a*. Assim, de modo genérico, podemos dizer que subjacente à separação entre os locais está a transição entre os reservatórios de zonas mais altas e de maior profundidade em bacias predominantemente florestadas, para albufeiras situadas em zonas mais baixas, com águas mais quentes e em bacias onde se exercem mais actividades industriais e com maior área de drenagem destinada à agricultura. Estes reservatórios apresentam, como se pode constatar no Quadro 5.1, superior condutividade, dureza e concentração de nutrientes, contaminação orgânica e microbiológica mais evidente e níveis inferiores em oxigénio dissolvido quando comparados com os sistemas de maior altitude e de águas mais frias.

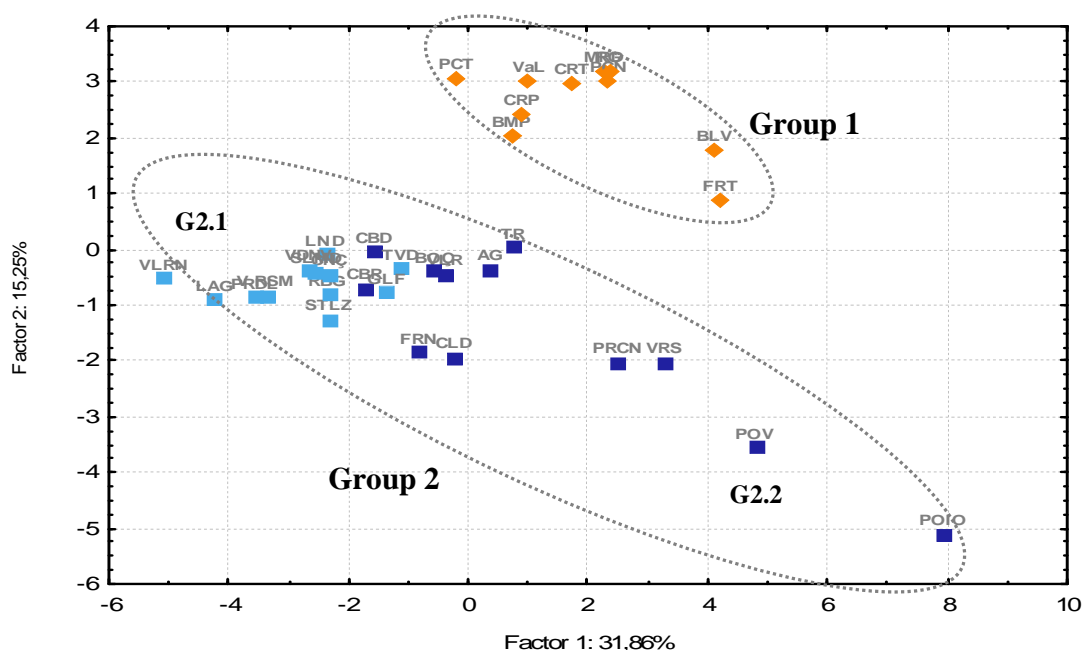


Figura 5.5. Ordenação das 34 albufeiras por PCA. Os grupos correspondem às mesmas designações estabelecidas nos agrupamentos obtidos na Figura 3.

Seguidamente procurou-se apurar se havia um gradiente de stress ambiental em cada grupo, pelo que se elaboraram PCAs individualizadas para o grupo 1 e grupo 2. No 1ª caso (35,32 da variância absorvida), e como se pode observar na Figura 5.6, tal gradiente não é evidente, estando a 1ª componente associada essencialmente com a altitude, profundidade média e declive

médio da bacia, este de forma negativa. A 2ª componente (22,73% de variância) relaciona-se principalmente com os teores em fósforo.

Quadro 5.4. Características dos grupos discriminados a partir da análise de classificação presente na Figura 3 (indica-se a média e desvio padrão por variável). Adicionalmente separou-se dentro de cada grupo a situação de referência da perturbada.

Variáveis ambientais	Grupo 1		Grupo 2		G 1- Referência		G 1 - perturbado		G 2- Referência		G 2 - perturbado	
	Média	sd	Média	sd	Média	sd	Média	sd	Média	sd	Média	sd
Coluna de água												
<i>Epilimnio</i>												
Temp (°C)	15.59	1.67	16.83	1.88	14.54	3.15	15.78	1.42	15.84	1.62	18.09	1.54
pH (units)	7.94	0.17	7.26	0.55	7.85	0.05	7.94	0.18	6.91	0.31	7.75	0.40
OD (mg/L)	9.39	0.90	9.36	0.43	9.64	0.16	9.43	1.04	9.30	0.48	9.42	0.39
Cond (µS/cm)	358.40	65.19	48.55	31.32	386.00	83.44	345.18	67.26	24.86	10.07	80.95	19.14
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	141.43	24.64	9.92	7.15	138.15	1.20	138.15	27.37	4.53	2.60	17.45	3.67
Cl (mg/L)	19.23	8.22	5.32	3.25	25.39	14.38	17.73	7.15	3.05	1.02	8.34	2.83
NH ₄ -N (mg/L)	0.16	0.05	0.14	0.18	0.17	0.01	0.16	0.06	0.09	0.02	0.21	0.27
NO ₃ -N (mg/L)	5.91	1.15	1.10	0.89	5.84	1.51	5.89	1.26	0.56	0.38	1.74	0.96
P tot (mg PO ₄ /L)	0.38	0.15	0.72	3.02	0.48	0.25	0.35	0.14	0.19	0.12	0.18	0.17
SO ₄ (mg/L)	51.45	21.56	3.50	2.67	65.18	36.74	47.56	19.80	1.43	0.66	6.40	1.27
SiO ₂ (mg/L)	3.92	1.88	4.33	2.16	6.42	1.22	3.53	1.41	3.45	1.64	5.57	2.34
SD (m)	2.86	2.58	3.47	1.62	2.46	1.32	1.96	0.56	4.32	1.48	2.45	1.24
Cpl_a (mg/m3)	2.98	4.62	6.35	7.79	5.91	7.27	2.43	4.40	4.15	2.53	8.58	11.26
Colf F(N/100mL)	79	98	34	96	87	77	85	113	6	5	73	144
<i>Hipolimnio</i>												
Temp-Hp (°C)	14.40	1.82	12.23	1.91	14.31	2.97	14.35	1.85	11.40	1.59	13.12	1.91
OD-Hp (mg O ₂ /L)	6.68	2.08	5.68	1.62	8.05	0.03	6.64	2.20	6.66	1.12	4.34	1.25
Regional variables												
Alt (m)	189.41	196.52	453.20	407.27	75.68	41.75	180.39	198.06	634.43	473.39	229.37	142.98
PP (mm)	63.20	11.17	134.71	50.21	63.53	4.19	64.50	12.89	160.34	45.85	94.98	21.89
A (Km ²)	75480	13900	881	1029	74101	15979	77549	14789	477	572	1481	1253
Prof. Média (m)	18.15	8.82	22.26	9.75	8.55	4.17	19.64	8.23	23.22	10.18	22.09	9.53
Residência (dias)	3.94	2.54	125.59	149.72	3.39	1.15	4.12	2.90	130.72	177.45	118.26	111.53
Variáveis biológicas												
Fitoplacton (% especies)												
<i>Pyrrophyta</i> (PYR)	0,77		3,45		0,18		0,94		4,27		2,39	
<i>Cyanophyta</i> (CN)	8,47		11,41		7,45		8,75		9,41		14,23	
<i>Chrysophyta</i> (CRS)	0,88		5,52		1,06		0,82		8,39		2,15	
<i>Euglenophyta</i> (EGL)	3,73		1,81		2,40		4,09		1,22		2,52	
<i>Bacillariophyta</i> (DTM)	40,66		33,76		43,39		39,90		35,89		31,22	
<i>Chlorophyta</i> (CLP)	42,15		40,15		42,68		42,00		36,66		43,86	
<i>Cryptophyta</i> (CRP)	3,35		3,90		2,84		3,49		4,17		3,63	

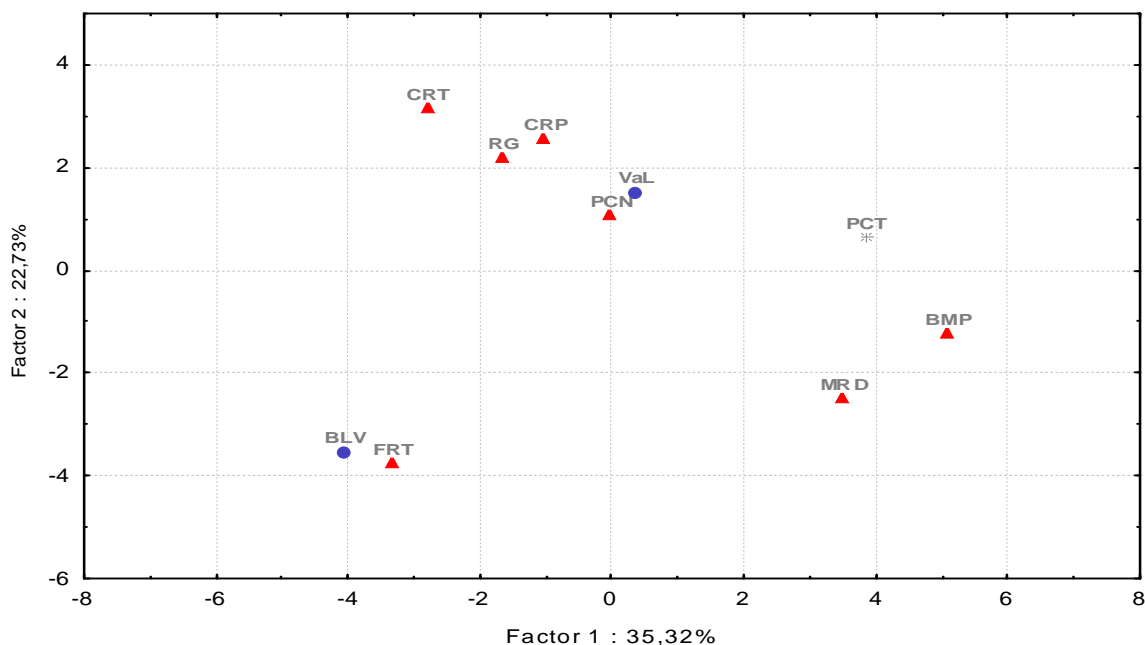


Figura 5.6. PCA correspondente às albufeiras do Grupo 1, que incluem principalmente as de maior altitude.

Já no que diz respeito à PCA realizada para o grupo 2 foi claro esse gradiente de perturbação, permitindo distinguir os locais de referência dos perturbados, dado que a 1ª componente (41,45 % da variância explicada) se relaciona especialmente com a contaminação orgânica e microbiológica, turbidez e teor em nutrientes e com a depleção de oxigénio hipolimnético (ver Figura 5.7). Os locais de referência correspondem pois às albufeiras mais profundas e situadas em locais de maior altitude, encontrando-se em bacias menos agricultadas e urbanizadas.

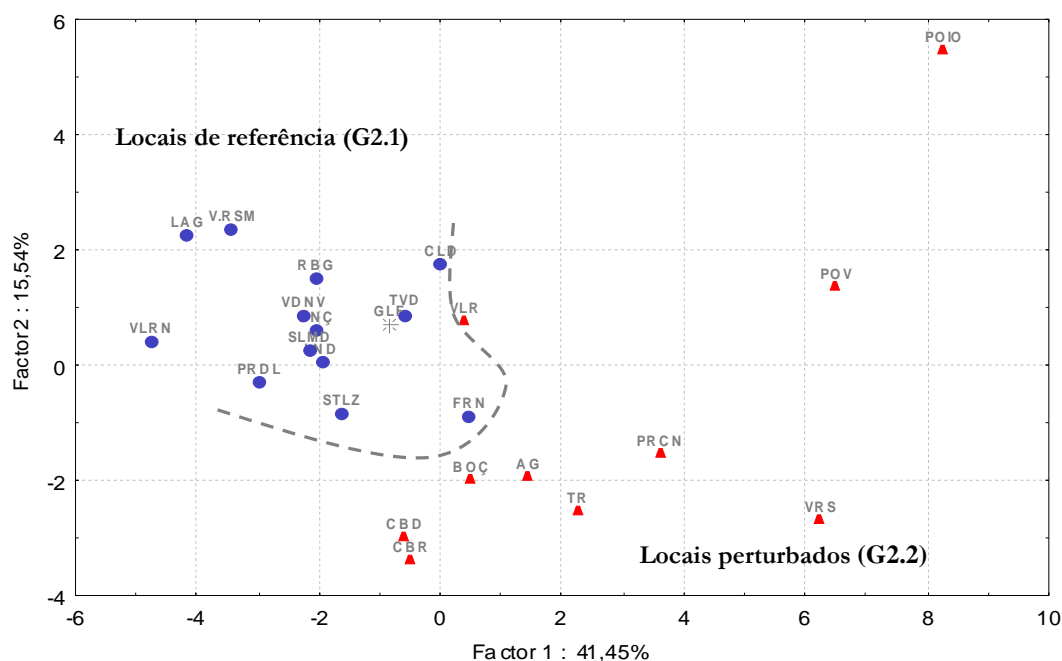


Figura 5.7. PCA relativa às albufeiras do Grupo 2, tornando-se visível a separação das albufeiras ao longo da 1ª componente, a qual se relaciona com factores de perturbação.

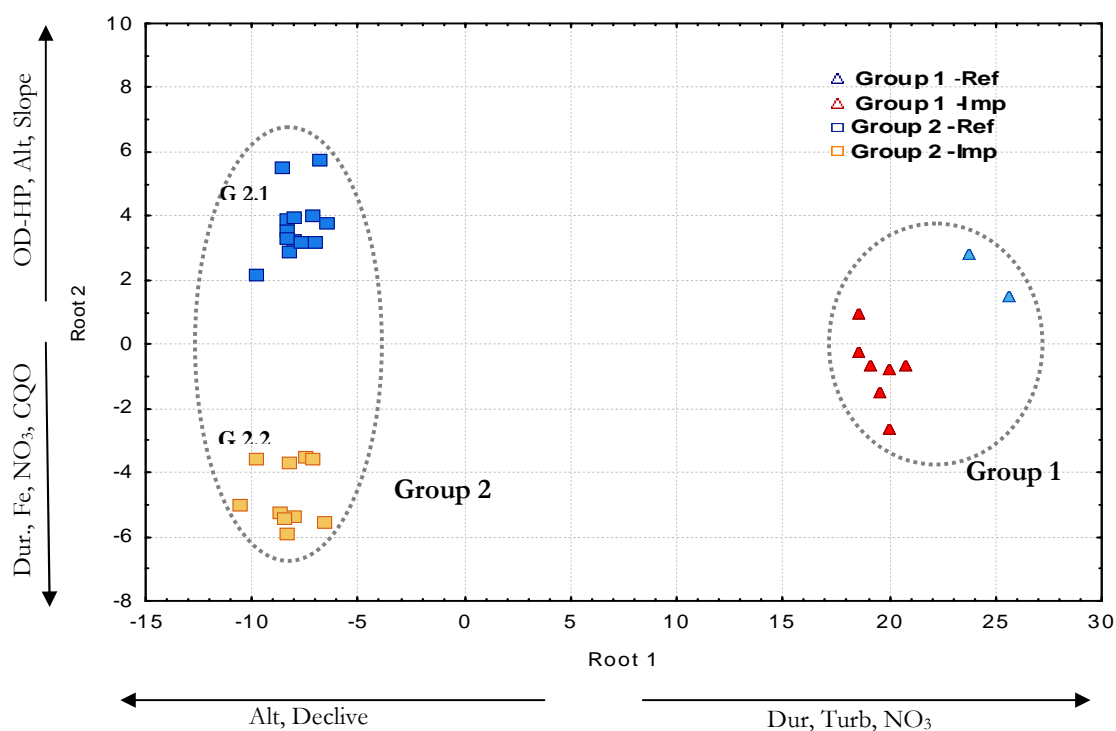


Figura 5.8. Análise canónica discriminante para a globalidade das 34 albufeiras, com indicação dos factores ambientais mais correlacionados com as duas primeiras raízes.

A análise discriminante presente na Figura 5.8 corrobora as apreciações anteriores, permitindo diferenciar 2 grupos principais e em cada um deles separar entre locais perturbados e não perturbados. Com efeito, a 1ª raiz separa os ambos os grupos anteriormente definidos, para o que contribuem os factores tipológicos e também o teor em nutrientes (e a turbidez). Por sua vez, a 2ª raiz permite diferenciar as albufeiras de referência relativamente às que apresentam maiores níveis de impactes antropogénicos, para o que contribuem as cargas orgânicas e de nutrientes, muito embora subjacente a esta separação estejam presentes igualmente factores tipológicos. Na verdade, os locais menos poluídos correspondem aos de maior altitude, contrastando com os mais degradados nas zonas mais baixas, com menores níveis de OD na zona hipolimnética e durezas mais elevadas.

5.4.2. Caracterização da comunidade fitoplanctónica e sua relação com a tipologia e nível de perturbação.

Realizou-se posteriormente uma análise de classificação a partir da comunidade fitoplanctónica e obtivemos agrupamentos semelhantes aos obtidos relativos às análises anteriores, quando estas eram baseadas em dados ambientais, o que evidencia a relação estreita entre aquela comunidade e os gradientes ambientais (Figura 5.9).

Do mesmo modo, uma análise não métrica multidimensional (n-MDS) com os dados biológicos, com um valor de stress de 0.11 (Figura 5.10) permitiu confirmar esta separação, muito embora seja patente que as comunidades de albufeiras de baixa altitude (grupo 2.2) adquirem uma composição que se aproxima dos sistemas a fio de água (grupo 1).

Adicionalmente, quando a n-MDS foi realizada para cada grupo separadamente foi possível constatar que, para o grupo 2, existe também uma distinção na composição das comunidades pertencentes a sistemas com distintos graus de perturbação, o que não foi patente para o grupo 1. (Figura 5.11). O grau de stress em ambos os casos foi baixo, o que valida este tipo de procedimento estatístico.

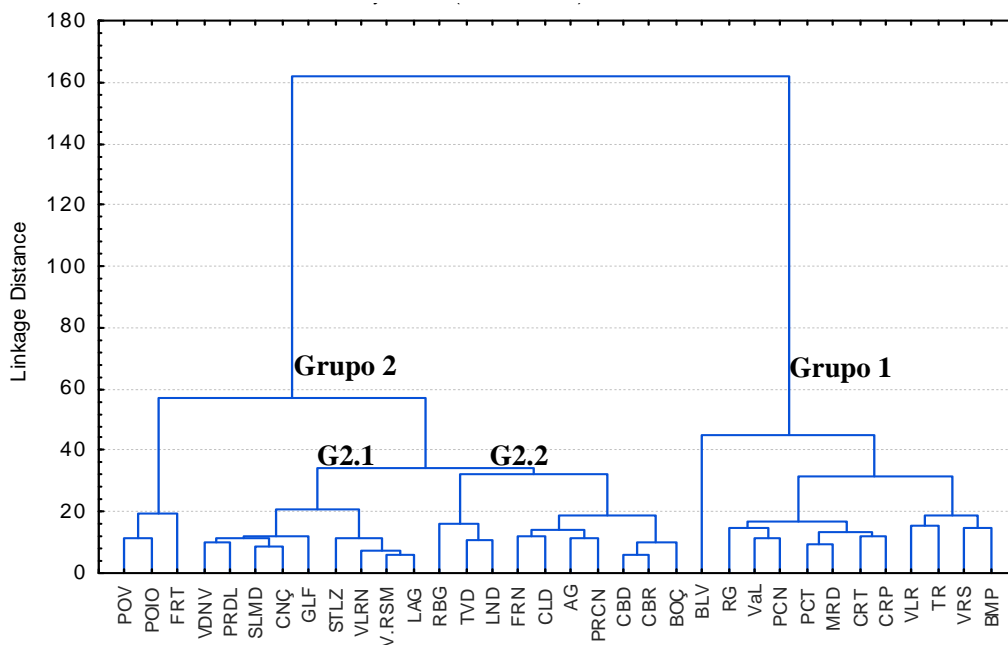


Figura 5.9. Análise de classificação a partir das comunidades fitoplanctónicas

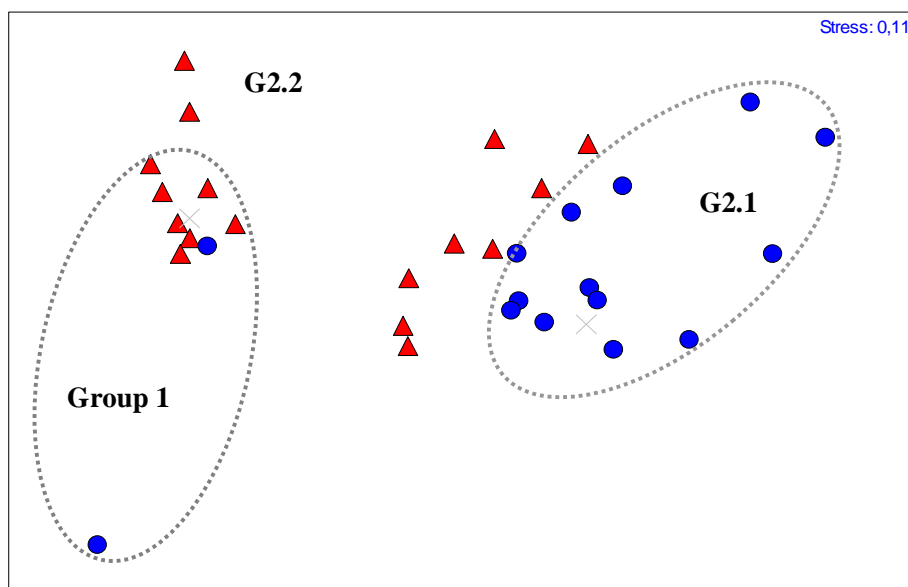


Figura 5.10. Ordenação n-MDS das 34 albufeiras, respeitando-se a mesma designação dos grupos.

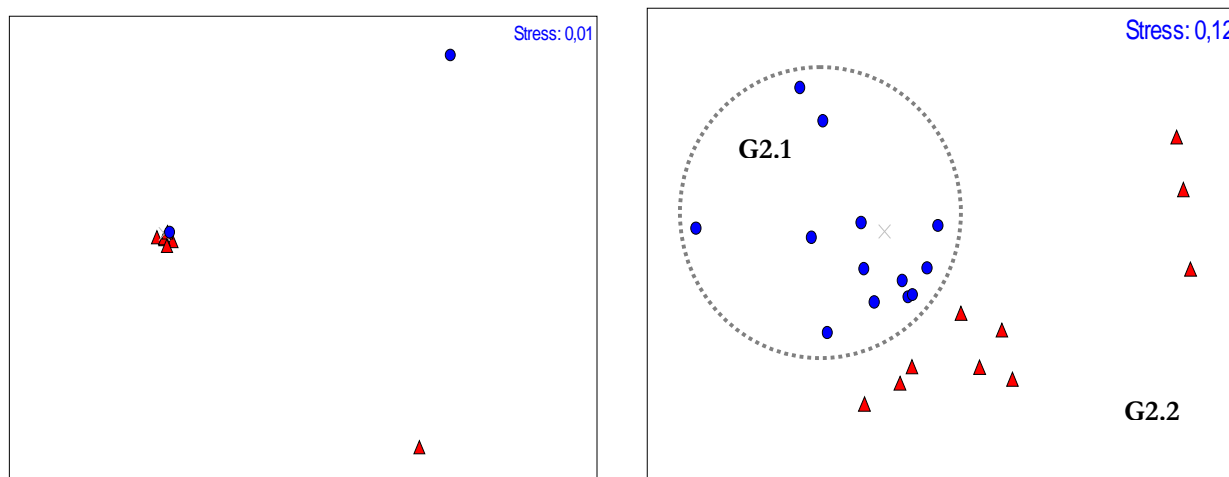


Figura 5.11. Ordenação n-MDS das albufeiras pertencentes separadamente aos sistemas a fio de água (à esquerda – grupo 1) e aos explorados em regime de albufeira - grupo 2)

Estes resultados foram confirmados por Análise de matrizes de similaridade (ANOSIM) (Quadro 5.5) e pelos testes de SIMPER. Foi patente que eram significativas ($p < 0.01$) as diferenças na composição das comunidades, quer entre os dois grupos, quer entre os locais de referência e perturbados para o conjunto da globalidade dos reservatórios ($n=34$) e, ainda, entre este tipo de locais dentro do grupo 2. Portanto, apenas no grupo 1 não foi possível distinguir entre locais de referência e degradados dado que o ANOSIM nestas condições adquire um valor relativamente baixo (0.351, $p=0.194$). Mas é importante ter em consideração que não se detectaram diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os locais de referência do grupo 1 e os locais perturbados do grupo 2 ($R=0.476$).

No caso do teste de SIMPER a elevada dissimilaridade entre os grupos 1 e 2 (71,3 %) deve-se ao facto de apenas terem 6 espécies em comum: *Melosira ambigua*, *Trachelomonas* spp., *Scenedesmus ecornis*, *Monoraphidium* spp., *Cyclotella* spp. e *Closterium acutum*. (ver Quadro 5.6). No que se refere ao grupo 1 a ausência de separação entre locais de referência e perturbados é devida ao facto de ambas as situações terem em comum uma dominância de Bacillariophyta e de Chlorophyta e serem caracterizados pela presença de espécies tolerantes. Este facto vem dar uma indicação que estes sistemas estão se afastam do bom estado ecológico, certamente devido á

mais intensa flutuação das condições hidrológicas. Por sua vez, espécies como *Navicula rhynchocephala*, *Melosira granulata*, *Synedra pulchella*, *Pediastrum simplex*, *P. duplex* dominam os locais menos perturbados do grupo 1, enquanto que os mais perturbados apresentam uma maior densidade de *M. ambigua*, *Cyclotella meneghiana*, *Synedra ulna*, *S. pulchella*, *Nitzschia accicularis* and *Cocconeis placentula* associadas com as algas verdes-azuis como, *Aphanizomenon flos-aquae* and *Oscillatoria planctonica*. Os locais de referência do grupo 2 apresentavam uma maior presença de espécies intolerantes como *Synedra accus*, *Melosira distans*, *M. italica*, *Tabellaria flocculosa*, *T. fenestrata* e *Rhizosolenia eriensis*, a que acresce uma importante contribuição das Chrysophytyas (11,68 %). Nos locais perturbados do grupo 2 predominam naturalmente as espécies mais tolerantes. Destacamos aqui as cianobactérias *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena spp*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae* and *M. flos-aqua*.

Quadro 5.5. Resultados dos testes de SIMPER e de ANOSIM relativos a dissimilaridade entre locais com base na composição das comunidades fitoplanctónicas.

Factores	Grupos	% similaridade	% dissimilaridade entre grupos	ANOSIM –valor de R $p < 0.001$ (***)
Grupos (n=34)	1	53,14		
	2	39,83	71,30	Global R=0.494***
Ref/Imp (n=34)	Referência	39,86		
	Perturbado	41,87	68,96	Global R=0.381***
Grupo 1 (n=10)	Referência	29,66		
	Perturbado	54,44	55,30	Global R=0.351 (n.s.)
Grupo 2 (n=24)	Referência	46,80		
	Perturbado	40,47	65,35	Global R=0.380***

Quadro 5.6. Contribuição das espécies para as dissimilaridades: a) para os sistemas inseridos nos Grupos 1 e 2; b) entre locais de referência e perturbados mas no interior de cada um dos grupos anteriores.

a)

Grupo 1		Grupo 2		Referência		Grupo 2	
Grupo 1		Grupo 2		Referência		Perturbados	
Espécies	Ct.%	Espécies	Ct.%	Espécies	Ct.%	Espécies	Ct.%
Scenedesmus opoliensis	11,32	Melosira ambigua	6,08	Synedra accus	7,89	Melosira ambigua	9,76
Navicula rhynchocephala	11,32	Cyclotella meneghiniana	4,95	Dinobryon sp.	7,01	Closterium acutum	5,25
Pandorina morum	7,55	Trachelomonas spp.	4,62	Sphaerocystis schroeteri	4,92	Sphaerocystis schroeteri	4,20
Oocystis spp.	4,4	Scenedesmus opoliensis	4,42	Navicula spp.	4,88	Synedra spp.	3,86
Melosira granulata	4,4	Navicula cryptocephala	3,89	Melosira distans	3,74	Navicula spp.	3,54
Staurastrum sebaldei	3,77	Synedra ulna	3,66	Stauradesmus sp	3,44	Cyclotella meneghiniana	3,44
Scenedesmus ecornis	3,77	Scenedesmus ecornis	3,52	Dinoflagelates not id.entify	3,22	Ceratium hirundinella	3,24
Pediastrum boryanum	3,77	Oocystis spp.	3,45	Cyclotella spp.	3,20	Staurastrum spp.	3,17
Actinastrum hantzschii	3,77	Diatoma vulgaris	3,03	Crucigenia tetrapedia	2,96	Fragilaria crotonensis	2,91
Pediastrum simplex	3,14	Pediastrum simplex	3,02	Monoraphidium spp.	2,79	Scenedesmus spp.	2,49
Synedra acus	3,14	Monoraphidium spp.	2,97	Tabellaria flocculosa	2,57	Schroederia setigera	2,44
Monoraphidium spp.	2,52	Cyclotella spp.	2,52	Scenedesmus spp.	2,54	Scenedesmus ecornis	2,44
Pediastrum duplex	1,89	Micractinium pusillum	2,46	Asterionella formosa	2,53	Asterionella formosa	2,34
Monoraphidium komarkovae	1,89	Navicula rhynchocephala	3,38	Closterium acutum	2,50	Synedra ulna	2,03
Closterium spp.	1,89	Melosira granulata	2,27	Peridinium sp.	2,44	Scenedesmus quadricauda	2,02
Synedra utermohlii	1,89	Staurastrum messikommeri	2,18	Aphanothece spp.	2,37	Coelastrum reticulatum	2,01
Ankistrodesmus gracilis	1,89	Synedra pulchella	2,05	Dinobryon bavaricum	2,17	Aphanizomenon flos-aquae	1,93
Rhizosolenia sp	1,89	Ankyra spp.	1,95	Tabellaria fenestrata	2,08	Trachelomonas spp.	1,78
Synedra pulchella	1,89	Pandorina morum	1,92	Melosira italica	1,92	Melosira granulata	1,78
		Closterium acutum	1,78	Spondylosium planum	1,82	Monoraphidium spp.	1,69
		Nitzschia acicularis	1,77	Rhizosolenia sp	1,73	Staurastrum messikommeri	1,65
		Aphanizomenon flos-aquae	1,70	Elakatothrix gelatinosa	1,60	Ankyra spp.	1,47
		Scenedesmus smithii	1,59	Monoraphidium komarkovae	1,53	Oocystis spp.	1,37
		Pediastrum boryanum	1,24	Staurastrum spp.	1,36	Pediastrum duplex	1,29
		Actinastrum gracillimum	1,16	Mallomonas sp.	1,27	Anabaena spp	1,24
		Oscillatoria planctonica	1,14	Dinobryon sertularia	1,23	Scenedesmus acutus	1,22
		Scenedesmus arcuatus	1,10			Microcystis aeruginosa	1,20
		Scenedesmus quadricauda	1,10			Ankistrodesmus falcatus	1,19
		Cocconeis placentula	1,00			Microcystis pulvereae	1,10
						Dinobryon sp.	1,09
						Microcystis flos-aquae	0,98
						Aphanothece spp.	0,91
						Nitzschia acicularis	0,90

Quadro 5.6. Continuação

b)

Grupo 1		Grupo 2		Referência		Perturbados	
Espécies	Ct.%	Espécies	Ct.%	Espécies	Ct.%	Espécies	Ct.%
Melosira ambigua	5,60	Synedra spp.	6,76	Synedra acus	6,93	Melosira ambigua	7,20
Scenedesmus opoliensis	5,29	Melosira ambigua	5,36	Dinobryon sp.	6,18	Closterium acutum	3,86
Cyclotella meneghiniana	4,37	Sphaerocystis schroeteri	5,31	Navicula spp.	4,68	Cyclotella spp.	3,39
Trachelomonas spp.	3,90	Navicula spp.	4,86	Sphaerocystis schroeteri	4,29	Scenedesmus ecornis	3,30
Scenedesmus ecornis	3,81	Dinobryon sp.	4,45	Melosira ambigua	4,11	Trachelomonas spp.	3,06
Navicula cryptocephala	3,68	Cyclotella spp.	3,82	Cyclotella spp.	3,55	Monoraphidium spp.	2,68
Oocystis spp.	3,64	Scenedesmus spp.	3,69	Monoraphidium spp.	3,12	Synedra ulna	3,02
Synedra ulna	3,51	Closterium acutum	3,67	Scenedesmus spp.	3,00	Navicula spp.	2,42
Navicula rhynchocephala	3,23	Monoraphidium spp.	2,71	Dinoflagelados n/ id	2,81	Scenedesmus opoliensis	2,36
Pediastrum simplex	3,02	Asterionella formosa	2,55	Crucigenia tetrapedia	2,58	Monoraphidium spp.	2,36
Monoraphidium spp.	2,93	Staurastrum spp.	2,40	Closterium acutum	2,48	Melosira granulata	2,29
Diatoma vulgaris	2,81	Melosira granulata	1,91	Aphanothece spp.	2,44	Staurastrum messikommeri	2,10
Pandorina morum	2,51	Aphanothece spp.	1,87	Melosira granulata	2,37	Oocystis spp.	2,07
Melosira granulata	2,45	Scenedesmus quadricauda	1,59	Tabellaria flocculosa	2,30	Aphanizomenon flos-aquae	2,04
Micractinium pusillum	2,38	Scenedesmus ecornis	1,55	Asterionella formosa	2,26	Cyclotella meneghiniana	1,86
Synedra acus	2,29	Microcystis pulvereae	1,45	Stauradesmus sp.	2,21	Sphaerocystis schroeteri	1,82
Staurastrum messikommeri	2,09	Crucigenia tetrapedia	1,42	Peridinium sp.	2,19	Synedra spp.	1,81
Ankyra spp.	1,97	Stauradesmus sp	1,39	Tabellaria fenestrata	2,07	Staurastrum spp.	1,81
Cyclotella spp.	1,93	Dinoflagelados n/ id.	1,34	Rhizosolenia sp	2,06	Ankyra spp.	1,75
Pediastrum boryanum	1,76	Fragilaria crotonensis	1,32	Dinobryon bavaricum	1,89	Scenedesmus quadricauda	1,74
Closterium acutum	1,66	Schroederia setigera	1,31	Monoraphidium komarkovae	1,79	Navicula cryptocephala	1,72
Scenedesmus smithii	1,55	Tabellaria flocculosa	1,31	Spondylosium planum	1,78	Synedra acus	1,71
Oscillatoria planctonica	1,33	Tabellaria fenestrata	1,25	Elakatothrix gelatinosa	1,47	Diatoma vulgaris	1,58
Pediastrum duplex	1,27	Ankistrodesmus falcatus	1,19	Staurastrum spp.	1,43	Coelastrum reticulatum	1,56
Nitzschia acicularis	1,23	Trachelomonas spp.	1,16	Mallomonas sp.	1,34	Fragilaria crotonensis	1,53
Actinastrum gracillimum	1,22	Peridinium sp.	1,12	Melosira distans	1,29	Pediastrum simplex	1,53
Aphanizomenon flos-aquae	1,19	Melosira distans	1,09	Scenedesmus ecornis	1,18	Ceratium hirundinella	1,52
Closterium spp.	0,99	Dinobryon bavaricum	1,09	Dinobryon sertularia	1,07	Pediastrum duplex	1,31
Scenedesmus arcuatus	0,98	Dictyosphaerium pulchellum	1,00			Nitzschia acicularis	1,29
		Microcystis pulvereae	1,00			Scenedesmus spp.	1,28
		Cosmarium spp.	0,98			Scenedesmus smithii	1,24
		Aphanocapsa spp.	0,96			Asterionella formosa	1,24
		Monoraphidium komarkovae	0,95			Schroederia setigera	1,20
		Spondylosium planum	0,88			Anabaena spp	1,10
						Micractinium pusillum	1,05
						Microcystis aeruginosa	0,89
						Microcystis pulvereae	0,86
						Navicula rhynchocephala	0,86
						Achnanthes sp.	0,77

5.4.3. Modelação de extremas

As regressões múltiplas passo a passo correspondentes à etapa 2, são fundamentais para o modelo estabelecer a relação entre as variáveis de qualidade da água e os parâmetros biológicos seleccionados com o tipo de funcionamento da albufeira e com a variação do uso do solo (estabelecidas para diferentes períodos). Estas regressões encontram-se no Quadro 5.7.

Quadro 5.7. Regressões múltiplas estabelecidas para os meses secos (D) e húmidos (W) cef. De determinação, (R^2), valores de F e níveis de significância (***) $P < 0.001$) para todas as variáveis seleccionadas.

Equações	D or W Months	n	R^2	F
Variáveis ambientais				
Log Tot Colf = 179.521+17.392(LogALT) +7.673(LogA)+46.375(LogCPREC) +2.301 (LogART_TERT) +3.453(LogSRB)+ 1.128(LogUNPRD +0.263(Log_BRN) - 17.572 (LogDeep)- 2.809(Log_NICROPS) - 1.154(LogOCHD)- 2.420(Log_HTAG)		188	0.288	6.459***
Log Cl = 6.622+0.175(LogTIMERS)+0.048(Log_VIN)+0.209(LogOCHD)+0.461(Log_HTAG)+ 0.201(LogINT_WT) -1.313(Log_NV) - 0.223(LogA)-0.603(LogART_TERT)-0.169 (Log_SRB)-0.438(Log_UNPRD)-0.035(Log_BRN)		188	0.731	43.427***
Log SO4 = 7.509+0.154(LogOCHD)+0.184(Log_HTAG) - 0.961(Log_NV) -1.635 (Log_CPREC) -0.174(LogART_TERT) 0.229(Log_SRB) -0.258(Log_UNPRD)		188	0.896	221.622***
Log BDO = -131.535+12.974(LogALT)+5.950(LogA)+27.111(Log_CPREC)+0.213 (LogTIMERS) +0.918(Log_GSL) +1.632(Log_FRT)+2.186(Log_SRB)+ 1.628 (Log_UNPRD) +0.228(LogINT_WT) - 6.825(LogDeep) - 0.393(LogART_TERT) - 0.743(LogOCHD) - 0.367(Log_OLV)- 4.468(Log_HTAG)		188	0.247	4.051***
Log PO4 = - 14.403 +1.560(LogALT)+0.636(LogA)+3.672(Log_CPREC) +0.058 (LogTIMERS) +0.087(Log_GSL) +0.267(Log_FRT)+0.427(Log_SRB)+0.014 (Log_BRN) -0.083(LogTEMP) - 1.783(LogDeep) -0.353(Log_NICROPS)-0.092 (LogOCHD)-0.367(Log_HTAG)		188	0.406	9.153***
Log NH4 = 33.068+0.290(Log_OLV)+1.400(Log_HTAG) - 2.335(Log_NV) - 0.106 (LogVol) - 1.88(LogDeep) - 1.56(LogA) -4.65(Log_CPREC) - 0.11(LogART_TERT) - 1.03(Log_NICROPS) - 0.15(Log_GSL) - 0.79(Log_UNPR)		188	0.362	9.088***
Log SIO2 = - 25.685 + 1.103(LogA)+7.255(Log_CPREC)+0.477(LogART_TERT) +0.575(NICROPS) +0.352(LogOCHD) +0.674(Log_NV) - 0.477(LogTEMP) -0.205 (Log_OLV) -0.282(Log_GSL) -0.646(Log_SRB)		188	0.474	15.969***
Log NO3 = 9.459+0.147(Log_OLV)+0.630(Log_HTAG)+0.273(LogINT_WT) - 0.927 (LogTEMP)- 1.234(LogALT)- 0.382(LogA) - 0.372(LogART_TERT)+0.782(Log_FRT) +0.209(Log_UNPRD)		188	0.728	52.912***
Log pH = - 8.813+ 0.094(LogTEMP)+0.031(LogVol)+0.450(LogA)+1.786(Log_CPREC) +0.037(LogTIMERS)+0.174(Log_NICROPS)+0.053(Log_GSL)+0.135(Log_SRB)+0.136(Log_UNPRD) +0.726(Log_NV) - 0.065(Log_OLV) - 0.390(Log_HTAG)		188	0.252	4.921***
Log DO = - 44.268 +3.409(LogDeep)+2.231(LogA)+5.803(Log_CPREC) +1.670 (NICROPS) -0.271(Log_GSL) +1.251(Log_UNPRD)+3.230(Log_NV) -0.148 (LogTEMP) -0.431(Log_OLV)-2.167(Log_HTAG)		188	0.156	3.274***
Log Turb = 1.750+0.126(Log_NICROPS) -0.448(LogTEMP) - 0.405(LogDeep) - 0.100(LogTIMERS) - 0.194(LogART_TERT)		188	0.171	7.497***
Log Hard = 7.196+2.190(LogALT)+0.157(Log_OLV)+0.454(Log_HTAG) - 2.341 (LogDeep)- 0.199(LogART_TERT) -0.531(Log_NICROPS) -0.407(Log_UNPRD) - 2.613(Log_NV)		188	0.923	268.272***
Variáveis biológicas				
Log Clp_a = 0.747+0.801(LogCl)+0.158(LogCBO5) - 0.029(LogTotColf)+0.351(LogSO4) -0.163(LogDeep) -0.363(Log_CPREC)+0.521(LogPO4)	D	108	0.342	7.425***
Log Clp_a = 0.552+0.731(LogpH) - 0.389(LogDO) -1.040(LogPO4) -0.113(LogVol)	W	80	0.456	15.730***
Log CLP = -4.790+0.268*LogALT+0.280*LogA+1.264*Log_CPREC -0.228*LogNO3	D	108	0.162	4.993***
Log CLP = 0.406+0.885(LogHARD) +2.119(LogPO4) - 0.791(LogNH4) -0.915(LogSO4)	W	80	0.363	10.701***
Log DTM = -2.165+0.301(LogNO3) +0.217(LogA)+0.713(LogCPREC)+0.162 (LogTIMERS) -0.245(LogSiO2) +0.155(LogVol)	D	108	0.417	14.563***
Log DTM = -5.099+0.961(LogHARD) +0.468(LogNH4) +0.502(LogCBO5) +0.537 (LogVol) +0.384(LogALT)+1.619(LogCPREC)-1.423(LogCl) -0.746(LogDeep)	W	80	0.629	15.020***
Log CN = 1.060+1.380(LogNH4) - 0.577(LogCl) -0.290(LogSiO2)	D	108	0.221	9.858***
Log CN = -0.045+0.275(LogTURB) +1.477(LogPO4) +0.925(LogDeep)+0.225 (LogTIMERS)-0.472 (LogDO) -0.530(LogNH4) -0.325(LogNO3) -0.210(LogALT)	W	80	0.373	5.289***

Foi possível consequentemente definir as inter-relações entre as variáveis ambientais aleatórias, os usos do solo existentes nas várias bacias das albufeiras e os parâmetros ambientais de suporte às variáveis biológicas, posteriormente, a relação entre as métricas desta comunidade e as variáveis mencionadas (ver Figura 5.12). Este processo aparece sumariado na Figura 5.13 para um número reduzido de variáveis de estado, com o fim de ilustrar a influência da variação do uso do solo na dinâmica nas características físico-químicas das albufeiras e nas métricas biológicas. Assim, a partir da variação do uso do solo é possível prever como variará a composição e estruturada comunidade fitoplanctónica a nível das métricas definidas.

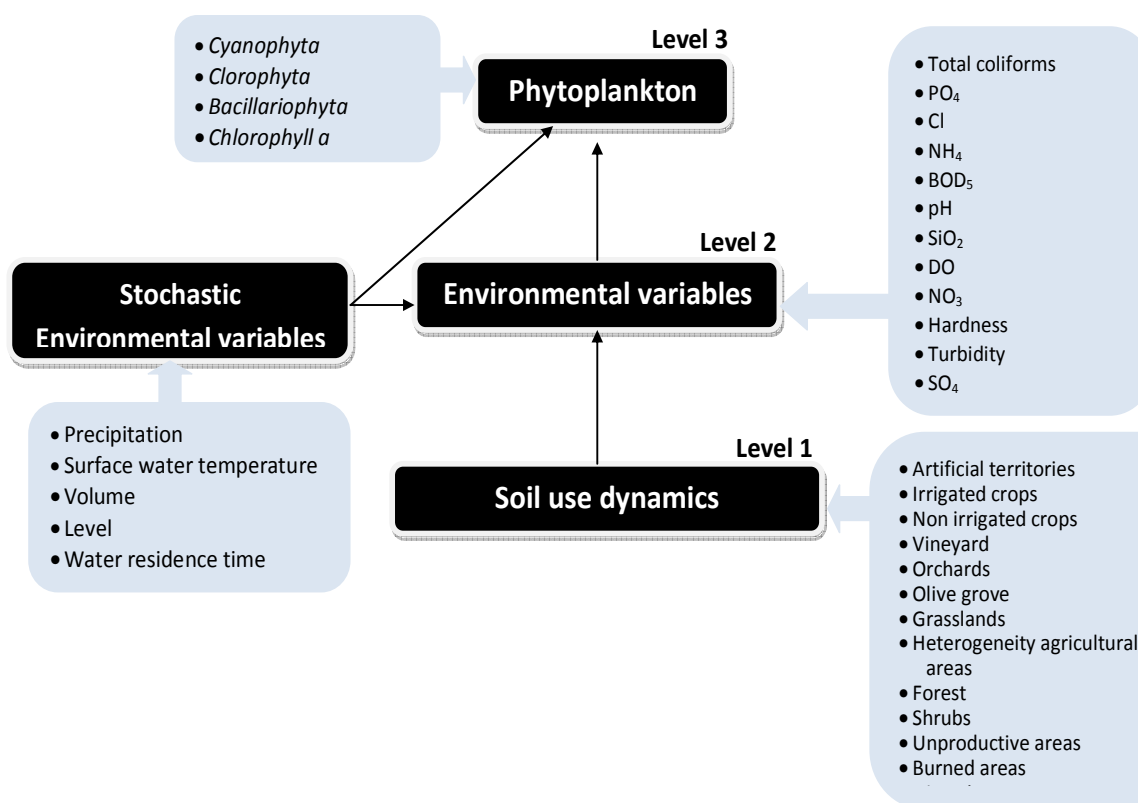


Figura 5.12. Diagrama conceptual do modelo StDM desenvolvido, numa abordagem multi-escala, para avaliar o estado ecológico de albufeiras com fins hidroeléctricos. O modelo é composto por diferentes sub-modelos e respectivas interações. Nível 1, Dinâmica dos usos do solo; Nível 2, resposta das variáveis ambientais relativas à coluna de água face a alterações dos usos do solo; Nível 3, resposta das variáveis biológicas face a alterações nas variáveis ambientais.

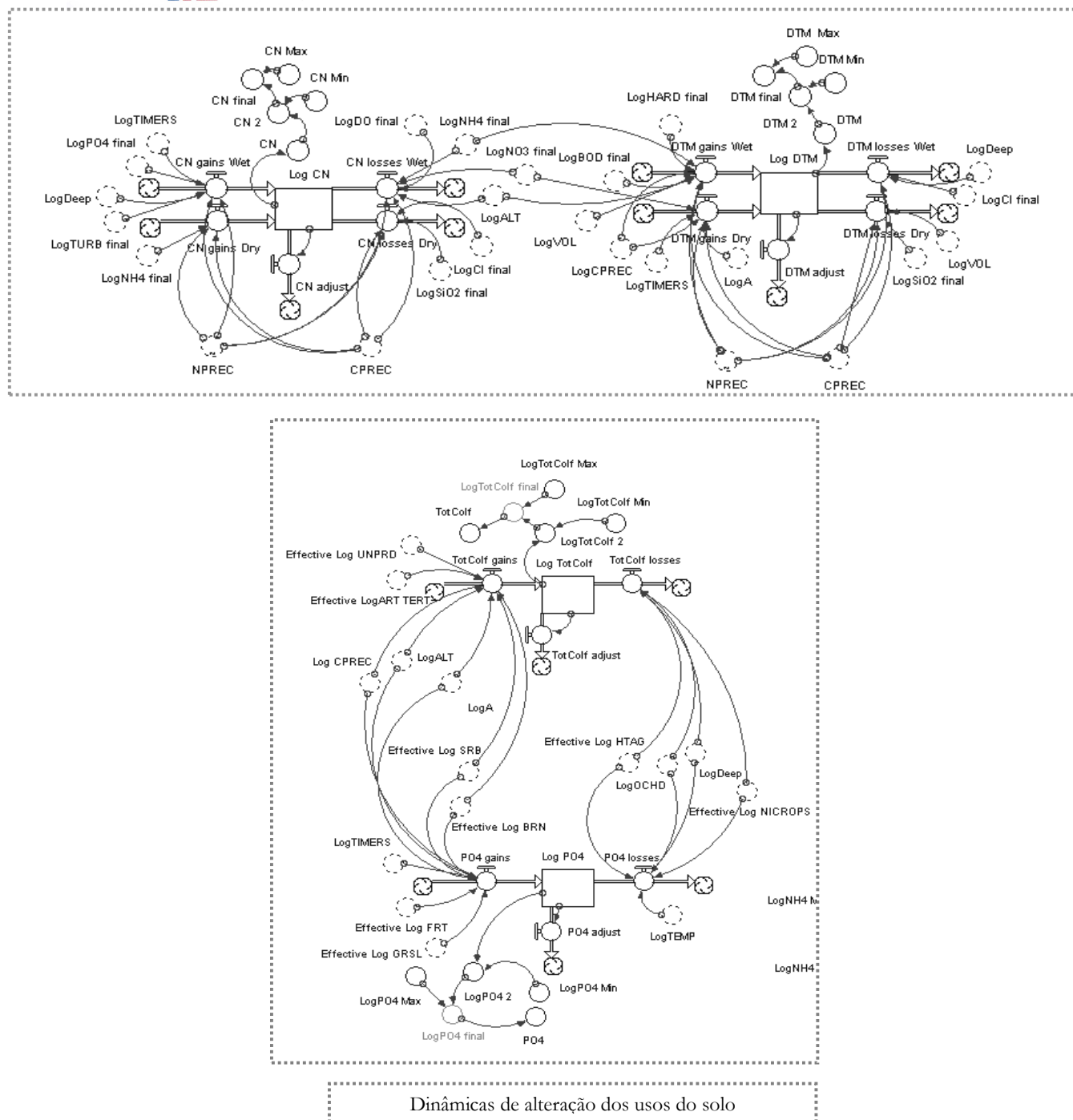


Figura 5.13. Nestes diagramas é possível apreciar os factores do uso do solo associados com determinados parâmetros ambientais (ex. P04 e cloriformes), na parte inferior da figura, e como algumas métricas biológicas (ex. Diatomáceas _DTM , e cianobactérias _CN) dependem por sua vez das variáveis ambientais. O objectivo é determinar a dinâmica da comunidade de fitoplâncton a partir de diferentes usos do solo. Foram apenas escolhidas algumas variáveis para ilustrar este processo.

É agora possível realizar simulações no modelo no sentido de procurar conhecer qual será a situação de referência nas albufeiras, especificamente para tais métricas, mas também para variáveis associadas com a qualidade da água, fazendo variar o uso do solo no sentido da cobertura vegetal se aproximar da vegetação natural. Este procedimento é realizado numa base individual, em função das características de cada albufeiras e respectiva bacia de drenagem. Dada a complexidade deste procedimento, a simulação foi realizada apenas para duas albufeiras sendo uma respeitante ao grupo 1 e outra respeitante ao grupo 2, as quais são, respectivamente Belver e Torrão. Estas duas albufeiras, consideradas albufeiras-tipo, foram seleccionadas por apresentarem sintomas de eutrofização.

Sendo assim, é possível provocar dinâmicas mais intensas ao levar, por simulação do modelo, a ocupação das respectivas bacias a adquirirem uma ocupação próxima do estado natural (isto é, com uma cobertura vegetal constituída por floresta e matos, portanto uma situação que corresponde à situação de referência potencial). Para este estado potencial considerou-se uma ocupação do solo semelhante a Vilarinho das Furnas, a qual apresenta um dos sistemas menos eutrofizados dentro dos sistemas explorados em regime de albufeira. Tal exercício aparece ilustrado nas Figuras 5.14 e 5.15, enquanto que a situação de referência determinada para duas albufeiras (uma do grupo 1 e outra do grupo 2) está presente no Quadro 5.8, correspondendo esta a variáveis ambientais e a métricas biológicas.

Como se pode constatar, a simulação reflecte o seu carácter estocástico, com oscilações intensas de cada parâmetro biótico e abiótico, devido a inserir a variabilidade temporal. A validação da simulação pode ser atestada, no exemplo escolhido, pelo facto de se verificar que alguns parâmetros reagem dum modo aceitável à medida que se caminha para uma diminuição do stress ambiental.

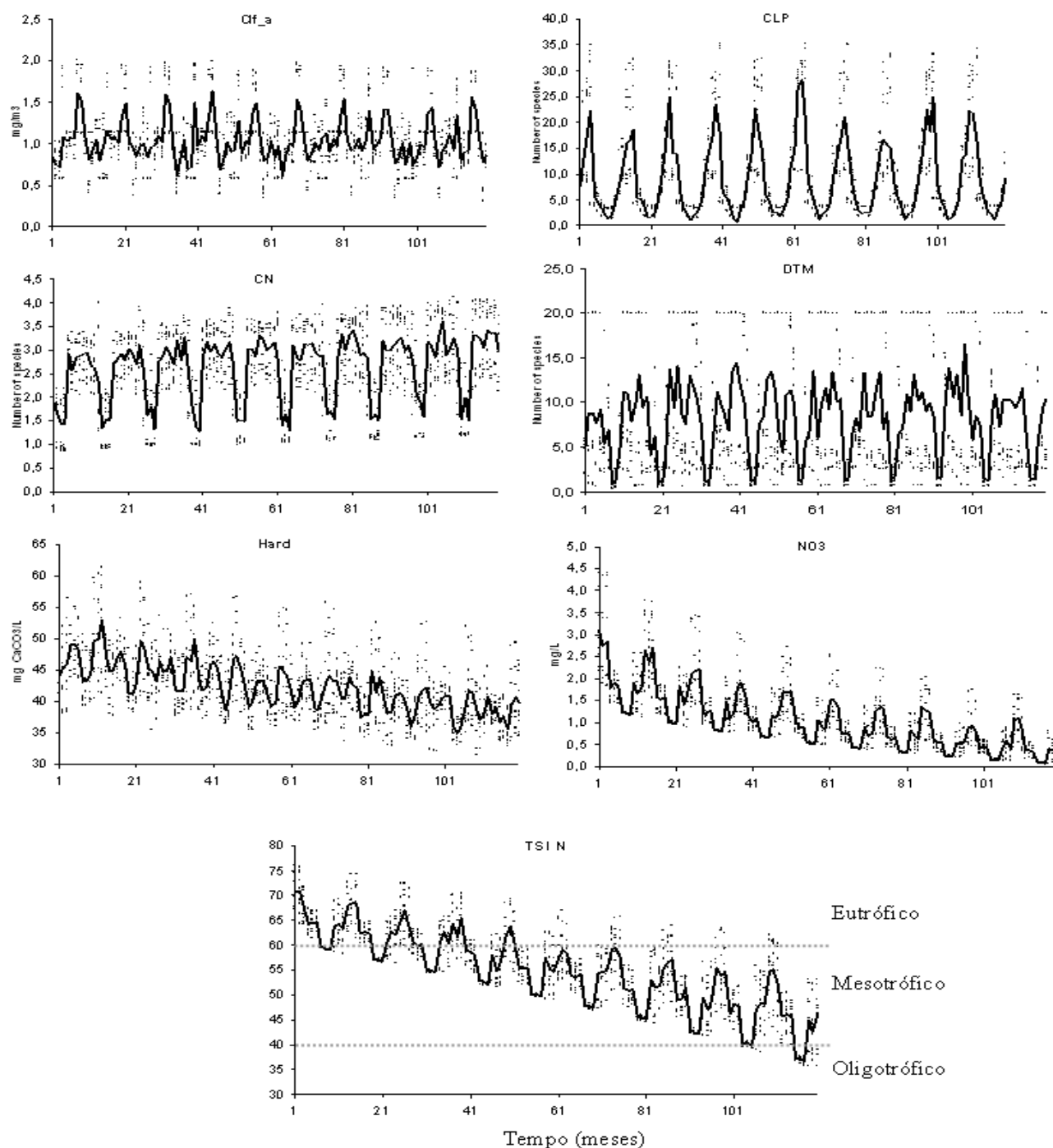


Figura 5.14. Simulação estocástico-dinâmica das condições numa albufeira em função dum gradiente de diminuição do stress ambiental (estabelecido pela diminuição de áreas urbanas e agrícolas e aumento da cobertura vegetal natural). Pode-se apreciar a evolução de quatro métricas – clorofila *a* e três comunidades fitoplanctónicas (ver legenda da Figura 5.13) estas expressas em nº de espécies, e ainda de três parâmetros físico-químicos. A variação do teor em N é expresso na escala do índice TSI evidenciando uma nítida evolução no sentido da oligotrofia.

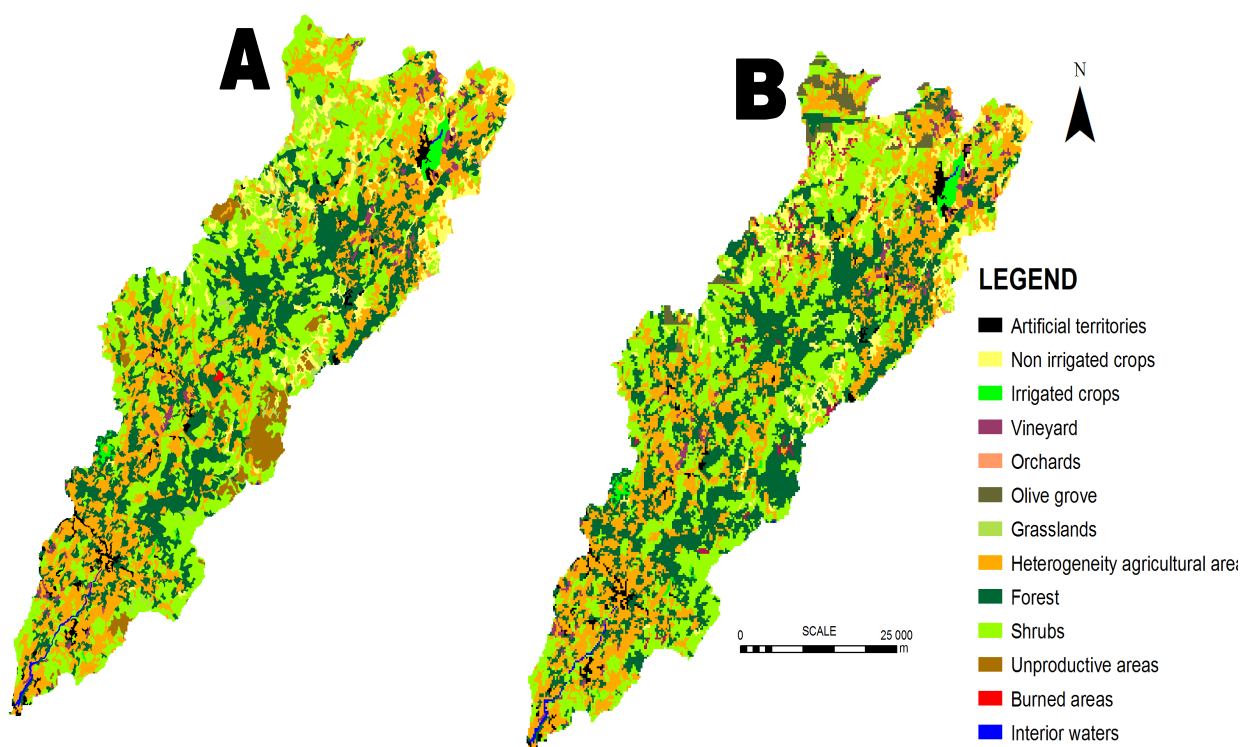


Figura 5.15. Simulação espacial das condições na albufeira do Torrão em função dum gradiente de diminuição do stress ambiental (estabelecido pela diminuição de áreas urbanas e agrícolas e aumento da cobertura vegetal natural). Pode-se apreciar a evolução dos usos do solo para um período de 10 anos. (A) representa o estado inicial e (B) o output final após 10 anos decorridos.

É o caso da gradual diminuição em clorofila e pela mais acentuada diminuição da dureza, teor em nitratos e turbidez (esta classificada de acordo com a OCDE, o que permite apreciar que o sistema vai claramente no sentido da oligotrofia). Todavia, algumas métricas, como o nº de espécies de clorófitas e de diatomáceas não deixam transparecer uma evolução tão previsível. Já com as cianobactérias é visível um gradiente expectável que se evidencia por um ligeiro aumento do número de espécies à medida que caminhamos para oligotrofia (o que não deve ser confundido com um aumento na densidade de células). Finalmente, a evolução do teor em N é

classificada na escala TSI de Carlson, o que permite deixar transparecer a evolução deste parâmetro no sentido da oligotrofia (Cabecinha et al., 2009a,2009e).

O Quadro 5.8 permite, de modo quantitativo, apurar para um total de 18 variáveis (das quais 12 são físico-químicas e 6 são métricas biológicas, espectro ambiental este que se nos afigura vantajoso por ser suficientemente vasto), definir precisamente a situação de referência potencial estabelecida pelo modelo STELLA para os dois sistemas sujeitos ao processo de simulação.

De modo a podermos apreciar todo o espectro de variação ambiental foi criado um cenário completamente distinto, isto é, considerando um aumento substancial das fontes de perturbação. Nesse sentido considerou-se a intensificação da agricultura e um aumento das áreas urbanas dentro de critérios máximos expectáveis. Mais concretamente, e seguindo um procedimento idêntico para a situação de referência, foram utilizados os dados das mesmas albufeiras (Torrão _Tipo 2 e Belver _Tipo 1). Nestes casos a simulação da situação de máxima degradação teve os seguintes pressupostos a nível da cobertura do solo nas respectivas bacias de drenagem:

- agricultura intensiva > 50%;
- agricultura extensiva >30%;
- áreas urbanizáveis >1.5%.

Estes pressupostos utilizados na simulação partiram da observação dos valores máximos obtidos para cada uma daquelas categorias de uso do solo verificadas no conjunto das albufeiras estudadas no âmbito deste contrato.

Os resultados da simulação obtida, para os mesmos parâmetros que foram considerados para a situação de referência, aparecem referenciados no Quadro 5.9. É possível assim apurar posteriormente os limites de variação de cada variável entre a situação potencial de referência e a de máxima degradação (a partir dos Quadros 5.8 e 5.9) e definir assim para cada caso as diversas classes de estado ecológico de acordo com a DQA.

Na análise deste quadro podemos realçar, comparativamente com a situação de referência, que as variáveis físico-químicas exprimem claramente esta tendência de degradação, o que mais uma vez permite apurar sobre a fiabilidade do modelo. Assim acontece com a diminuição substancial do oxigénio dissolvido (e aumento das respectivas amplitudes), nutrientes, sendo este aumento ainda mais dramático para as albufeiras do Tipo 1 (excepto no caso do N amoniacal, mais significativo no Tipo 2, mas perfeitamente justificável tendo em conta o previsto intenso défice de O₂), embora a matéria orgânica, medida pelo CBO₅ não seja muito díspar entre os dois

grupos de albufeiras. A situação de referência assim definida pode ser associada ao MEP dos dois tipos modelados para as duas albufeiras-tipo.

Quadro 5.8. Parâmetros da situação de referência para as duas albufeiras seleccionadas (com indicação das respectivas médias e desvios padrões, SD), estabelecida para alguns parâmetros ambientais e biológicos. ¹ valores históricos: Oliveira, 1997, 1987

	Tipo 1 - Cursos Principais		Tipo 2- Norte	
	média	SD	média	SD
Variáveis ambientais				
Turvação (NTU)	1,55	0,42	0,43	0,08
pH	7,42	0,35	6,57	0,25
Oxigenio dissolvido (mg O ₂ /L)	9,18	1,60	9,07	0,83
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	121,08	16,28	42,52	3,43
Azoto amoniacal (mg NH ₄ /L)	0,18	0,06	0,08	0,03
Cloretos (mg Cl/L)	15,56	2,74	3,05	1,28
Nitratos (mg NO ₃ /L)	4,08	2,14	1,06	0,25
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	44,49	16,12	0,90	0,12
Fosfatos (mg PO ₄ /L)	0,14	0,06	0,01	0,00
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	1,23	0,28	0,30	0,16
Sílica iónica (mg SiO ₂ /L)	2,32	2,80	3,74	0,26
Coliformes totais/100ml (MF)	162,50	75,46	30,67	13,83
Variáveis biológicas				
Clorofila (mg/m ³)	9,87	4,24	1,04	0,55
¹ Biomassa (mg/m ³)	<3500		<2000	
¹ Densidade (células/l)	2,6*10 ⁶		0,6*10 ⁶	
Chlorophyta (nº espécies)	32	4,00	10	3,73
Cyanophyta (nº espécies)	8	1,00	3	0,51
Bacillariophyta (nº espécies)	30	3,75	11	1,44

No que respeita às variáveis biológicas verifica-se o esperado incremento muito substancial na produtividade fitoplanctónica, mas curiosamente tal facto é mais significativo para os sistemas explorados em regime de albufeira, os quais apresentam tempos de retenção marcadamente superiores. Em termos de diversidade algal deixa de se verificar uma diferença apreciável entre os dois grupos, sendo ainda de destacar que sobressai uma tendência para aumentar a representação de cianobactérias (em termos de número de espécies), aspecto ainda mais relevante para o Tipo 2.

Quadro 5.9. Parâmetros da situação correspondente a uma situação hipotética de máxima humanização para as duas albufeiras seleccionadas (com indicação das respectivas médias e desvios padrões), estabelecida para os mesmos parâmetros definidos para a situação de referência de modo a visualizar os limites de variação das diversas variáveis. ¹ valores históricos: Oliveira, 1997, 1987

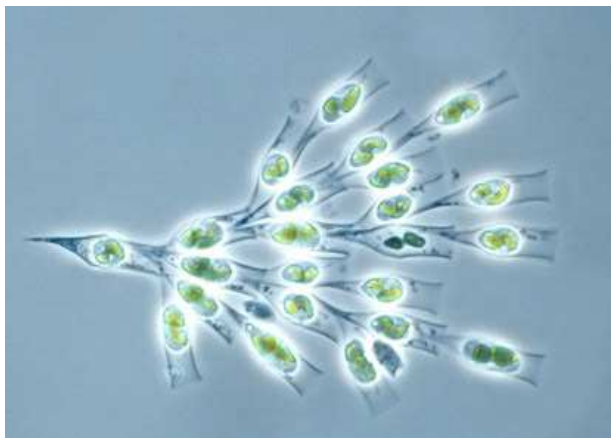
	Tipo 1- Cursos Principais		Tipo 2- Norte	
	média	SD	média	SD
Variáveis ambientais				
Turvação (NTU)	7,48	3,17	11,70	9,12
pH	9,18	0,19	9,78	0,53
Oxigenio dissolvido (mg O ₂ /L)	5,13	2,25	3,85	2,12
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	205,90	59,59	43,05	25,64
Azoto amoniacal (mg NH ₄ /L)	0,50	0,25	2,35	4,17
Cloretos (mg Cl/L)	32,78	23,96	15,78	6,59
Nitratos (mg NO ₃ /L)	11,79	3,74	5,32	2,43
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	94,23	65,54	15,00	5,71
Fosfatos (mg PO ₄ /L)	9,59	17,61	0,61	0,96
CBO5 (mg O ₂ /L)	5,42	1,56	7,80	2,69
Silica ionica (mg SiO ₂ /L)	7,76	1,21	10,28	2,27
Coliformes totais/100ml (MF)	438,75	115,14	91,08	28,13
Variáveis biológicas				
Clorofila (mg/m ₃)	40,38	13,51	191,33	83,73
¹ Biomassa (mg/m ₃)	>40000		>50000	
¹ Densidade (células/l)	8,7*10 ⁶		10,4*10 ⁶	
Chlorophyta (nº espécies)	34	6,31	32	9,17
Cyanophyta (nº espécies)	16	3,29	20	2,52
Bacillariophyta (nº espécies)	31	2,8	21	3,06

Podemos concluir que, embora os sistemas a fio de água se apresentem desde já mais eutrofizados, um aumento dos fenómenos de pressão antropogénica vão ter efeitos ecológicos mais negativos nas albufeiras de armazenamento, com diminuição da transparência e oxigénio mais significativos e blooms algais de superior expressão (pese embora uma menor concentração relativa de nutrientes).

5.5. Bibliografia citada

Cabecinha, E., Cortes, R., Cabral, J. A. (2004). Performance of a stochastic-dynamic modelling methodology for running waters ecological assessment. *Ecological Modelling* 175: 303-317.

- Cabecinha E., Silva-Santos P., Cortes R. & Cabral J. A. (2007) Applying a stochastic-dynamic methodology (StDM) to facilitate ecological monitoring of running waters, using selected trophic and taxonomic metrics as state variables. *Ecological Modelling* 207(2-4):109-127.
- Cabecinha E., Cortes R., Cabral J. A., Ferreira T., Lourenço M. & Pardal M. A. 2009a. Multi-scale approach using phytoplankton as a first step towards the definition of the ecological status of reservoirs. *Ecological indicators*. DOI 10.1016/j.ecolind.2008.04.006.
- Cabecinha E., Cortes R., Pardal M. A. & Cabral J. A. (2009b) Stochastic Dynamic Methodology (StDM) for reservoir's water quality management: validation of a multi-scale approach in a south European basin (Douro, Portugal). *Ecological Indicators*. DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.05.010
- Cabecinha E., Lourenço M., Moura J. P., Pardal M. A. & Cabral J. A. (2009e) Modelling multi-scale approach to simulate relevant spatial and dynamic ecological patterns for reservoir's water quality management: Scenario-testing. *Landscape Ecology*. (submitted).
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory. National Environmental Research Council, UK.
- Oliveira, M.R. 1977. Fitoplancton das albufeiras de Belver e Fratel. Em Estudo limnológico das albufeiras de Belver e Fratel. *Bol. Inst. Nac. Invest. Pescas*, pp. 20-67.
- Oliveira, M.R. 1987. *Estrutura das comunidades fitoplanctónicas em albufeiras portuguesas*. Inst. Nac. Invest. Pescas. 307 pp.
- ter Braak C.JF., 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167–1179.
- ter Braak, C.J.F., 1987. Ordination In: R. H. G. Jongman, C. J. F. ter Braak and O. F. R. van Tongeren (Eds) *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*, Pudoc, Wageningen: 91–173.
- ter Braak, C. J. F. & P. Šmilauer, 2002. *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca, New York p. 352.



CAPÍTULO VI. FITOPLÂNCTON E SUAS RESPOSTAS À PERTURBAÇÃO

**Maria Manuela Morais, Ana Pedro
& Susana Nunes¹**

1ª PARTE: RESULTADOS COM BASE NAS 18 ALBUFEIRAS AMOSTRADAS

6.1. Introdução

Em Portugal, as disponibilidades hídricas são limitadas pelas características do clima mediterrânico, com pluviosidade concentrada e por vezes reduzida, elevada evapotranspiração e um escoamento baixo nos meses em que a temperatura é mais elevada. As massas de água artificialmente armazenadas tendem naturalmente para um aumento progressivo na concentração de nutrientes, o que associado à acção do homem provoca uma aceleração do processo de eutrofização, com a consequente degradação da qualidade da água (Margalef, 1983).

A eutrofização de um ecossistema aquático resulta do aumento da concentração de nutrientes, em particular do azoto e do fósforo. Este processo interfere nas características físicas e químicas da água e ocorrem profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, particularmente nas comunidades dos produtores primários. As respostas provocadas pelo enriquecimento em nutrientes, tais como elevada biomassa algal, crescimento denso de macrófitas, transparência reduzida e baixas concentrações de oxigénio no hipolímnio são indícios de eutrofização que nos indicam o estado ecológico do ecossistema aquático e por outro lado interferem com a utilização da água. Deste modo a gestão da água deve ter como objectivo a qualidade em relação à utilização que se pretende

¹ Laboratório da Água (ICAM) da Universidade de Évora.

dar (Vollenweider & Kerekes, 1982). Com a entrada em vigor da Directiva-Quadro da Água (DQA, 2000/60/CE), a definição de qualidade da água em função dos usos foi substituída pela criação de um sistema uniforme que permite a adaptação de objectivos gerais de qualidade às condições ambientais específicas de cada tipo, surgindo o conceito de estado ecológico na avaliação dos ecossistemas aquáticos (Bernardino & Rodrigues, 2000). Os elementos biológicos passam a assumir um papel preponderante na avaliação da qualidade ecológica, evidenciando-se o fitoplâncton para os ecossistemas lênticos ou de águas paradas uma vez que este se caracteriza pelo conjunto de algas unicelulares em suspensão na coluna de água. Dentro do fitoplâncton, o grupo das cianobactérias reveste-se de particular importância devido à sua capacidade de adaptação a alterações ambientais. Estes organismos, em resultado da sua actividade metabólica e sob determinadas condições ambientais (e.g. nível elevado de fósforo, elevada intensidade luminosa, temperaturas elevadas, ausência de vento), podem produzir toxinas que afectam as outras comunidades biológicas e o uso da água.

O presente relatório tem como objectivo: (1) efectuar uma caracterização geral da comunidade fitoplanctónica identificada nas 18 albufeiras que foram objecto de estudo; (2) confirmar a tipologia pré-estabelecida, com base no elemento biológico fitoplâncton, para as mesmas 18 albufeiras; (3) verificar se o fitoplâncton responde à degradação por tipo e se diferencia as albufeiras classificadas como referência das outras de não referência.

Convém referir, contudo, que os resultados que se apresentam e discutem, são referentes apenas ao ano de 2006, não podendo, consequentemente, ser considerados valores médios característicos dos 3 tipos de albufeiras, sobretudo considerando que Portugal é caracterizado por evidenciar uma enorme variabilidade inter e intra anual. Para tal, seria necessário compilar toda a informação disponível para cada tipo, aumentando significativamente o número de albufeiras estudadas e o número de anos. Não nos esqueçamos que os resultados que se apresentam são restritos a um universo muito restrito de 6 albufeiras por tipo, com apenas três ‘de referência’, *sensu* menos perturbadas.

6.2. Material e métodos

6.2.1. Procedimento de amostragem e análise laboratorial

As amostragens foram realizadas em 4 períodos do ano (Inverno, Primavera, Verão e Outono) entre Fevereiro e Novembro de 2006. Em cada albufeira foi realizada uma amostra composta, representativa da zona eufótica (zona de penetração da luz, determinada

localmente pela profundidade do disco de *Secchi* multiplicada por um factor de 2,5). A amostra foi obtida retirando quantidades iguais de água, desde a superfície até ao limite inferior da zona eufótica, as quais foram misturadas, obtendo um volume total de 5L. Posteriormente, até chegada ao laboratório, os frascos contendo as amostras foram acondicionados em mala térmica entre os 0 e os 4 °C.

No laboratório foi quantificada a clorofila *a*, indicadora de biomassa total, e quantificado e identificado o fitoplâncton. No Quadro 6.1 são apresentados os métodos de análise e respectivas referências. As análises foram efectuadas no Laboratório da Água da Universidade de Évora.

Quadro 6.1. Parâmetros fitoplanctónicos analisados em laboratório

Parâmetros	Método de análise	Referência do Método
Clorofila <i>a</i>	Espectrofotometria de absorção molecular, equação de Lorenzen (1967)	Lorenzen (1967)
Identificação e Quantificação Fitoplanctónica	Método de Utermöhl com identificação microscópica	Utermöhl (1958)

6.2.2. Tratamento de dados

Graficaram-se valores absolutos (clorofila *a*, número total de células e número total de cianobactérias) e relativos (grupos taxonómicos), fundamentais na interpretação global da comunidade fitoplanctónica e na detecção de padrões de variação.

No sentido de eliminar a influência de magnitude das densidades observadas (específicas e número total de células), antes de se proceder a análises multivariadas os dados foram logaritmizados [$x' = \log_{10}(x+1)$]. Na abordagem adoptada optou-se por efectuar ordenações dos locais por multidimensionamento escalar (n-MDS). Neste método os locais são ordenados unicamente de acordo com a matriz de dissimilaridade, sendo que as distancias entre locais correspondem a uma ordem de dissimilaridade entre locais (*rank order*).

Com o objectivo de estudar as diferenças tipológicas foi efectuada uma n-MDS para a totalidade dos locais de referência, tendo como base a comunidade fitoplanctónica identificada nesses locais. Pretendeu-se deste modo identificar padrões de variação tipológica e temporal (sazonal). A validação das diferenças tipológicas (3 tipos) e sazonais (4 épocas),

foi efectuada através de testes de ANOSIM. Estas diferenças foram testadas caso a caso na opção “one-way layout”, que testa as diferenças entre grupos contrastando com as diferenças intra-grupo. As análises posteriores decorreram em função das validações obtidas, tendo-se efectuado análises de SIMPER “similarity percentages” com o objectivo de caracterizar a comunidade de referência de cada tipo validado. Este método através da utilização do índice de dissimilaridade Bray-Curtis testa a contribuição da similaridade média dentro do grupo em relação à dissimilaridade média entre grupos em relação a todas as espécies fitoplanctónicas identificadas.

Num passo seguinte procedeu-se a uma análise por tipo. Desta forma foram efectuadas ordenações n-MDS (por tipo) com o objectivo de verificar, no espaço, a localização dos locais de referência *versus* locais de não referência, assim como padrões de variação temporal (sazonal). As diferenças entre referência e não referência e entre épocas do ano, para cada tipo, foram posteriormente validadas pela aplicação de testes ANOSIM. Por último, para as épocas do ano que se diferenciaram (i.e que se mostraram significativamente diferentes das outras) foi efectuada uma análise da comunidade através de análises de SIMPER “similarity percentages”.

Complementarmente, para verificar a magnitude de variação conjunta entre variáveis fitoplanctónicas (i.e clorofila *a*, taxa indicadores de tipo e grupos taxonómicos) e variáveis físico-químicas da água relacionadas com a qualidade (i.e. temperatura, pH, oxigénio dissolvido, CBO₅, CQO, nitratos, nitritos, azoto amoniacal, fósforo total e ortofosfatos) foram feitas correlações não paramétricas de Spearman.

Os tratamentos estatísticos, ordenações n-MDS, testes ANOSIM, análises SIMPER, foram efectuados através da utilização do programa PRIMER 5.2.2; as correlações de Spearman entre variáveis foram efectuadas no programa SPSS 15.

6.3. Resultados

6.3.1. Descrição global da comunidade e padrões de variação

Clorofila a

Na Figura 6.1 apresenta-se a evolução sazonal da clorofila *a* (µg/l) por albufeira estudada em cada um dos 3 tipos previamente definidos (Sul, Norte e Cursos Principais). Observando a Figura 4.1 verifica-se que para o Sul as albufeiras Odeleite e Santa Clara, classificadas como de referência, apresentam valores de clorofila *a* abaixo do limite

estabelecido pelo OECD para a classificação de um sistema eutrófico, todas as outras albufeiras apresentam pelo menos uma época do ano em que a concentração de clorofila *a* é superior a este limite. Refira-se por exemplo Montargil que em três períodos do ano apresenta concentrações superiores ao limite.

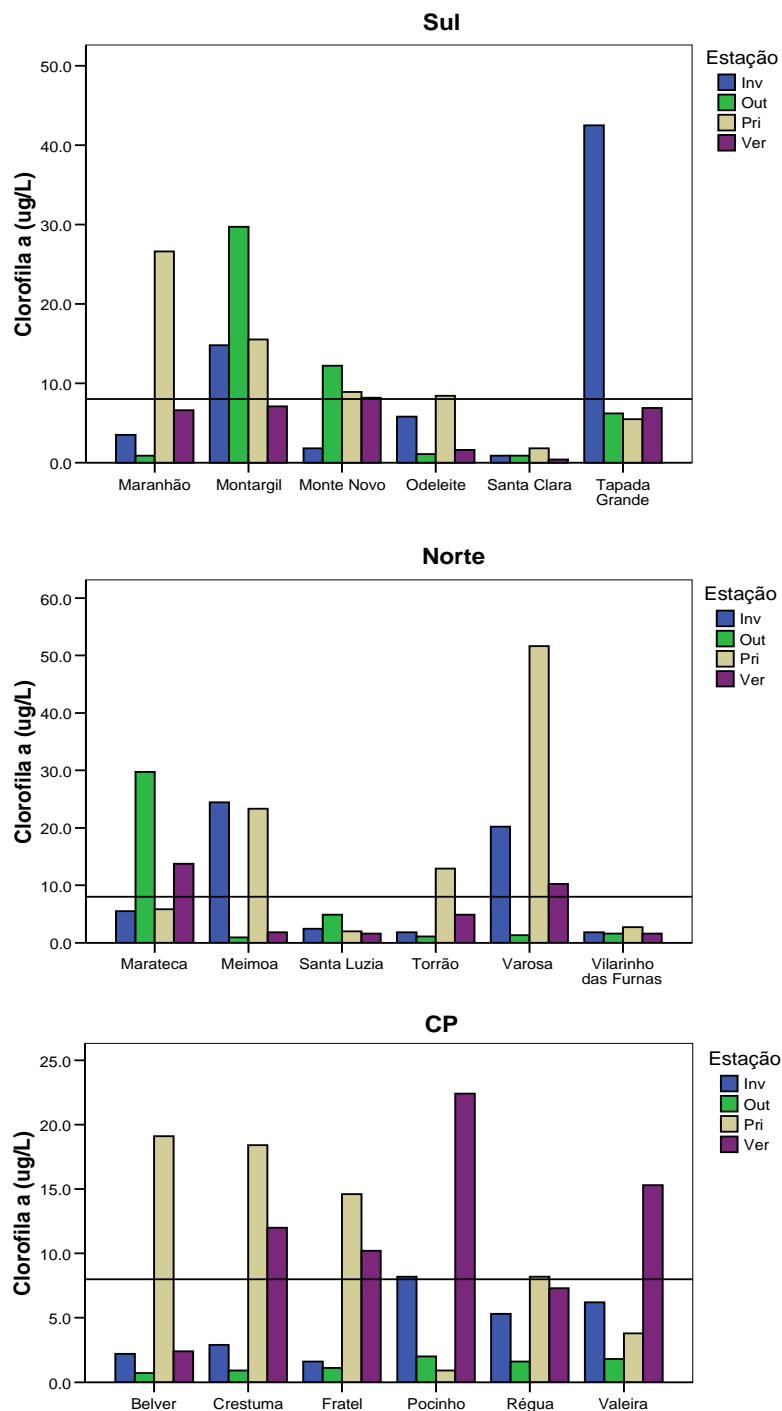


Figura 6.1. Evolução sazonal da clorofila *a* ($\mu\text{g/l}$) nas albufeiras estudadas por tipo (Sul, Norte e Cursos Principais - CP). A linha horizontal a preto representa o limite estabelecido pela OCDE (1982) a partir da qual um sistema é classificado como eutrófico ($8 \mu\text{g/l}$).

Outro facto interessante prende-se com os valores consistentemente mais baixos observados no Verão nas seis albufeiras. Convém referir no entanto que na maior parte dos locais as concentrações analisadas não reflectem a biomassa fitoplanctónica existente, uma vez que as Cianobactérias são frequentemente dominantes na comunidade e apresentam uma concentração reduzida de clorofila *a*. Nestas situações a clorofila *a* representa uma má medida de biomassa fitoplanctónica.

No tipo Norte verifica-se que das três albufeiras classificadas como referência apenas Vilarinho das Furnas e Santa Luzia apresentam, de uma forma consistente para os 4 períodos de amostragem, concentrações inferiores do limite de eutrofização. Meimoa apresenta concentrações muito elevadas no Inverno e no Outono. Observando a Figura 6.1, verifica-se que nas albufeiras classificadas como não referência foram registadas concentrações muito elevadas, nomeadamente no Outono na albufeira da Marateca, no Inverno e na Primavera na albufeira de Meimoa e na Primavera na albufeira de Varosa.

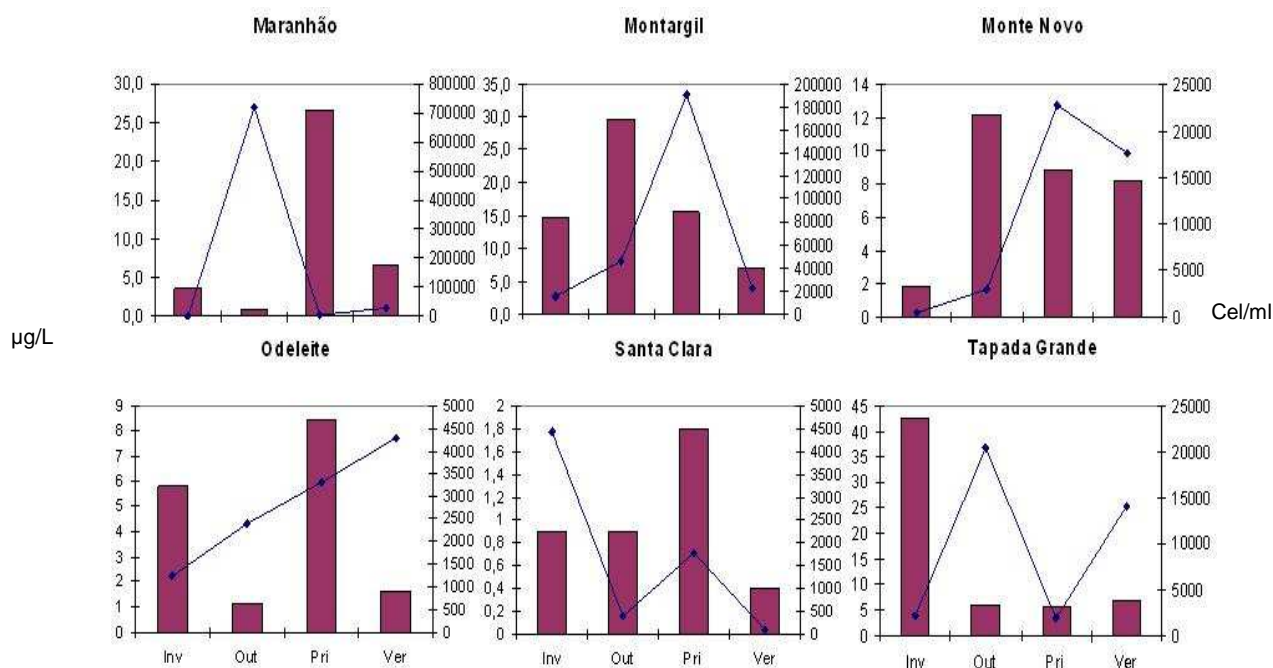


Figura 6.2. Evolução sazonal da clorofila *a* (µg/L) e do número de células (cél/ml) nas albufeiras do tipos Sul

No tipo Cursos Principais, a situação é um pouco distinta da observada relativamente aos tipos Sul e Norte. Com excepção da albufeira da Régua (não referência), todas as outras apresentam pelo menos um período do ano com concentrações muito elevadas. Também

contrariamente aos outros dois tipos, no Verão os valores são tendencialmente mais elevados não se tendo verificado concentrações elevadas no Inverno e no Outono.

*Clorofila *a* e número total de células*

Observando a Figura 4.2 relativa à evolução sazonal da clorofila *a* e do número total de células, verifica-se que os valores mais reduzidos são observados nas albufeiras de Odeleite e de Santa Clara, sobretudo muito evidente para o número de células. Outra característica interessante, detectada sobretudo nas albufeiras do Maranhão, Montargil e Tapada Grande (de referência), relaciona-se com a não coincidência entre os picos para estas duas variáveis. Ou seja, o pico de clorofila *a* não é coincidente com o pico do número de células. Tal facto, como já foi dito, relaciona-se com a dominância de Cianobactérias, algas que apresentam reduzida concentração de clorofila *a*.

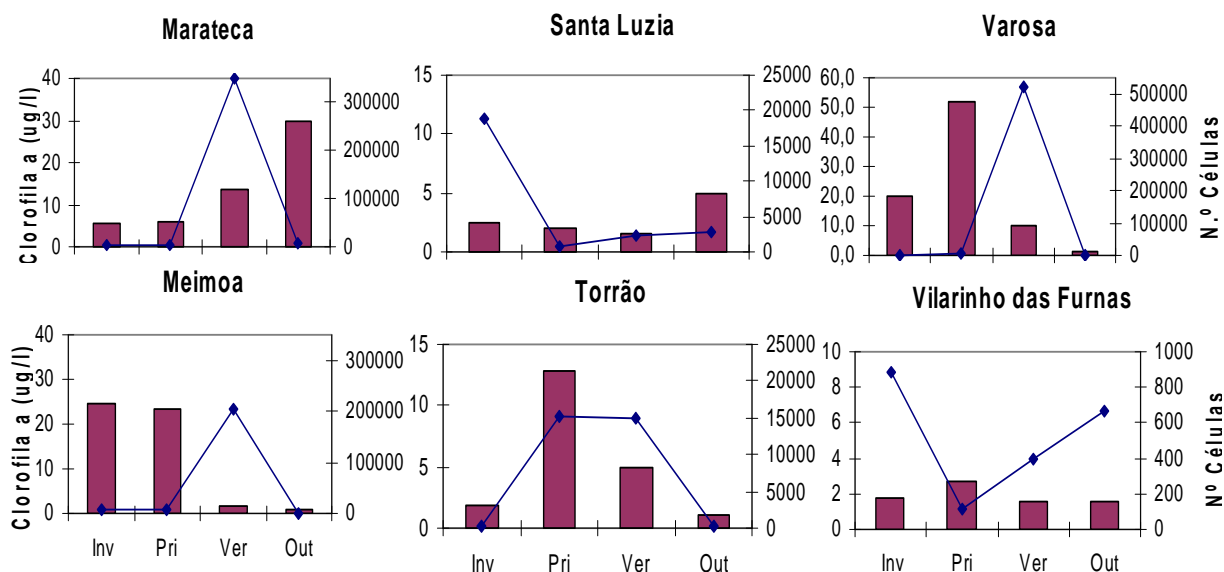


Figura 6.3. Evolução sazonal da clorofila *a* (µg/L) e do número de células (cél/ml) nas albufeiras do tipo Norte

Na Figura 6.3, apresenta-se a evolução sazonal dos mesmos descritores para o tipo Norte. De imediato se nota que Vilarinho das Furnas é a albufeira que evidencia menor número de células e menor concentração de clorofila *a* em oposição à albufeira da Varosa que apresenta na Primavera uma concentração de células superior á 400000/ml. Também

aqui, os valores máximos de clorofila *a* nem sempre coincidem com os máximos de número de células (fitoplâncton total); veja-se Marateca, Varosa, Meimoa.

Contrariamente ao detectado nos tipos Sul e Norte, de um modo geral, nas albufeiras de Curso Principal (Figura 6.4) a clorofila *a* acompanha a evolução do número de células.

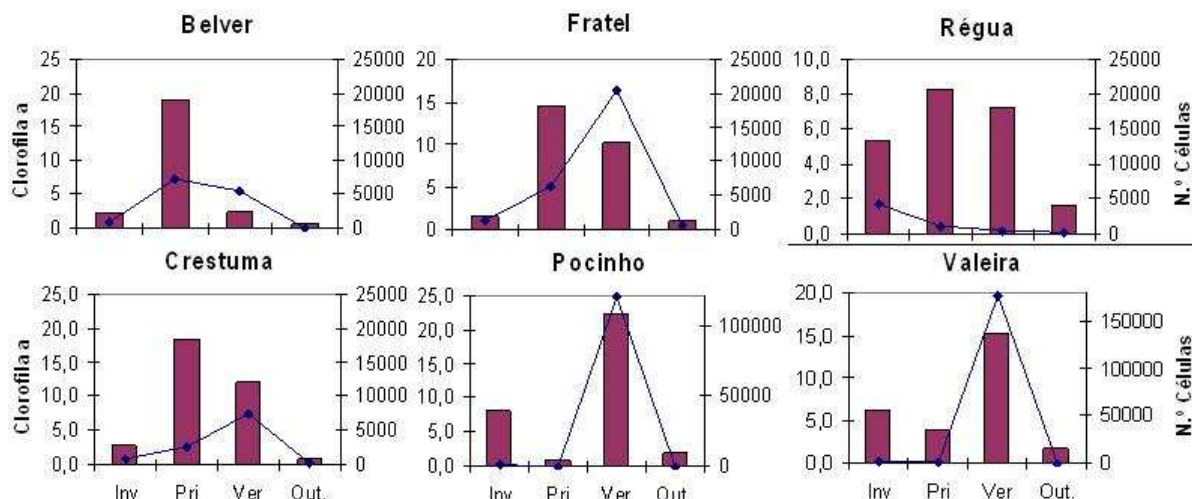


Figura 4.4. Evolução sazonal da clorofila *a* (µg/L) e do número de células (cél/ml) nas albufeiras do tipos Cursos Principais

Note-se que relativamente a estes dois descritores, as albufeiras Crestuma-Lever e Fratel (não referência) não se diferenciam muito das albufeiras Belver e Valeira, classificadas como de Referência; Valeira, foi mesmo a albufeira que apresentou o maior número de células, especificamente no Verão.

Evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos

Na Figura 6.5 apresenta-se a evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos para o tipo Sul. Verifica-se que apenas para as albufeiras Odeleite e Santa Clara é que as Cianobactérias foram dominantes durante uma única época do ano (i.e. no Outono em Odeleite e no Inverno em Santa Clara), em todas as outras albufeiras as Cianobactérias foram dominantes pelo menos em duas épocas do ano. Verifique-se que as albufeiras do Monte Nove e de Montargil evidenciaram dominância das Cianobactérias nas 4 épocas do ano.

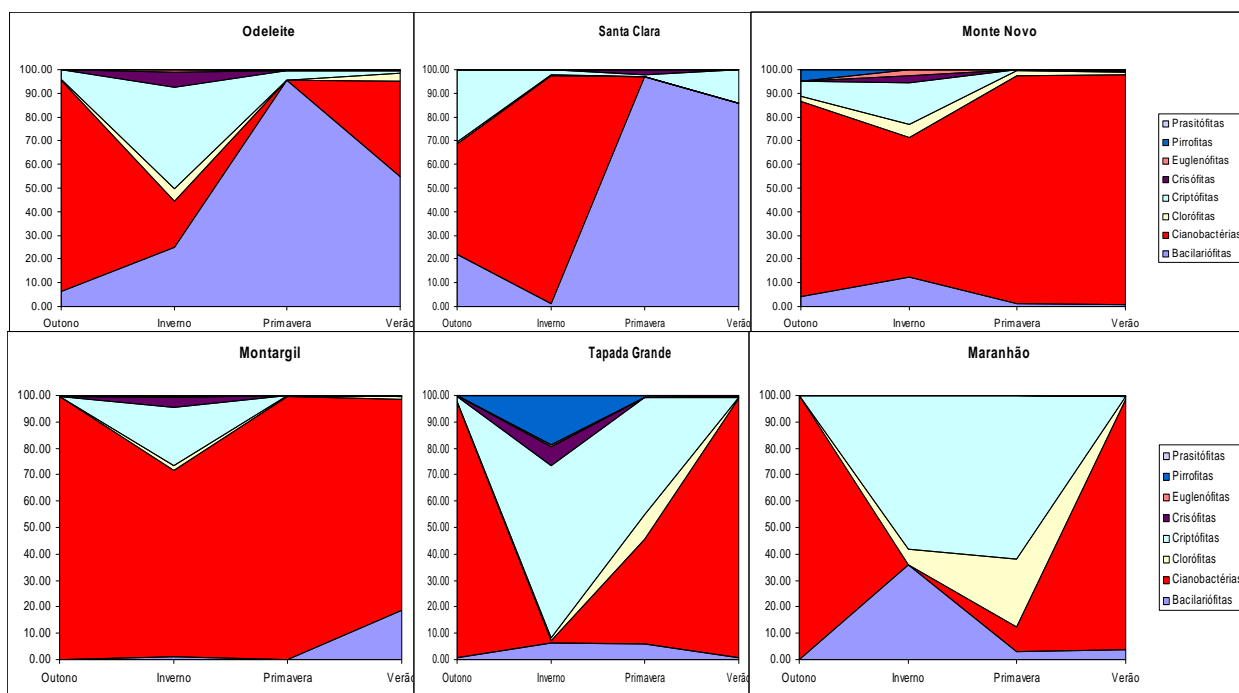


Figura 6.5. Evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos nas albufeiras do tipo Sul

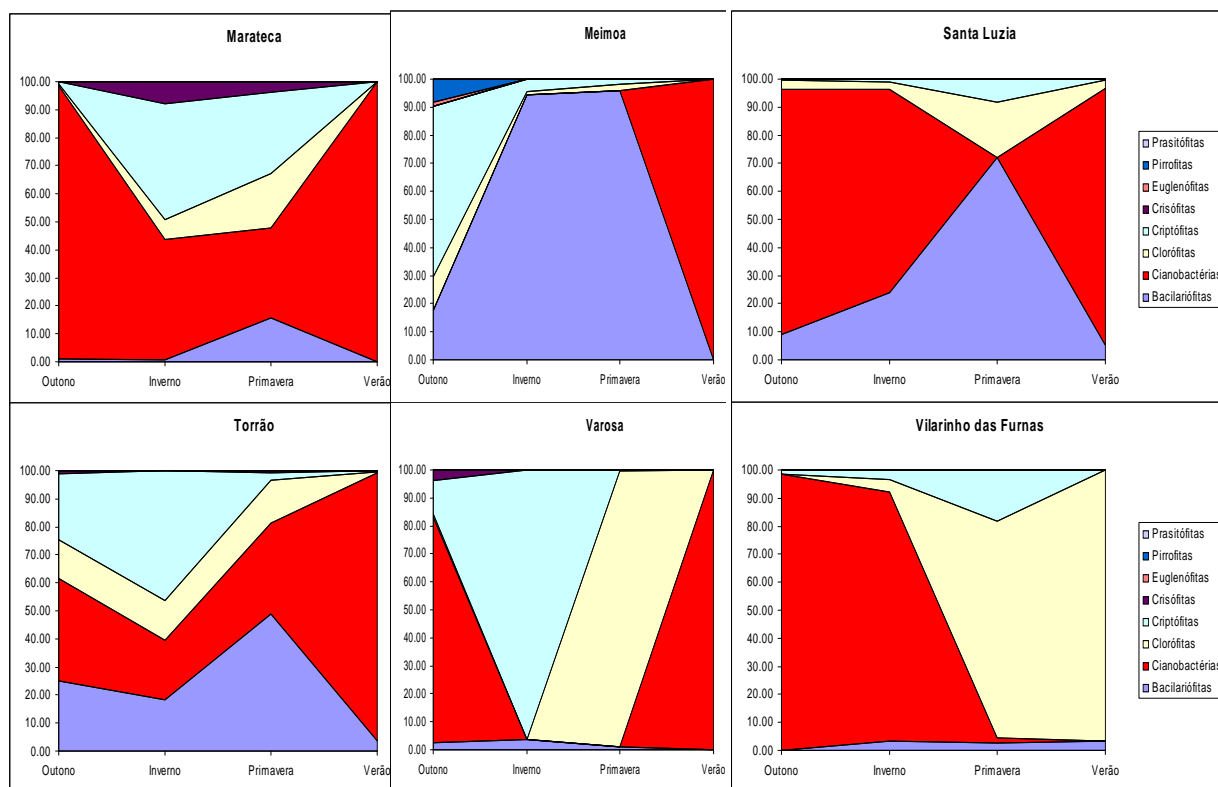


Figura 6.6. Evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos nas albufeiras do tipo Norte

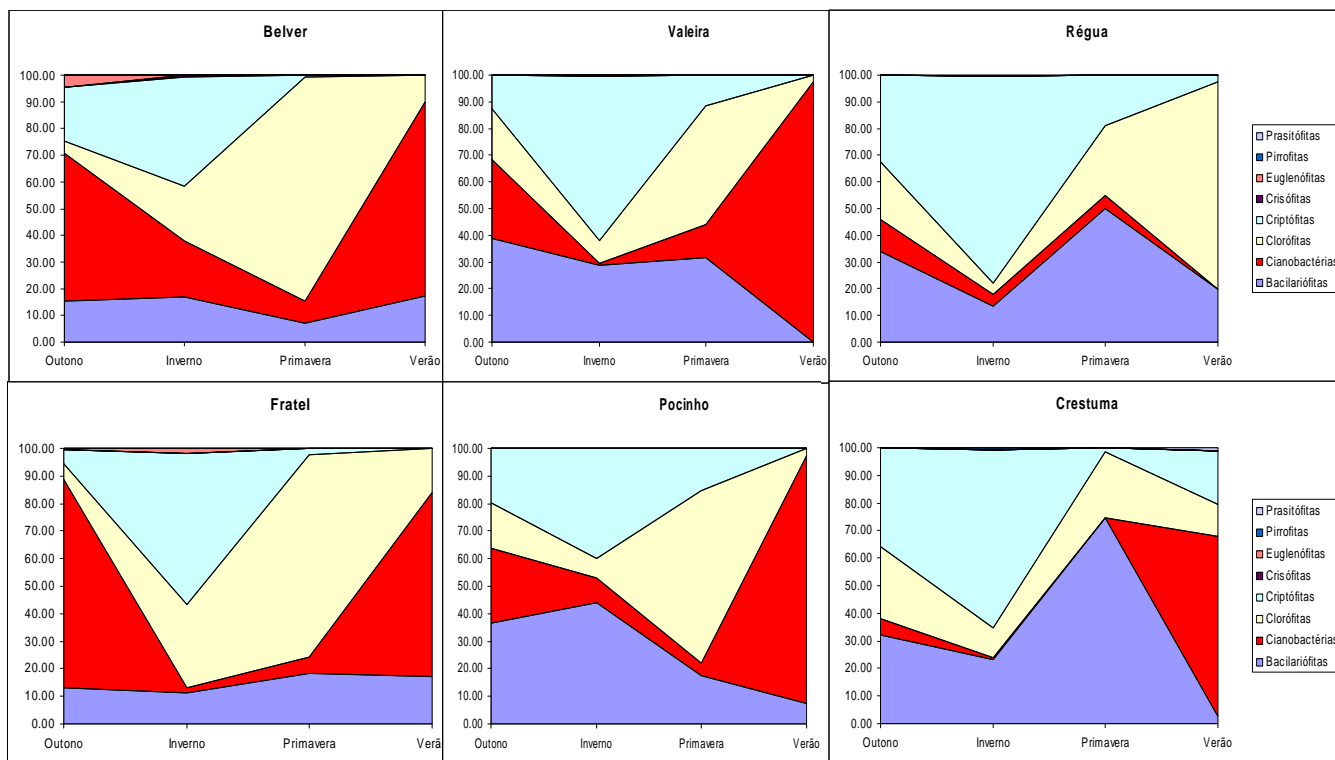


Figura 6.7. Evolução sazonal da abundância relativa dos grupos taxonómicos nas albufeiras do tipo Cursos Principais

As albufeiras Tapada Grande (referência) e Maranhão (não referência) repartiram a dominância durante as épocas de Inverno e de Primavera com algas do grupo das Criptófitas. Note-se que as albufeiras de Odeleite e de Santa Clara apresentaram dominância das Bacilariófitas, respectivamente na Primavera e na Primavera e no Verão.

Relativamente ao tipo Norte (Figura 6.6), apenas as albufeiras Meimoa (referência) e Torrão (não referência) evidenciaram dominância de Cianobactérias num único período do ano, concretamente no Verão; todas as outras apresentaram dominância de Cianobactérias pelo menos durante dois períodos do ano. Comparativamente com o tipo Sul, verifica-se uma maior abundância relativa do grupo Clorófitas, sobretudo na albufeira de Vilarinho das Furnas que apresentou dominância relativa destas algas nos períodos de Primavera e de Verão. Tal como para o tipo Sul, também no Norte verificou-se dominância das Bacilariófitas em duas albufeiras classificadas como referência, respectivamente em Meimoa no Inverno, e Primavera, e em Santa Luzia na Primavera (Figura 6.6).

Para o tipo Cursos Principais, com exceção da albufeira da Régua (não referência) que não apresentou dominância de Cianobactérias, todas as outras evidenciaram dominância de Cianobactérias no Verão (Figura 6.7); apenas as albufeiras de Fratel (não referência) e de Belver (referência) apresentaram também dominância de Cianobactérias no Outono. De um modo geral, comparativamente com os outros 2 tipos (Figuras 6.5 e 6.6) nota-se uma maior diversidade com maiores contribuições dos grupos Criptófitas no Inverno, Bacilariófitas no Outono, Inverno e Primavera e Clorófitas na Primavera.

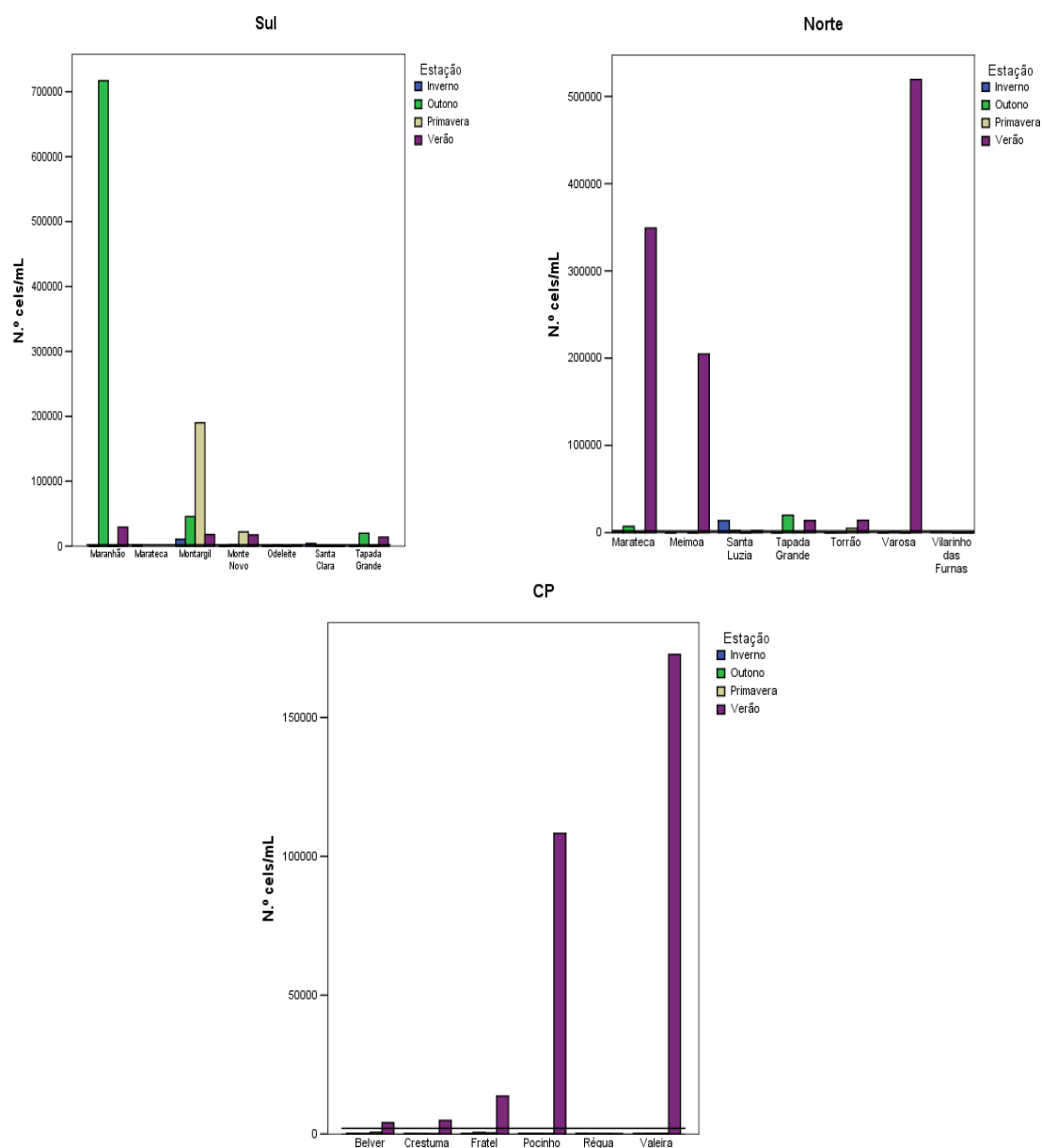


Figura 6.8. Evolução sazonal da abundância absoluta das cianobactérias para os três tipos estudados, Sul, Norte e Cursos principais. A linha horizontal representa o nível a partir do qual foram considerados blooms (>2000 células/ml)

Densidade absoluta de Cianobactérias: identificação de “blooms”

Foi graficada a abundância absoluta das cianobactérias com o objectivo de identificar a ocorrência de “blooms” (densidades >2000 células/ml) que possam causar problemas de saúde humana e ambiental (Figura 6.8). Observando a Figura 6.8, verifica-se a ocorrência de “blooms” com densidades muito elevadas, nalguns casos muito superiores ao limite que estabelece a ocorrência de “blooms” (2000 células/ml).

No Sul e em termos gerais, verifica-se a ocorrência de “blooms” em todas as épocas, variando contudo as albufeiras em que eles ocorrem. No tipo Norte, os “blooms” que apresentaram maiores densidades absolutas foram registados no Verão, tendo contudo sido detectados outros com menores densidades no Inverno (Santa Luzia; referência), no Outono (Marateca) e na Primavera (Torrão). Vilarinho das Furnas, classificada como de ‘referência’, foi a única albufeira que não evidenciou “blooms”.

Relativamente ao tipo Cursos Principais, com excepção da albufeira da Régua (Não Referência) todas as outras registaram “blooms” no Verão, variando apenas as densidades absolutas dos mesmos. Deste modo, as densidades mais elevadas foram registadas por ordem decrescente nas albufeiras: Valeira (referência); Pocinho (referência); Fratel (perturbada); Crestuma (perturbada) e Biver (referência). Não se encontrou portanto uma relação entre perturbação e a ocorrência de blooms >2000 células/ml, que parecem ocorrer de forma casuística em todos os tipos e níveis de perturbação.

6.3.2. Tipologia abiótica e resposta do fitoplâncton

Ordenação global

Na Figura 6.9 apresenta-se o resultado da ordenação n-MDS para os dois primeiros eixos, aplicada para a totalidade dos locais de referência amostrados nas diferentes épocas do ano (Primavera, Verão, Outono e Inverno) e com base na comunidade de fitoplâncton (36 locais x 85 taxa). A Figura 6.9 mostra a ordenação dos locais (albufeiras), identificados de acordo com o tipo a que pertencem (Sul, Norte e Cursos Principais). Verifica-se uma maior individualização dos tipos Cursos Principais e Sul, surgindo o tipo Norte menos diferenciado, entre aqueles dois tipos. No entanto, o valor *R* do teste ANOSIM diz-nos que os três tipos não são diferentes, embora o valor de *R* seja mais elevado na diferenciação entre os tipos Cursos Principais e Sul ($R=0,482$; $p>0,01$) (Quadro 6.2).

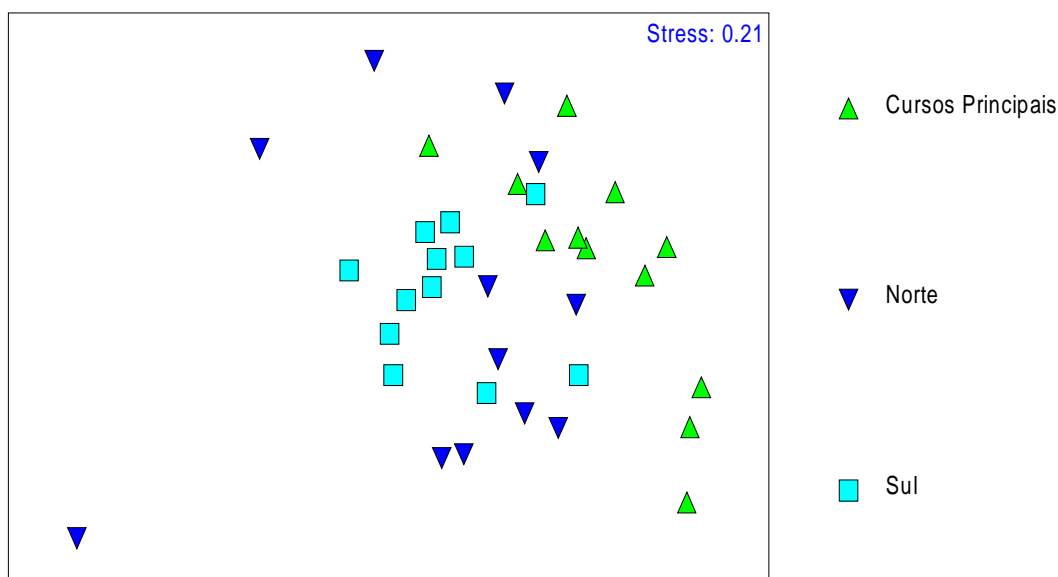


Figura 6.9. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para todas as albufeiras de referência e colheitas sazonais com base na comunidade fitoplanctônica, com indicação dos tipos Sul, Norte e Cursos Principais

Quadro 6.2. Resultados do teste ANOSIM para os três tipos, com indicação do R e do nível de significância. ** significativo para $p > 0.01$

	<i>Sul</i>	<i>Norte</i>	<i>Cursos Principais</i>
Sul			
Norte	0,242 **		
Cursos Principais	0,484 **	0,249 **	
N	36	36	36

O mesmo tratamento de dados foi também efectuado utilizando grupos taxonómicos de nível superior (ordens), separados ou agregados por épocas do ano, verificando-se sempre que os tipos de albufeiras não se separavam ($R < 0.5$, teste multivariado ANOSIM), ao contrário do constatado no capítulo anterior baseado na modelação de fitoplâncton com séries de dados mais longas e um maior número de albufeiras.

Caracterização da comunidade das albufeiras de ‘referência’

Esta caracterização foi feita através da análise SIMPER que nos indica os *taxa* que apresentam maior contribuição para cada tipo (Quadros 6.3, 6.4 e 6.5). O tipo Cursos Principais, para os locais de referência, apresenta, na sua globalidade e incluindo a variabilidade temporal/sazonal associada ao fitoplâncton, uma grande diversidade específica

com 19 *taxa* característicos, (i.e considerados indicadores ecológicos para o tipo). Apresenta contudo dominância de *Chroomonas* sp. e *Cyclotella* sp. num valor cumulativo de 46,16%. Estes *taxa* pertencem respectivamente aos grupos Criptófita e Bacilariófita, sendo *taxa* cosmopolitas, comuns em águas com diferentes características tróficas.

Quadro 6.3. *Taxa* característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais como resultado da análise SIMPER

<i>Taxa</i>	Grupo taxonómico	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Chroomonas</i> sp.	Criptófita	29,89	29,89
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacilariófita	16,28	46,16
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cianobactéria	9,07	55,23
<i>Scenedesmus communis</i>	Clorófita	7,78	63,01
<i>Cryptomonas</i> sp.	Criptófita	5,05	68,06
<i>Navicula</i> sp.	Bacilariófita	4,14	72,20
<i>Aulacoseira granulata</i>	Bacilariófita	3,55	75,75
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Cianobactéria	3,00	78,75
<i>Oscillatoria tenuis</i>	Cianobactéria	2,47	81,22
<i>Oscillatoria</i> sp.	Cianobactéria	2,39	83,61
<i>Monoraphidium contortum</i>	Clorófita	2,38	85,99
<i>Asteriomella formosa</i>	Clorófita	1,95	87,94
<i>Nitzschia</i> sp.	Bacilariófita	1,49	89,43
<i>Fragilaria</i> sp.	Bacilariófita	1,44	90,87

A comunidade de referência para o tipo Norte (que inclui a variabilidade temporal/sazonal característica) apresenta menor diversidade, com apenas 4 *taxa* que constituem 94,50% da comunidade total e que são os indicadores ecológicos para o tipo Norte. A dominância é atribuída a *Aphanocapsa* sp., *taxa* pertencente ao grupo das Cianobactérias. Este *taxa* esteve presente nas 4 épocas de amostragem, tendo sido contudo mais abundantes no Verão. Convém referir que *Aphanocapsa* sp. é um género potencialmente tóxico e que evidenciou um “bloom” muito grande (densidades > 2000 cél/ml) na albufeira Meimoa.

Para além dos *taxa* apresentados no Quadro 6.4, seleccionados pela análise SIMPER e que indicam elevadas contribuição em termos globais para o tipo Norte, convém referir que neste tipo foram identificados os *taxa* *Tabellaria fenestrata* (Bacilariófita), *Tabellaria flocculosa* (Bacilariófita), *Tabellaria* sp. (Bacilariófita) e *Gymnodinium* sp. (Pirrofita). Estes *taxa* são característicos de sistemas oligotróficos com boa qualidade e foram identificados na albufeira Meimoa com as seguintes densidades: *Tabellaria fenestrata* – Inverno, 7698,99 cél/ml; *Tabellaria flocculosa* – Verão, 45,83 cél/ml; *Tabellaria* sp. – Primavera, 8196,43

cél/ml; *Gymnodinium* sp. – Outono, 26,19 células/ml; Primavera, 13,09 células/ml.

Quadro 6.4. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Norte como resultado da análise SIMPER

<i>Taxa</i>	Grupo taxonómico	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cianobactéria	64,09	64,09
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacilariófita	13,78	77,87
<i>Chroomonas</i> sp.	Criptófita	9,41	87,28
<i>Cryptomonas</i> sp.	Criptófita	7,23	94,50

O Tipo Sul caracteriza-se por uma comunidade composta também por 4 taxa em que três dos quais são comuns ao tipo Norte (Quadro 6.5); razão que explica o baixo valor de R (0,239) obtido na análise ANOSIM entre estes dois tipos. Para além dos taxa *Cyclotella* sp., *Chroomonas* sp. e *Cryptomonas* sp., o tipo Sul apresenta ainda como taxa indicador a Cianobactéria, *Oscillatoria* sp., alga potencialmente produtora de toxinas. De facto ao observarmos a Figura 5, verifica-se que as três albufeiras de Referência apresentam pelo menos uma época do ano em que as Cianobactérias foram dominantes, apresentando as albufeiras de Santa Clara e Tapada Grande “blooms” no Outono e no Verão.

Quadro 6.5. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Sul como resultado da análise SIMPER

<i>Taxa</i>	Grupo taxonómico	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacilariófita	56,61	56,61
<i>Chroomonas</i> sp.	Criptófita	22,95	79,57
<i>Cryptomonas</i> sp.	Criptófita	7,37	86,93
<i>Oscillatoria</i> sp.	Cianobactéria	6,03	92,97

Para além dos taxa apresentados no Quadro 6.5, seleccionados pela análise SIMPER e que indicam elevadas contribuições em termos globais para o tipo Sul, convém referir que neste tipo foram identificados os taxa *Dinobryon* sp. (Crisófita) e *Gymnodinium* sp. (Pirrofita), indicadores de boa qualidade. Especificando, *Dinobryon* sp. foi identificado nas albufeiras Tapada Grande (Inverno 117,84 células/ml; e Outono 19,64 células/ml) e Santa Clara (Primavera 39,28 células/ml) e *Gymnodinium* sp. na albufeira Odeleite (Verão 13,09 células/ml).

Sucessão temporal

A sucessão e a produtividade das algas estão fortemente dependentes da luz, da temperatura, de factores relacionados com a disponibilidade de nutrientes e de factores

biológicos como a competição (Wetzel, 1993). Por exemplo, as Cianobactérias apresentam uma maior tolerância a temperaturas elevadas do que as outras algas. Nas albufeiras estudadas verificou-se uma dominância das Cianobactérias durante o Verão para a generalidade dos locais de amostragem (Figuras 6.3, 6.4 e 6.5). No entanto a diminuição do foto-período, bem como a diminuição da temperatura da água com a chegada do Inverno provoca alterações na estrutura da comunidade. A circulação e a turbulência são muito mais intensas neste período, contribuindo para manter as células mais pequenas e adaptadas a temperaturas mais baixas como as Criptófitas nas zonas de intensidade luminosa óptima (zona eufótica).

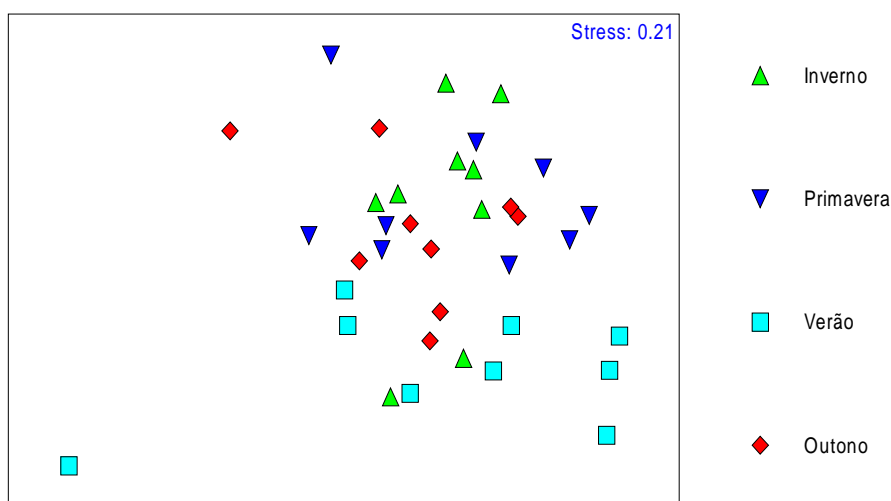


Figura 6.10. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para a totalidade dos locais de referência com base na comunidade fitoplanctónica com indicação das quatro épocas do ano

Quadro 6.6. Resultados do teste ANOSIM para as quatro épocas do ano com indicação do R e do nível de significância * significativo para $p > 0,05$ e ** $p > 0,01$

	<i>Inverno</i>	<i>Outono</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verão</i>
Inverno				
Outono	0,134			
Primavera	0,089	0,059		
Verão	0,402 **	0,139 *	0,263 **	
N	36	36	36	36

Para de uma forma global avaliarmos a variação temporal associada aos locais de referência (sazonalidade natural), fomos identificar as diferentes épocas de amostragem (Primavera, Verão, Outono e Inverno) na mesma ordenação global n-MDS efectuada para os locais de referência (Figura 6.10). Observando a Figura 6.10 verifica-se uma oposição entre os locais amostrados no Inverno e no Verão, colocados em lados opostos na ordenação,

encontrando-se as amostragens de Outono e Primavera numa zona central pouco diferenciada, mas tendencialmente separada do Verão. Contudo, o teste ANOSIM produziu valores de separação baixos, sendo o valor de R mais elevado entre o Verão e o Inverno ($R=0,402$; $p<0,001$) (Quadro 4.8). Ou seja, considerando as albufeiras no seu conjunto (todos os tipos), não é possível distinguir de forma significativa as variações sazonais.

6.3.3 Análise por tipo

Cursos Principais

Na Figura 6.11 apresenta-se o resultado da ordenação parcial n-MDS para os dois primeiros eixos efectuada com base na comunidade fitoplanctónica para os 24 locais (albufeiras) amostradas no tipo Cursos Principais (24 locais x 79 taxa) e que inclui locais de referência e de perturbados. A Figura 6.11 indica-nos a ordenação dos locais (albufeiras) identificados de acordo com a sua classificação referência *versus* perturbação. Observando-se a Figura, não se verifica separação (teste ANOSIM com um R de $-0,06$).

Na Figura 6.12 apresenta-se a mesma ordenação mas agora com indicação das 4 épocas do ano. De imediato se nota uma clara diferenciação, perfeitamente individualizadas para o Outono e o Verão. O teste ANOSIM confirma o resultado da ordenação, surgindo perfeitamente validados a dissimilaridade (diferença) entre épocas do ano (Quadro 6.9). Este resultado indica-nos que para o tipo Cursos Principais, a variabilidade temporal/sazonal observada ao longo do ano para a comunidade fitoplanctónica é superior à diferença entre as comunidades identificadas nas albufeiras classificadas como referência e perturbadas.

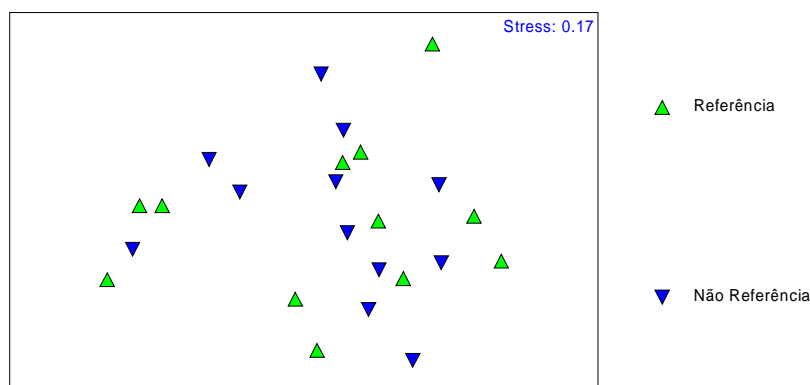


Figura 6.11. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo Cursos Principais com indicação das albufeiras de referência e de não referência

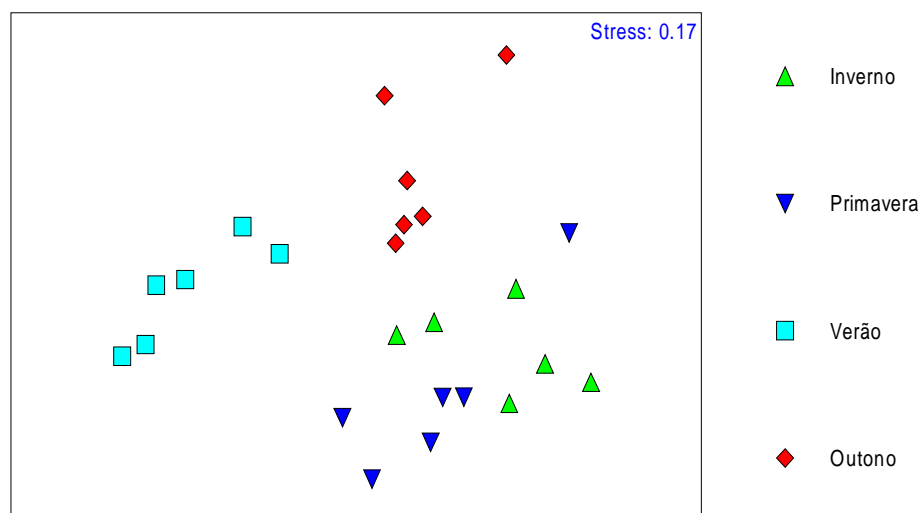


Figura 6.12. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo cursos principais com indicação das quatro épocas do ano

Quadro 6.7. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no tipo Cursos Principais com indicação do R e do nível de significância. * significativo para $p > 0,05$ e ** $p > 0,01$

	Inverno	Outono	Primavera	Verão
Inverno				
Outono	0,88*			
Primavera	0,590*	0,709*		
Verão	0,980*	0,909*	0,935*	
N	24	24	24	24

Quadro 6.8. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais no Inverno em resultado da análise SIMPER

Taxa	Grupo taxonómico	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Chroomonas</i> sp.	Criptófitas	56,05	56,05
<i>Cryptomonas</i> sp.	Criptófitas	16,20	72,25
<i>Asteriomella formosa</i>	Bacilariófita	5,60	77,85
<i>Navicula</i> sp.	Bacilariófita	5,28	83,13
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacilariófita	3,32	86,45
<i>Scenedesmus communis</i>	Clorófita	3,20	89,65
<i>Oscillatoria</i> sp.	Cianobactéria	2,41	92,06

Caracterização da comunidade fitoplanctónica para as quatro épocas do ano

Efectuou-se de seguida a caracterização da comunidade fitoplanctónica para cada uma das quatro épocas do ano (Quadro 6.8). Na Primavera a comunidade caracteriza-se por evidenciar um maior número de *taxa* indicadores. Estes pertencem maioritariamente aos grupos das Bacilariófitas e das Clorófitas, facto que evidencia a sucessão temporal com substituição das Criptófitas pelas Clorófitas (Quadro 6.9). No Verão os *taxa* dominantes pertencem ao grupo das Cianobactérias, destacando-se o género *Aphanocapsa* sp. (50,78% da comunidade) (Quadro 6.10). Evidencia-se deste modo o “bloom” de *Aphanocapsa* sp. detectado na albufeira Meimoa com 204817 cél/ml.

Quadro 6.9. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais na Primavera em resultado da análise SIMPER

<i>Taxa</i>	Grupo taxonómico	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Cyclotella</i> sp.	Bacilariófita	36,28	36,28
<i>Klebsormidium</i> sp.	Clorófita	17,64	53,92
<i>Chroomonas</i> sp.	Criptófita	11,03	64,95
<i>Chlorella</i> sp.	Clorófita	10,30	75,24
<i>Aulacoseira granulata</i>	Bacilariófita	5,07	80,31
<i>Pseudanabaena</i> sp	Cianobactéria	3,29	83,60
<i>Monoraphidium contortum</i>	Clorófita	3,19	86,79
<i>Monoraphidium</i> sp.	Clorófita	2,70	89,49
<i>Nitzschia</i> sp.	Bacilariófita	2,54	92,03

No Outono a comunidade caracteriza-se por apresentar *taxa* pertencentes a todos os grupos taxonómicos com dominância de *Chroomonas* sp., *Cyclotella* sp. e *Aphanizomenon* sp., uma Cianobactéria potencialmente tóxica (Quadro 6.11). De facto o Outono representa uma estação de transição do Verão dominada por Cianobactéria (veja-se Figura 4.8) para o Inverno com dominância de espécies com flagelo de pequena dimensão adaptadas a baixas temperaturas (*Chroomonas* sp. e *Cryptomonas* sp).

Quadro 6.10. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais no Verão em resultado da análise SIMPER

<i>Taxa</i>	Grupo taxonómico	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Cianobactéria	50,78	50,78
<i>Microcystis</i> sp.	Cianobactéria	17,79	68,56
<i>Scenedesmus communis</i>	Clorófita	12,52	81,09
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Bacilariófita	6,87	87,96
<i>Coelastrum reticulatum</i>	Clorófita	3,62	91,58

Quadro 6.11. Taxa características da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais no Outono em resultado da análise SIMPER

<i>Taxa</i>	Grupo taxonómico	Contribuição (%)	Cumulativa (%)
<i>Chroomonas sp.</i>	Criptófitas	28,08	28,08
<i>Cyclotella sp.</i>	Bacilariófita	24,09	52,16
<i>Aphanizomenon sp.</i>	Cianobactérias	11,09	63,26
<i>Oscillatoria tenuis</i>	Cianobactéria	8,07	71,32
<i>Cryptomonas sp.</i>	Criptófita	5,10	76,43
<i>Aulacoseira italica</i>	Bacilariófita	4,19	80,62
<i>Scenedesmus communis</i>	Clorófita	4,08	84,70
<i>Monoraphidium contortum</i>	Bacilariófita	3,59	88,29
<i>Pediastrum simplex</i>	Clorófita	3,42	91,71

Quadro 6.12. Correlações de Spearman significativas entre clorofila *a*, taxa indicadores de tipo, grupos fitoplancctónicos e variáveis físico-químicas da água para o tipo Cursos Principais.

* - significativo para $p < 0,05$, ** - significativo para $p < 0,01$

	Temperatura	pH	Oxigénio	SST	CBO5	CQO	Nitratos	Nitritos	Azoto amoniacal	Fósforo total	Ortofosfatos
	°C		mg/L	mg/L	mg/L O2	mg/L O2	mg/L NO3	mg/L NO2	mg/L NH4	mg/L P	mg/L P2O5
<i>Chroomonas sp.</i>	-0.60**					-0.40*	0.54**				
<i>Cyclotella sp.</i>											
<i>Aphanocapsa sp.</i>											
<i>Scenedesmus communis</i>								-0.41*			
<i>Cryptomonas sp.</i>	-0.52**						0.44*				
<i>Navicula sp.</i>	-0.41*		0.41*	0.45*	0.44*						
<i>Aulacoseira granulata</i>											
<i>Aphanizomenon sp.</i>	0.50*		-0.56**		-0.50*		-0.52**				
<i>Oscillatoria sp.</i>	-0.51*							-0.45*	-0.41*		
<i>Monoraphidium contortum</i>											
<i>Asteriomella formosa</i>	-0.64**		0.64**				0.53**				
<i>Nitzschia sp.</i>											
<i>Fragilaria sp.</i>	-0.56**			0.60**			0.56**				
<i>Oscillatoria tenuis</i>	0.64**	0.50*					-0.50*	0.41*			
<i>Pediastrum simplex</i>	0.49*		-0.61**		-0.49*		-0.42*				
<i>Fragilaria crotonensis</i>				-0.41*							
<i>Oocystis sp.</i>		-	-0.59**								
		0.45*									
Clorofila a											
Bacilariófitas											
Cianobactérias						0.48*					
Clorófitas		0.48*									
Criptófitas	-0.58**						0.65**				
Crisófitas											
Euglenófitas											
Pirrofitas											
Prasitófitas											

Correlações entre indicadores fitoplanctónicos e variáveis físico-químicas

No Quadro 6.12 apresenta-se o resultado das correlações de Spearman entre variáveis fitoplanctónicas (i.e. clorofila *a*, taxa indicadores de tipo e grupos taxonómicos) e variáveis físico-químicas da água (i.e. temperatura, pH, oxigénio dissolvido, sólidos suspensos totais, CBO₅, CQO, nitratos, nitritos, azoto amoniacal, fósforo total e ortofosfatos). Observando o Quadro 6.12 verifica-se que, dos 19 taxa que caracterizam o tipo Cursos Principais, cinco deles não evidenciaram correlações significativas (*Cyclotella* sp., *Aphanocapsa* sp., *Aulacoseira granulata*, *Monoraphidium contortum* e *Nitzschia* sp.), o mesmo se verificando para a clorofila *a* e para os grupos Bacilariófitas, Crisófitas, Euglenófitas, Pirrófitas e Prasitófitas. Relativamente a variáveis indicadoras de presença de matéria orgânica, nomeadamente CBO₅ e CQO, de um modo geral e para as poucas correlações encontradas verifica-se que estas evidenciam sinal contrário, exceptua-se as Cianobactérias (correlação positiva com o CQO) e a *Navicula* sp.. Este resultado indica-nos que quanto maior a contaminação orgânica menor a presença de espécies com maior sensibilidade que são substituídas por outras mais tolerantes, dentro delas as Cianobactérias.

A mesma tendência é observada relativamente aos nutrientes (azoto e fósforo), contudo e em relação a estas variáveis convém ter presente que quanto maior a concentração de nutrientes maior a biomassa vegetal, característica identificada para os taxa que apresentam sinal positivo. Facto interessante é verificado relativamente às Cianobactérias (*Aphanizomenon* sp., *Oscillatoria* sp., *Oscillatoria tenuis*); estas algas tendencialmente evidenciam sinal negativo com os nitratos e o azoto amoniacal, comportamento que pode ser explicado pela capacidade que as Cianobactérias possuem de fixar o azoto atmosférico.

Como seria de esperar a temperatura apresenta correlações negativas com a Criptófitas e dentro destas com as *Chroomonas* sp. e com as *Cryptomonas* sp., taxa que apresentaram densidades mais elevadas no Inverno caracterizado por evidenciar temperaturas mais baixas. Pelo contrário as Cianobactérias *Aphanizomenon* sp. e *Oscillatoria tenuis*, apresentam sinal positivo indicando a sua maior tendência de ocorrência no Verão. Relativamente ao oxigénio dissolvido, verifica-se que apenas as Cianobactérias e *Pediastrum simplex* (espécie comum em sistemas eutróficos) apresentam correlações negativas com o oxigénio indicando o carácter tolerantes destes taxa.

Concluindo poderemos referir que estes resultados apenas nos indicam o maior ou menor grau de tolerância relativamente a contaminações orgânicas (CBO₅, CQO) e de carga de nutrientes (eutrofização) uma vez que os taxa presentes são cosmopolitas não nos

permitindo perceber qual a resposta efectiva dos *taxa* relativamente a perturbações antropogénicas.

Ocorrências de “blooms” de cianobactérias

Nos Quadros 6.13, 6.14, 6.15 e 6.16, apresentam-se as quantificações das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas, respectivamente por estação do ano. Observando os Quadros verifica-se que a maioria dos *taxa* identificados é capaz de produzir estirpes potencialmente tóxicas, sendo estas as que atingem densidades mais elevadas. Para o tipo Cursos Principais apenas foram observados “blooms” no Verão, surgindo estes independentemente da classificação das albufeiras em Referência ou Não Referência. As albufeiras que registaram “blooms” com maiores densidades foram Valeira (não referência) e Pocinho (referência). Apenas na albufeira da Régua (não Referência) não foram registados “blooms”.

Quadro 6.13. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais no Inverno. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Valeira	Régua	Pocinho	Fratel	Crestuma	Belver
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim					6	
<i>Lyngbya</i> sp.	Sim						28
<i>Merismopedia</i> sp.	Não				2		
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim	10	50	50	23		146
<i>Pseudanabaena</i> sp.	Sim		140	68			

Quadro 6.14. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais na Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Valeira	Régua	Pocinho	Fratel	Crestuma	Belver
<i>Microcystis</i> sp.	Sim	169					
<i>Pseudanabaena</i> sp.	Sim		54	14	378		470
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim				10		115

Quadro 6.14. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais no Verão. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Valeira	Régua	Pocinho	Fratel	Crestuma	Belver
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim	24		768	20	158	
<i>Anabaena</i> sp.	Sim	3		39			
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Sim	94204		103230		4474	1525
<i>Microcystis</i> sp.	Sim	78506			13606		2524
<i>Limnothrix</i> sp.	Não			307		30	
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim			3942			
<i>Merismopedia</i> sp.	Não					192	
<i>Chroococcus</i> sp.	Não						12

Quadro 6.15. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo cursos principais no Outono. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Valeira	Régua	Pocinho	Fratel	Crestuma	Belver
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim	72	20	48	31		6
<i>Oscillatoria tenuis</i>	Sim	6	4	29	170	2	27
<i>Limnothrix</i> sp.	Não			11			
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim			11			3
<i>Microcystis</i> sp.	Sim				313		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	Sim					7	
<i>Anabaena</i> sp	Sim					2	

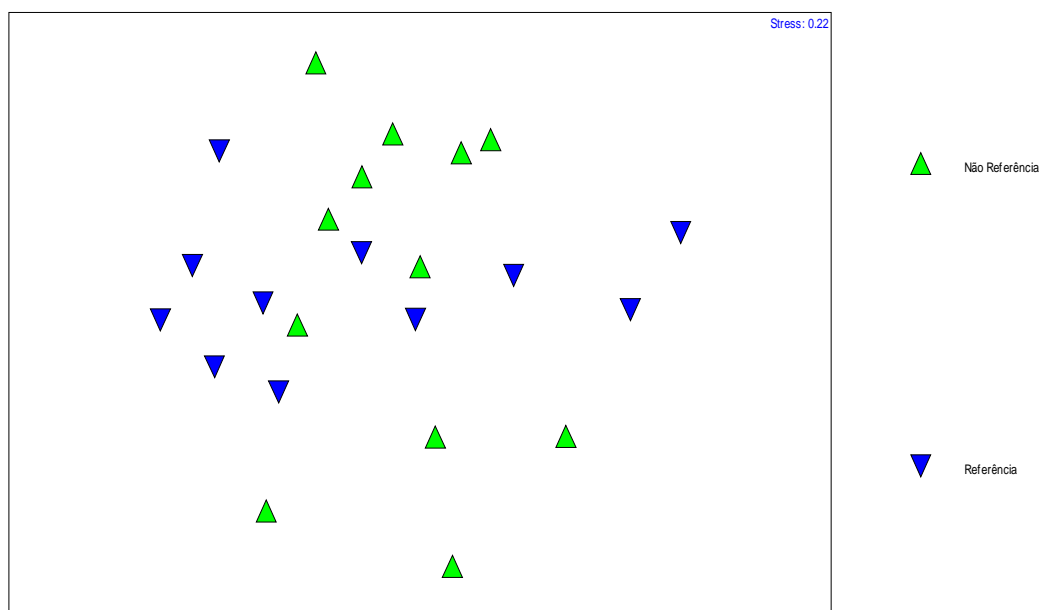


Figura 6.13. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo norte com indicação das albufeiras de referência e de não referência

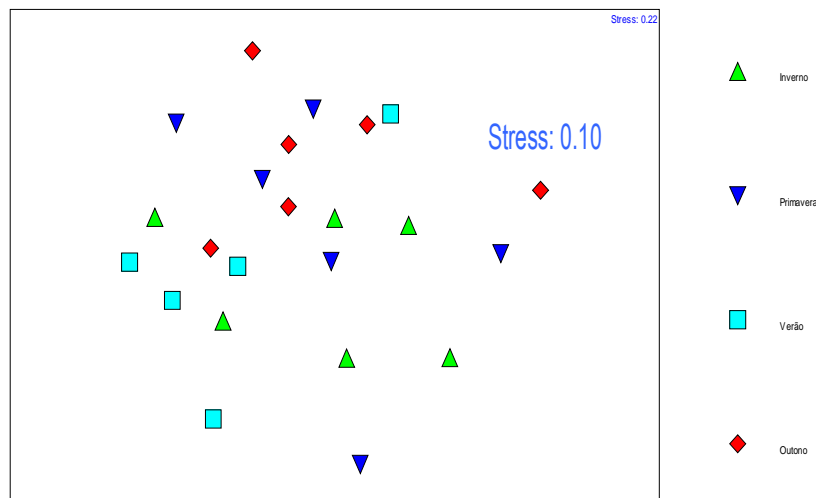


Figura 6.14. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo norte com indicação das quatro épocas do ano

Quadro 6.16. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no tipo Norte com indicação do R * - significativo para $p > 0,05$, ** - significativo para $p > 0,01$

	Inverno	Outono	Primavera	Verão
Inverno				
Outono	0,159*			
Primavera	-0,054	0,089		
Verão	0,141*	0,211**	0,195*	
N	24	24	24	24

Tipo Norte

Na Figura 6.13 apresentam-se os resultados da ordenação n-MDS para os dois primeiros eixos efectuada com base na comunidade fitoplanctónica para as 24 colheitas em albufeiras no tipo Norte (24 locais x 64 taxa) e que inclui locais de referência e de não referência. A Figura 6.13 mostra-nos a ordenação dos locais (albufeiras) identificados, de acordo com a sua classificação referência *versus* não referência. Observando-se a Figura verifica-se pouca separação entre albufeiras, o teste ANOSIM é significativo $p < 0,01$, mas apresentando um valor baixo de R (0,236). Na Figura 6.14 apresenta-se o resultado da mesma ordenação mas agora com indicação das quatro épocas do ano. Contrariamente ao observado no tipo Cursos Principais, para o tipo Norte as épocas do ano não se diferenciam, facto que surgiu evidenciado no teste ANOSIM, para o qual não foi obtido nenhuma diferença significativa entre épocas do ano (Quadro 6.16). O efeito da variabilidade

temporal/sazonal não é identificado, e portanto, não foram identificadas as espécies típicas através da rotina SIMPER.

Quadro 6.17. Correlações de Spearman entre clorofila *a*, taxa indicadores de tipo, grupos fitoplantónicos e variáveis físico-químicas da água Para o tipo Norte
* - significativo para $p < 0,05$, ** - significativo para $p < 0,01$

	Temperatura	pH	Oxigénio	SST	CBO ₅	CQO	Nitratos	Nitritos	Azoto amoniacal	Fósforo total	Ortofosfatos
	°C		mg/L	mg/L	mg/L O ₂	mg/L O ₂	mg/L NO ₃	mg/L NO ₂	mg/L NH ₄	mg/L P	mg/L P ₂ O ₅
<i>Aphanocapsa sp.</i>			-0.46*								
<i>Cyclotella sp.</i>			-0.48*								
<i>Chroomonas sp.</i>		0.44*									
<i>Cryptomonas sp.</i>			0.43*								
<i>Tabellaria fenestrata</i>											
<i>Tabellaria flocculosa</i>											
<i>Tabellaria sp.</i>											
<i>Gymnodinium sp.</i>											
<i>Dinobryon sp.</i>											
Clorofila <i>a</i>		0.58**	0.51**	0.63**		0.57*					
Bacilariófitas		0.61**		0.48*							
Cianobactérias	0.41*					0.59*					
Clorófitas		0.59**									
Criptófitas	-0.56**						0.68**		0.46*		
Crisófitas							0.47*				
Euglenófitas											
Pirrofitas				0.61**							
Prasitófitas											

Correlações entre indicadores fitoplantónicos e variáveis físico-químicas

No Quadro 6.17 apresenta-se o resultado das correlações de Spearman entre variáveis fitoplantónicas (i.e. clorofila *a*, taxa indicadores de tipo e grupos taxonómicos) e variáveis físico-químicas da água (i.e. temperatura, pH, oxigénio dissolvido, sólidos suspensos totais, CBO₅, CQO, nitratos, nitritos, azoto amoniacal, fósforo total e ortofosfatos). Observando o Quadro 6.17 verifica-se que contrariamente ao obtido para o tipo Cursos Principais, no tipo Norte não foram obtidas correlações significativas entre taxas indicadores e descritores orgânicos (i.e. CBO₅, CQO) e nutrientes. Para este tipo, os grupos taxonómicos e a clorofila *a* (indicadora de biomassa algal) descrevem melhor o comportamento do sistema. Verifica-se que quanto maior a contaminação orgânica e a carga de nutrientes maior a biomassa algal (clorofila *a*) expressa também pelas correlações positivas detectadas entre estas variáveis e os grupos fitoplantónicos. Mais uma vez, também para este tipo, a correlação negativa

detectada entre a temperatura e as Criptófitas, e positiva entre a temperatura e as Cianobactérias, indica-nos o tipo de sucessão sazonal, com maior densidade de Criptófitas no Inverno e de Cianobactérias no Verão.

Ocorrências de “blooms” de cianobactérias

Nos Quadros 6.18, 6.19, 6.20 e 6.21, apresentam-se as quantificações das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas, respectivamente por estação do ano. Observando os Quadros verifica-se que a maioria dos *taxa* identificados é capaz de produzir estirpes potencialmente tóxicas; apenas no Verão e no Outono surgiram *taxa* que não desenvolvem estirpes tóxicas, desenvolvendo, contudo densidades reduzidas.

Quadro 6.18. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Inverno. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Vilarinho das Furnas	Varosa	Torrão	Santa Luzia	Meimoa	Marateca
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim			69			9
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Sim	783			13731		
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim	3				22	
<i>Woronichinia</i> sp.	Sim						1945

Quadro 6.19. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Vilarinho das Furnas	Varosa	Torrão	Santa Luzia	Meimoa	Marateca
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim	2		14			
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim			160			706
<i>Microcystis</i> sp.	Sim			4725			

Quadro 6.20. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Outono. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Vilarinho das Furnas	Varosa	Torrão	Santa Luzia	Meimoa	Marateca
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim		13			20	
<i>Microcystis</i> sp.	Sim		519355				
<i>Limnothrix</i> sp.	Não			603			
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Sim			11591	2237	204817	340762
<i>Microcystis wesenbergii</i>	Sim			1988			
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim						6682
<i>Woronichinia</i> sp.	Sim						1621

Quadro 6.21. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo norte no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Vilarinho das Furnas	Varosa	Torrão	Santa Luzia	Meimoa	Marateca
<i>Chroococcus</i> sp.	Não	661					
<i>Microcystis</i> sp.	Sim		1009	86			7142
<i>Phormidium</i> sp.	Sim			11			
<i>Oscillatoria tenuis</i>	Sim			9			
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim				2		
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Sim				2383		
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim						85

Para o tipo Norte surgiram “blooms” nas quatro estações do ano, embora com maior incidência no Verão. Vilarinho das Furnas, classificada como Referência, foi a única albufeira onde não foram detectados “blooms”. No Inverno foi detectado apenas um “bloom” na albufeira de Sta Luzia (referência); na Primavera foi detectado um único “bloom” na albufeira do Torrão (não referência); no Verão, à excepção da albufeira de Vilarinho das Furnas, em todas as outras foram identificados “blooms” com densidades muito elevadas; no Outono foram identificados 2 “blooms” respectivamente nas albufeiras de Sta Luzia (Referência) e Marateca (Não Referência).

Tipo Sul

Na Figura 6.15 apresenta-se o resultado da ordenação n-MDS para os dois primeiros eixos efectuada com base na comunidade fitoplanctónica para os 24 locais/amostragens (albufeiras) no tipo Sul (24 locais x 66 taxa) e que inclui locais de referência e de não Referência. No tipo Sul ordenam-se do lado direito as albufeiras de referência em oposição às não referência situadas do lado esquerdo. Este resultado é evidenciado pelo teste ANOSIM, mas com um valor baixo de $R = 0,395$, significativo para $p < 0,01$.

Na Figura 6.16 apresenta-se o resultado da mesma ordenação com indicação das quatro épocas do ano. Para o tipo Sul, apenas o Inverno surge agrupado, ordenando-se as outras épocas do ano de uma forma dispersa não diferenciada. O teste ANOSIM confirmou este resultado, surgindo apenas o Inverno significativamente diferente das outras 3 épocas do ano (Quadro 6.17).

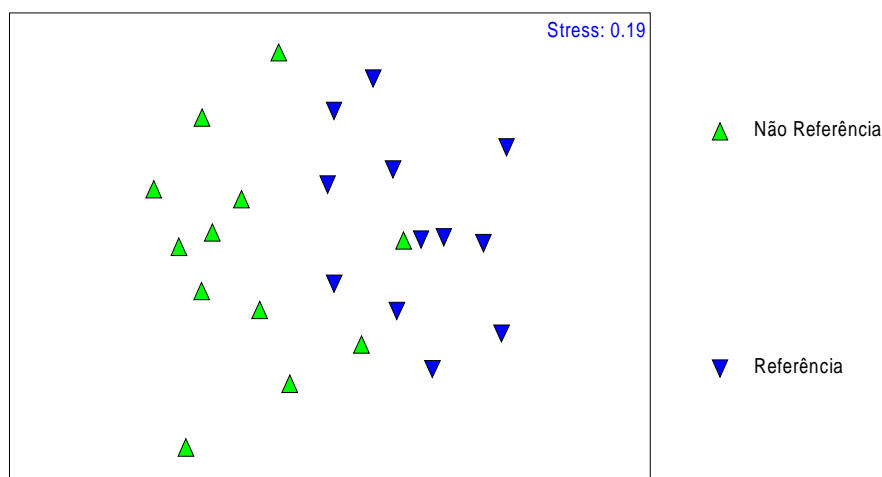


Figura 6.15. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo Sul com indicação das albufeiras de referência e de não referência

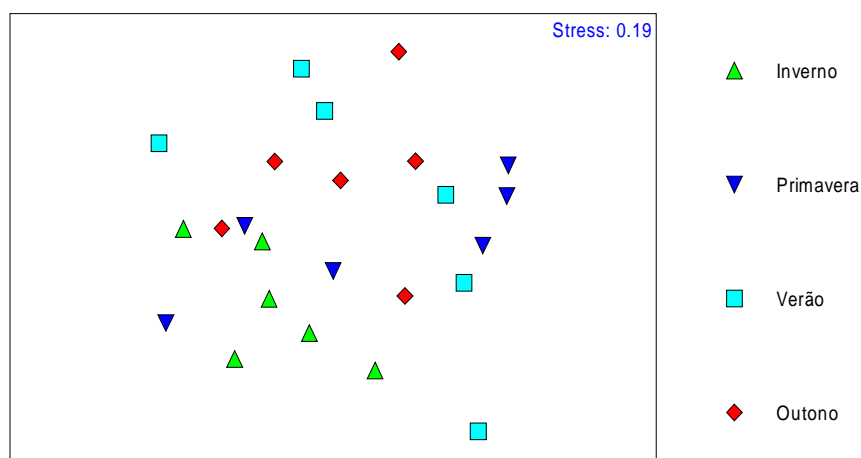


Figura 6.16. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo Sul com indicação das quatro épocas do ano

Quadro 6.22. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no tipo Sul com indicação do R e do nível de significância * - significativo para $p < 0,05$; ** - significativo para $p < 0,01$

	<i>Inverno</i>	<i>Outono</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verão</i>
Inverno				
Outono	0,387 *			
Primavera	0,241 *	0,081		
Verão	0,483 **	0,024	0,072	
N	24	24	24	24

Correlações indicadores fitoplanctónicos e variáveis físico-químicas

No Quadro 4.19 apresenta-se o resultado das correlações de Spearman entre variáveis fitoplanctónicas (i.e. clorofila *a*, taxa indicadores de tipo e grupos taxonómicos) e variáveis físico-químicas da água (i.e. temperatura, pH, oxigénio dissolvido, sólidos suspensos totais, CBO₅, CQO, nitratos, nitritos, azoto amoniacal, fósforo total e ortofosfatos). Observando o Quadro 4.19 verifica-se que tal como para o tipo Norte, não foram obtidas correlações significativas entre taxas indicadores e descritores orgânicos (i.e. CBO₅, CQO) e nutrientes. Também para este tipo os grupos taxonómicos e a clorofila *a* (indicadora de biomassa algal) descrevem melhor o comportamento do sistema. Verifica-se que quanto maior a contaminação orgânica e a carga de nutrientes maior a biomassa algal (clorofila *a*) expressa também pelas correlações positivas detectadas entre estas variáveis e os grupos fitoplanctónicos (i.e. Cianobactérias, Clorófitas, Crisófitas e Pirrófitas). As correlações negativa detectada entre a temperatura e as Criptófitas e Crisófitas indicam-nos mais uma vez as suas maiores densidades observadas no Inverno.

Quadro 6.23. Correlações de Spearman entre clorofila *a*, taxa indicadores de tipo, grupos fitoplanctónicos e variáveis físico-químicas da água para o tipo Sul
 * - significativo para $p < 0,05$, ** - significativo para $p < 0,01$

	Temperatura	pH	Oxigénio	SST	CBO ₅	CQO	Nitratos	Nitritos	Azoto amoniacal	Fósforo total	Ortofosfatos
	°C		mg/L	mg/L	mg/L O ₂	mg/L O ₂	mg/L NO ₃	mg/L NO ₂	mg/L NH ₄	mg/L P	mg/L P ₂ O ₅
<i>Cyclotella sp.</i>											
<i>Chroomonas sp.</i>											
<i>Cryptomonas sp.</i>			0.42*	-0.79**							
<i>Oscillatoria sp.</i>											
<i>Gymnodinium sp.</i>											
<i>Dinobryon sp.</i>											
Clorofila <i>a</i>			0.45*					0.54**	0.61**		
Bacilariófitas											
Cianobactérias						0.56*					
Clorófitas						0.57*		0.56**	0.45*		
Criptófitas	-0.52**										
Crisófitas	-0.44*	-					0.48*				
Euglenófitas		0.41*									
Pirrófitas									0.59**		
Prasitófitas											

Ocorrências de “blooms” de cianobactérias

Nos Quadros 6.24, 6.25, 6.26 e 6.27, apresentam-se as quantificações das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas, respectivamente por estação do ano. Observando os Quadros verifica-se que a maioria dos *taxa* identificados é capaz de produzir estirpes potencialmente tóxicas. Apenas no Outono surgiram *taxa* que não desenvolvem estirpes tóxicas, todavia com densidades reduzidas. Para o tipo Sul surgiram “blooms” nas 4 estações do ano, embora com maior incidência no Verão e no Outono. As albufeiras de Santa Clara e Odeleite, classificadas como Referência, foram aquelas onde os “blooms” surgiram com menores densidades. No Inverno foram detectados “blooms” na albufeira de Sta Clara (referência) e na albufeira de Montargil (rão referência) com densidades não muito elevadas (<10000 cél/ml); na Primavera foram detectados “blooms” com densidades muito elevadas nas albufeiras de Monte Novo (não referência) e de Montargil (não referência); no Verão apenas nas albufeiras de Sta Clara (referência) e Odeleite não foram identificado “blooms”, a albufeira de Maranhão foi a que registou “blooms” com densidades mais elevadas; no Outono, com excepção da albufeira de Sta Clara e Odeleite, em todas as outras surgiram “blooms” com densidades muito elevadas, superiores às registadas no Verão.

Quadro 6.24. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Inverno. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Tapada Grande	Santa Clara	Odeleite	Monte Novo	Montargil	Maranhão
<i>Anabaena</i> sp.	Sim					5	
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim				274	1104	
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim	14	238	242	8		
<i>Raphidiopsis</i> sp.	Sim		4032				
<i>Snowella</i> sp.	Sim					9418	

Quadro 6.25. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Tapada Grande	Santa Clara	Odeleite	Monte Novo	Montargil	Maranhão
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim	756			12288	17181	
<i>Anabaena</i> sp.	Sim				554	1647	125
<i>Coelosphaerium</i> sp.	Sim				8231		
<i>Microcystis</i> sp.	Sim				781	3780	532
<i>Woronichinia</i> sp.	Sim					167328	

Quadro 6.26. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Verão. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Tapada Grande	Santa Clara	Odeleite	Monte Novo	Montargil	Maranhão
<i>Woronichinia</i> sp.	Sim	13802					
<i>Merismopedia</i> sp.	Não	10					
<i>Microcystis</i> sp.	Sim			1723			22332
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim				8022	546	998
<i>Anabaena spiroides</i>	Sim				614		
<i>Coelosphaerium</i> sp.	Sim				8518		
<i>Merismopedia</i> sp.	Não				6		
<i>Anabaena</i> sp.	Sim					4	
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Sim					16454	
<i>Microcystis wesenbergii</i>	Sim					781	
<i>Limnothrix</i> sp.	Não						2778
<i>Oscillatoria tenuis</i>	Sim						3042

Quadro 6.27. Quantificação das cianobactérias e identificação das suas potencialidades tóxicas para o tipo sul no Primavera. * a amarelo indica-se a ocorrência de blooms na amostragem realizada

Espécie	Potencialmente Tóxicas	Tapada Grande	Santa Clara	Odeleite	Monte Novo	Montargil	Maranhão
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Sim	15552					
<i>Microcystis</i> sp.	Sim	3125				23125	200000
<i>Woronichinia</i> sp.	Sim	1126		471		1531	516078
<i>Aphanizomenon</i> sp.	Sim		1		2385	3304	
<i>Oscillatoria</i> sp.	Sim		181				
<i>Coelosphaerium</i> sp.	Sim			1664		17624	
<i>Anabaena</i> sp.	Sim				52	6	
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	Sim						1020

6.3.4. Aplicação do Índice IPL

Após uma pesquisa exaustiva de índices fitoplanctônicos e tendo em consideração os resultados obtidos ao longo deste trabalho, ou seja, resultados de identificação e quantificação de fitoplâncton e clorofila *a*, foi calculado o Índice Planctônico (IPL) (Barbe *et al.*, 2003), baseado na abundância relativa dos grupos taxonômicos. No Quadro 6.28 apresentam-se as correlações entre índice IPL e as variáveis físico-químicas da água para os três tipos. De uma forma geral as correlações são baixas. Verifica-se que apenas para os tipos Cursos Principais e Sul foram detectadas algumas correlações positivas e significativas, nomeadamente com o CQO. No tipo Cursos Principais foi identificada uma correlação negativa e significativa com os nitratos. Todavia, uma vez que este índice é de maior valor com pior qualidade ecológica, não nos parece que esta correlação tenha significado ecológico.

Na Figura 6.17 apresentam-se os gráficos de variação para o Índice IPL, de albufeiras de referência *versus* perturbadas para o tipo Cursos Principais. Observando a Figura verifica-se que os dois grupos não surgem separados, apresentando medianas muito similares, com um valor ligeiramente mais elevado para o grupo das albufeiras de referência, o que segundo o Índice nos indica pior qualidade ecológica em termos de composição taxonómica.

Quadro 6.28. Correlações de Sperman entre o Índice planctónico e as variáveis físico-químicas da água para todos os tipos de albufeiras * - significativo para $p < 0,05$, ** - significativo para $p < 0,01$

IPL (Barbe et al., 2003)	Tipos		
	CP	N	S
Transparência	0,25	-0,07	-0,12
Sólidos suspensos totais	-0,09	0,11	0,32
CBO ₅	-0,27	-0,21	
CQO	0,50*	0,28	0,47*
Nitratos	-0,64**	-0,4	0,04
Nitritos	0,21		0,25
Azoto amoniacal	-0,15	-0,12	0,2
Fósforo total	0,21	-0,14	-0,28
Fosfatos	0,21		0,23
Oxigénio	-0,28	-0,39	-0,3
Condutividade	0,37	0	0,25
pH	0,38	-0,16	-0,11

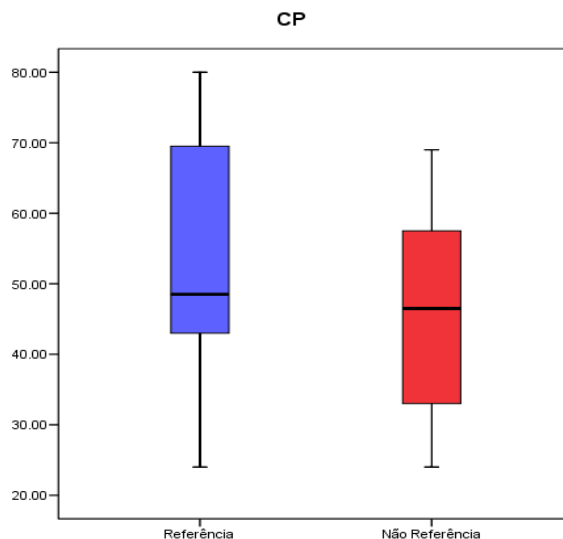


Figura 6.17. Diagrama de variação de extremos do IPL para as albufeiras de referência versus albufeiras de não referência do tipo cursos principais

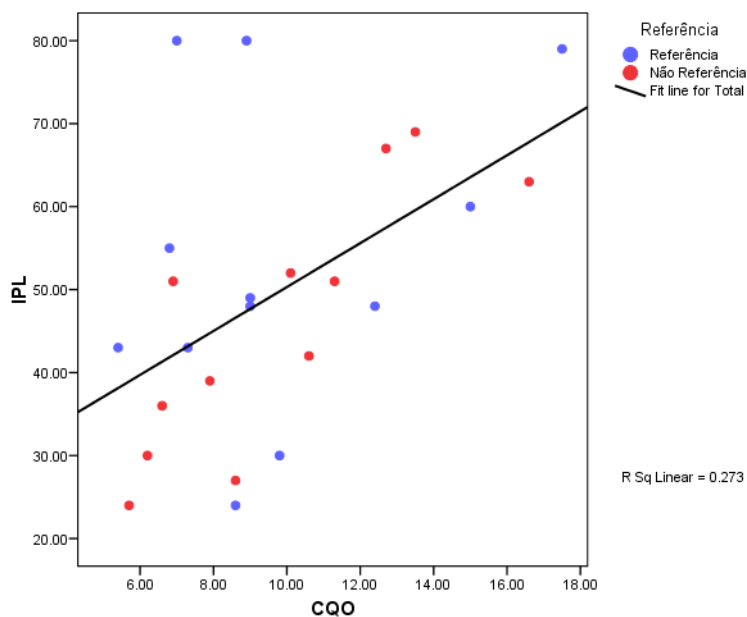


Figura 6.18. Regressão linear entre o IPL e o CQO para as albufeiras do tipo cursos principais

Todavia, e apenas de uma forma exploratória, na Figura 6.18 apresenta-se o resultado gráfico da análise de regressão entre o Índice (variável dependente) e a única variável físico-química que apresentou uma correlação positiva e significativa, o CQO (variável de pressão). O objectivo foi verificar a responsividade do Índice à única variável de pressão identificada (correlação significativa). Observando a Figura verifica-se que embora pareça existir a mesma tendência de variação, as albufeiras de pior e melhor qualidade surgem dispostas no gráfico de uma forma aleatória, não evidenciando uma tendência de posicionamento ao longo do gradiente. O Valor de R^2 é também baixo, indicando que apenas 27,3% dos valores do índice são explicados por variações de CQO na água.

Na Figura 6.19 apresentam-se os diagramas de extremos do IPL para o tipo Norte. Observando a Figura verifica-se que os dois grupos não surgem separados, apresentando medianas muito similares, com um valor ligeiramente mais elevado para o grupo das albufeiras de referência, o que segundo o Índice nos indica pior qualidade ecológica em termos de composição taxonómica. Uma vez que para este tipo não foram identificadas correlações significativas entre os valores do Índice e as variáveis físico-químicas da água, não se prosseguiu com a análise, ficando expresso que para este tipo o índice não responde a variáveis de pressão (expressas aqui pelas variáveis físico-químicas da água).

Na Figura 6.20 apresentam-se os diagramas de extremos do IPL para o tipo Sul. Observando a Figura verifica-se que os dois grupos surgem separados em termos de

medanas, facto que sugere uma maior resposta do índice à degradação, comparativamente com os outros dois tipos. Na Figura 6.21 apresenta-se o resultado gráfico da análise de regressão entre o índice (variável dependente) e a única variável físico-química que apresentou uma correlação positiva e significativa, o CQO. O objectivo foi verificar a responsividade do Índice à única variável de pressão identificada (correlação significativa). Observando a Figura verifica-se a existência de uma tendência no posicionamento nas referências e não referências ao longo do gradiente de degradação, com as não referências tendencialmente situadas no canto superior direito. Todavia o valor de R^2 , é baixo (0,264), indicando-nos que apenas 26,4% dos valores do índice são explicados por variações de CQO na água.

Figura 6.19. Comparação dos resultados do índice de Barbe et al., 2003, em albufeiras de referência e perturbadas do tipo Norte

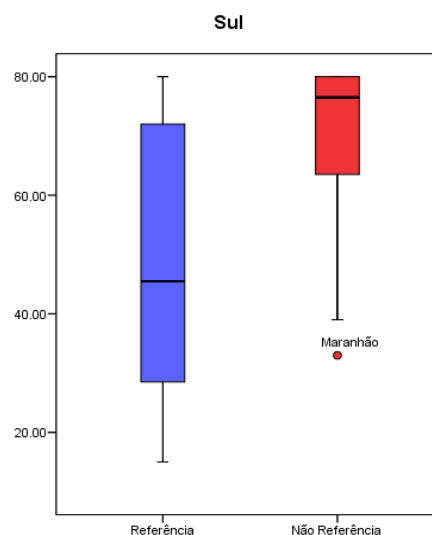
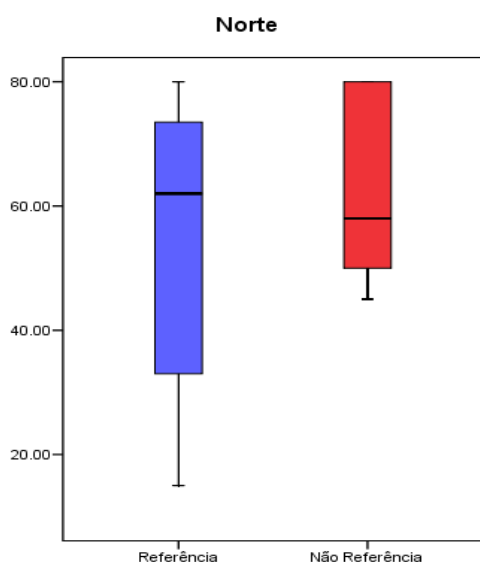


Figura 6.20. Comparação dos resultados do índice de Barbe et al., 2003, em albufeiras de referência e perturbadas do tipo Sul

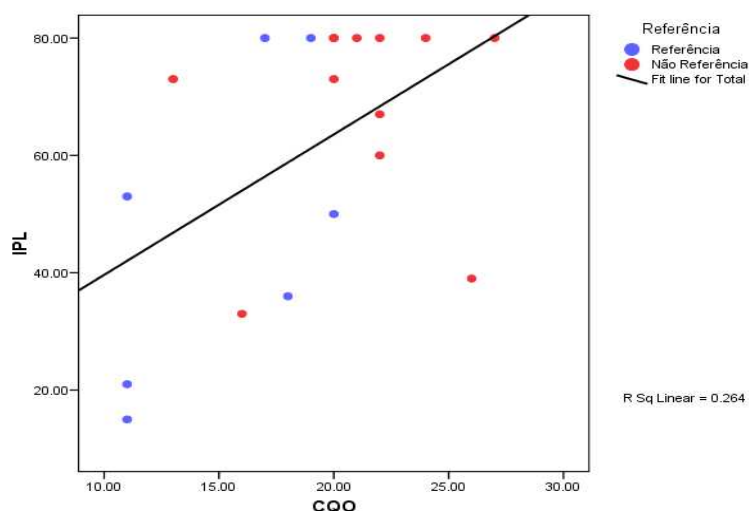


Figura 6.21. Regressão linear entre o IPL e o CQO para as albufeiras do tipo sul

6.4. Discussão: 1ª parte

Numa análise global, consideramos que os resultados obtidos para o elemento biológico fitoplâncton em albufeiras são bons, tendo-se conseguido atingir os objectivos pretendidos, nomeadamente observação de tendência para uma diferenciação dos três tipos de albufeiras; convém referir que essa diferença é sobretudo devida à abundância dos *taxa* que compõem a comunidade, uma vez que em termos globais as espécies que compõem esta são basicamente as mesmas de Norte a Sul do país. É importante referir também que a maior diferenciação foi verificada entre o tipo Curso Principais e os tipos Sul e Norte, apresentando o Sul e o Norte maior semelhança entre si, o que surgiu identificado na ordenação efectuada.

Complementarmente, para que de uma forma global, independentemente dos tipos, avaliássemos a variação temporal associada aos locais de referência (sazonalidade natural) fomos identificar padrões temporais na ordenação global. Verificamos uma individualização das albufeiras amostradas no Verão, tendo-se comprovado essa tendência através dos testes ANOSIM, surgindo a época estival significativamente diferente das restantes épocas do ano. Conclui-se, portanto que em termos globais e para os três tipos, as comunidades de Verão são significativamente diferentes das comunidades características das outras épocas do ano. De facto, é durante o Verão que para a generalidade das albufeiras as Cianobactérias são dominantes, independentemente dos tipos. As temperaturas da água e a luminosidade mais elevadas observadas durante o Verão potenciam o desenvolvimento natural deste grupo de algas, adaptadas a condições extremas.

Fomos de seguida estudar cada tipo individualmente. Desta forma, verificámos que para o tipo cursos principais não se verificava diferenciação entre a comunidade identificada para as albufeiras classificadas como referência relativamente às de não referência (n-MDS e teste ANOSIM). De facto, já se tinha verificado que relativamente à clorofila *a*, a situação era um pouco distinta da observada para os outros dois tipos, tendo-se registado concentrações muito elevadas nas albufeiras classificadas como referência (Belver, Valeira e Pocinho). Também para a variável número total de células (densidade total do fitoplâncton), Valeira (referência) foi a albufeira que apresentou maiores densidades, especificamente de Cianobactérias no Verão. As densidades foram registadas por ordem decrescente nas albufeiras: Valeira (referência); Pocinho (referência); Fratel (não referência); Crestuma (não referência) e Belver (referência). Ainda relativamente a este tipo, de um modo geral, comparativamente com os outros dois tipos, foi onde se registou maior diversidade com maiores contribuições dos grupos Criptófitas no Inverno, Bacilariófitas no Outono, Inverno e Primavera e Clorófitas na Primavera. Característica interessante, diz respeito à identificação de um padrão temporal/sazonal que surgiu perfeitamente definido na ordenação n-MDS. Este resultado diz-nos que, relativamente ao tipo Cursos Principais, a variação temporal/sazonal na comunidade fitoplantónica se sobrepõem à variação existente entre albufeiras classificadas como referência e não referência. É provável que este resultado esteja relacionado com o funcionamento diferenciado deste tipo de sistemas. A existência de um fluxo relevante da água parece condicionar fortemente a comunidade, provocando uma alteração/ sucessão na composição ao longo do tempo.

Contrariamente ao tipo Cursos Principais, para os tipos Norte e Sul verificou-se diferenciação entre as albufeiras de referência e de não referência, sendo contudo esta diferenciação mais evidente para o tipo Sul. Para o tipo Norte, não foi possível identificar padrões de variação temporal/sazonal. Refira-se que relativamente ao tipo Norte a albufeira Vilarinho das Furnas se destacou como referência, concretamente a clorofila *a* apresentou concentrações características de sistemas oligotróficos ($< 2,5 \mu\text{g/l}$) e o valor máximo células (fitoplâncton total) foi de apenas 888 cél/ml. No Sul, as amostras de Inverno surgiram perfeitamente agrupadas na ordenação, comprovando-se que o Inverno apresenta uma comunidade significativamente diferente das outras épocas do ano. Tal como o esperado, a comunidade surgiu caracterizada (análise SIMPER) por *taxa* maioritariamente pertencentes ao grupo das Criptófitas, algas com flagelo, de pequenas dimensões e cosmopolitas, bem adaptadas a temperaturas baixas. No Sul, a albufeira Santa Clara evidenciou-se como

referência com valores de clorofila *a* característicos de sistemas oligotróficos no Inverno, na Primavera e no Verão ($<2,5 \mu\text{g/l}$).

Por forma a verificar a magnitude de variação conjunta entre variáveis fitoplanctónicas e variáveis físico-químicas da água, relacionadas com a qualidade, foram feitas entre estas correlações não paramétricas de Spearman. Os resultados foram pouco conclusivos apenas se tendo obtido correlações significativas entre descritores de contaminações e *taxa* indicadores para o tipo Cursos Principais; uma vez que os *taxa* indicadores são cosmopolitas é difícil perceber quais as respostas relativamente a perturbações antropogénicas. Para os tipos Norte e Sul, os grupos taxonómicos e a clorofila *a* descrevem melhor o comportamento do sistema. Verifica-se que quanto maior a contaminação orgânica e a carga de nutrientes maior a biomassa algal (clorofila *a*) expressa também pelas correlações positivas detectadas entre estas variáveis e os grupos fitoplanctónicos.

Complementarmente, foi calculado o Índice Planctónico (IPL) (Barbe *et al.*, 2003), baseado na abundância relativa dos grupos taxonómicos. Os resultados obtidos não foram de forma alguma satisfatórios para os tipos Cursos Principais e Norte, não se tendo discriminado as albufeiras de referência *versus* as de não referência. Pelo contrário para o tipo Sul conseguiu-se essa discriminação, embora a análise de regressão entre os valores do Índice (variável dependente) e o CQO (variável independente), que nos poderia indicar a responsividade do índice a uma variável de pressão, apresentou um R^2 baixo. Desta forma não nos parece que este índice seja muito apropriado, devendo no futuro ser encontrados outros índices fitoplanctónicos que respondam melhor a variações de pressão. É provável que a utilização de biovolumes celulares colmate esta falta.

Os resultados que se apresentam e discutem, são referentes apenas ao ano de 2006, não podendo, consequentemente, ser considerados valores médios característicos, sobretudo em Portugal, que evidencia uma enorme variabilidade inter e intra anual. Para tal, seria necessário compilar toda a informação disponível para cada tipo, aumentando significativamente o número de albufeiras estudadas e o número de anos. Não nos esqueçamos que os resultados que se apresentam são restritos a um universo muito restrito de 6 albufeiras por tipo, com apenas três menos perturbadas.

6.5. Conclusões: 1ª parte

- O fitoplâncton indicou a tipologia abiótica previamente definida, todavia convém ter presente que os valores de R na análise ANOSIM foram baixos, facto que nos põe em evidencia a necessidade de aumentar o universo de albufeiras de referência em cada tipo para tornar esta validação mais robusta, e caracterizar com maior nível de segurança a comunidade de referência de cada tipo;
- Será também importante definir para cada tipo um gradiente de degradação que nos permita definir um sistema de classificação com base no fitoplâncton, nesse sentido será também necessário aumentar o universo das albufeiras perturbadas, incluindo albufeiras com diferentes níveis de perturbação;
- Convém referir também que a variação temporal/sazonal natural típica no fitoplâncton, implica que o aumento do universo de albufeiras estudadas contemple amostragens efectuadas nas quatro épocas do ano, por forma a incorporar diferenças sazonais características da comunidade;
- Relativamente ao tipo Cursos Principais, aconselha-se um estudo mais exaustivo de albufeiras pertencentes a este tipo por forma a compreender melhor o seu modo de funcionamento diferenciado (i. e. com caudal durante parte do ano).
- Convém ainda referir que os “blooms” identificados dizem apenas respeito aos dias em que foram feitas as amostragem não sabendo nós como os mesmos evoluíram ao longo do tempo. Para tal seria necessário ter uma sonda no campo a fazer medições em contínuo. Por outro lado convém ter presente que os “blooms” identificados são quase exclusivamente constituídos por *taxa* com capacidade de desenvolverem estirpes tóxicas, podendo nos casos (blooms > 10000 cél/ml) representarem um risco para a saúde pública e para o ambiente.
- Sugere-se ainda que algum esforço seja feito no sentido de se desenvolverem índices para avaliar as situações com “blooms” de cianobactérias e que por isso mesmo representam risco para a saúde pública e para o ambiente, mas que apresentam níveis de clorofila a inferiores a 10 mg/m^3 (fronteira que estabelece a diferenciação entre um sistema eutrófico e mesoeutrófico). Nestas situações e com base unicamente na clorofila a , a qualidade poderia ser considerada BOA, sem contudo reflectir uma verdadeira qualidade taxonómica e ecológica.

2ª PARTE: RESULTADOS COM BASE EM DADOS DE ALBUFEIRAS EXTERIORES AO PROTOCOLO²

6.6. Proposta de fronteira Bom/Moderado para o Tipo Sul

A clorofila *a*, sendo o único pigmento comum a todos os produtores primários, é um bom indicador da biomassa vegetal. Razão devido à qual tem sido utilizada em diferentes sistemas de classificação da água, nomeadamente na classificação do estado trófico (OCDE, 1982). A Directiva Quadra da Água obriga os estados membros a realizar a classificação ecológica dos diferentes tipos de massas de água, segundo 5 classes de qualidade. Para tal, tem sido propostos métricas e índices biológicos para os diferentes elementos. No que se relaciona com o fitoplâncton, a clorofila *a* surge como uma variável biológica de fácil determinação, indicadora da biomassa algal que poderá ser utilizada no sistema de classificação. O objectivo deste sub-capítulo foi a indicação da Fronteira Razoável/Bom Potencial Ecológico para a clorofila *a* no tipo albufeiras do Sul.

6.6.1. Metodologia

No presente trabalho foram utilizadas duas matrizes de dados com procedência distinta. Uma matriz com *dados procedentes do SNIRH e outra com dados pertencentes ao Laboratório da Água da Universidade de Évora*. Inicialmente foi construída uma matriz com dados de clorofila *a* e de fósforo total, procedentes do SNIRH para as albufeiras incluídas no tipo Sul (i.e. albufeiras de: Alvito; Arado; Beliche; Bravura; Caia; Divor; Enxoé; Funcho; Lucefecit; Magos; Maranhão; Montargil; Monte da Rocha; Monte Novo; Odeleite; Odivelas; Pego do Altar; Pracana; Roxo; S. Domingos; Sta Clara; Tapada Grande; Vale do Gaio;

² Em reunião realizada no INAG no dia 5 de Junho de 2008, com o objectivo de discutir os trabalho desenvolvido no âmbito do protocolo “Qualidade Ecológica e Gestão Integrada de Albufeiras”, estiveram presentes, por parte do INAG, a Eng^a Helena Alves, a Eng^a Felisbina Quadrado e o Dr. João Padua, e por parte da equipa contratada, a Prof^a Teresa Ferreira (ISA), a Prof^a Maria Manuela Morais (UE) e a Dr^a Ana Pedro (UE). Nessa reunião foi solicitado pelo INAG que o relatório relativo ao elemento biológico *Fitoplâncton* fosse complementado com uma adenda, cujo objectivo principal fosse uma proposta de fronteira Razoável/Bom Potencial Ecológico, para a variável biológica clorofila *a* no tipo albufeiras do Sul. O presente trabalho corresponde a uma adenda ao capítulo *Fitoplâncton*, no qual se sugerem para a clorofila *a* no tipo albufeiras do sul, fronteiras entre as entre cinco classes de qualidade previstas na DQA; i.e. fronteiras Máximo Potencial Ecológico/Bom Potencial Ecológico; Bom Potencial Ecológico/Razoável; Razoável/Medíocre e Medíocre/Mau. Esta adenda representa já uma segunda versão após comentários do INAG.

Vigia). Com base nestes dados foram propostas as fronteiras de qualidade para a variável clorofila *a*, posteriormente validadas com os dados de clorofila *a* do Laboratório da Água da Universidade de Évora, que dispunha igualmente de informação relativa à densidade total de fitoplâncton e específica por grupo taxonómico (i.e. Sta Clara, Montes Clérigos, Alvito, Monte da Rocha, Maranhão, Vigia, Boavista, Monte Novo, Roxo, Enxoé).

6.6.2. Tratamentos realizados

Tratamentos gráfico e estatístico

No sentido de eliminar a influência das diferentes escalas e magnitude de variação, antes de se realizar a qualquer tratamento estatístico, procedeu-se à transformação logarítmica das variáveis analisadas [$x' = \log^{10}(x+1)$]: Clorofila *a*; fósforo total; número total de células fitoplanctónicas (densidade total de fitoplâncton) e densidade específica de cianobactérias.

Estudou-se a correlação entre variáveis usando o coeficiente de correlação linear de Pearson, significativo para um valor crítico de $p < 0,05$, como medida de associação entre duas variáveis. Esta análise foi utilizada para verificar a tendência de variação entre a clorofila *a* e o fósforo total. Complementarmente para as mesmas variáveis foram efectuadas análises de regressão linear, com o objectivo de testar se o fósforo total (variável independente) poderia ser considerado como variável indicadora de pressão para a clorofila *a* (variável dependente). Com o objectivo de se verificar gradientes de variação entre albufeiras para a clorofila *a*, foram efectuadas representações gráficas de descritores estatísticos, através de diagramas de extremos. Este método permite detectar a existência de “outliers” e notar comportamentos assimétricos no vector de dados uma vez que o gráfico divide os dados em quatro áreas com frequências iguais.

Foram ainda efectuadas análises de correlação entre a clorofila *a* e a densidade total de fitoplâncton, por forma a verificar a variação conjunta destas duas variáveis indicadores de biomassa e de densidade total. Todas as análises e representações gráficas apresentadas foram efectuadas, através do programa SPSS 13.0.

Definição de fronteiras de qualidade para a clorofila a

As fronteiras de qualidade para a clorofila *a* foram estabelecidas tendo por base diagramas de extremos, elaborados individualmente por albufeira e ordenadas segundo um gradiente de qualidade. Esta ordenação foi efectuada com base no conhecimento pericial das

albufeiras do tipo Sul, assumiu-se, à partida, que apenas Santa Clara poderia ser considerada referência (situada no extremo da ordenação). Num segundo passo procedeu-se ao estabelecimento das fronteiras de qualidade seguindo-se as recomendações REFCOND (i.e, a fronteira máximo potencial ecológico/bom potencial ecológico corresponde ao percentil 75 das referências). Não havendo um limite máximo de concentração de clorofila *a* (i.e. um tecto), considerou-se que a fronteira Pobre/Mau corresponderia a 25 mg/m³, fronteira entre o estado Eutrófico/Hiper-Eutrófico segundo os critérios da OCDE (1982); as restantes fronteiras, Bom Potencial Ecológico/Moderado e Moderado/Pobre, foram obtidas por divisão do intervalo de valores por 3.

6.6.3. Resultados e Discussão: 2ª parte

Definição das fronteiras - dados do SNIRH

O valor da correlação entre o logaritmo da clorofila *a* e o logaritmo do fósforo total é significativo para $p < 0,01$ ($r = 0,29$; $n = 1468$), o que demonstra a mesma tendência de variação. Por este motivo, fomos efectuar uma análise de regressão, considerando o logaritmo da clorofila *a* como variável dependente e o logaritmo de fósforo como variável independente. Na Figura 6.22 apresenta-se a representação gráfica do melhor modelo de regressão obtido (i.e modelo linear), utilizando os dados do SNIRH para 24 albufeiras do tipo Sul. Observando o gráfico imediatamente se nota uma grande dispersão de valores, comprovado pelo baixo valor de R^2 (0,097).

Para o tipo sul, de acordo com o baixo valor da regressão obtida entre a clorofila *a* (variável biológica) e o fósforo total, consideramos que este não deverá ser utilizado como variável de pressão para estabelecimento de fronteiras entre classes de qualidade, uma vez que apenas explica 9,7% da variabilidade da clorofila *a*.

Diagramas de extremos

Uma vez que o fósforo não deve ser utilizado como variável de pressão para a clorofila *a* (R^2 da regressão inferior a 0,10), recorreu-se ao conhecimento pericial das albufeiras objecto de estudo para a sua ordenação. Na Figura 6.23 apresenta-se a ordenação das 24 albufeiras do tipo sul segundo um gradiente de qualidade; no lado esquerdo do eixo apresenta-se a albufeira com de melhor qualidade, i.e. Sta Clara (veja-se os valores de clorofila *a*), situando-se, no extremo oposto a albufeira do Enxoé de pior qualidade. No eixo dos y apresenta-se, para cada albufeira, a variação total dos dados de clorofila *a* (dados do

SNIRH) através de diagramas de extremos. Observando a Figura 6.23 verifica-se a existência de um número muito elevado de *outliers* e de valores extremo em todas as albufeiras objecto de estudo, facto que evidencia a enorme variabilidade registada para o fitoplâncton. Repare-se, contudo, que os *outliers* e valores extremos aumentam de grandeza ao longo do gradiente de qualidade/degradação, sendo muito mais elevados nas albufeiras de pior qualidade. Por forma a visualizar melhor a colocação das fronteiras de qualidade no gráfico, a este foram retirados os *outliers* e valores extremos (Figura 6.24).

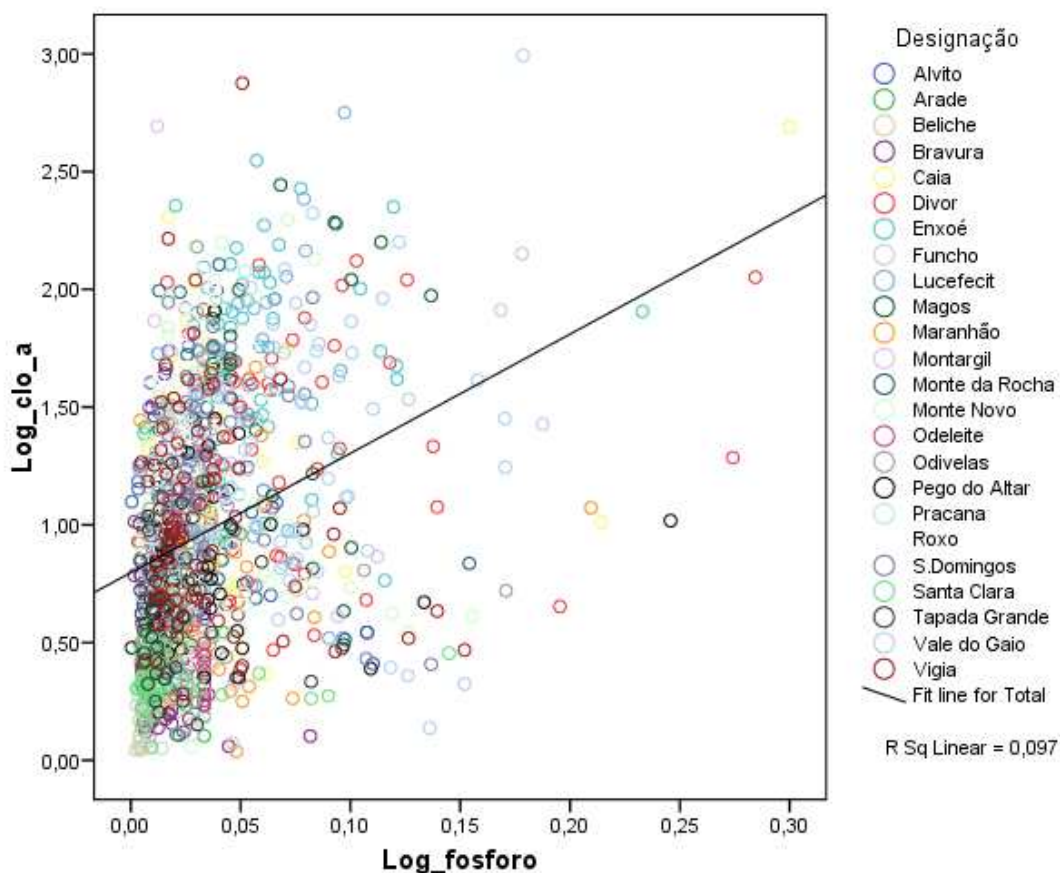


Figura 6.22. Regressão linear entre o logaritmo da clorofila *a* (variável dependente) e o logaritmo do fósforo total (variável independente) para 24 albufeiras do tipo Sul – dados do SNIRH

A partir da Figura 6.24 e considerando, à partida, com base no conhecimento pericial das albufeiras objecto de estudo, que apenas Santa Clara pode ser considerada referência, foram traçadas as fronteiras entre classes, seguindo-se as recomendações REFCOND (veja-se procedimento no ponto 2.2 Tratamentos realizados; Definição de fronteiras de qualidade para

a clorofila *a*). No Quadro 6.28 apresentam-se os limites obtidos através do procedimento metodológico adoptado a partir da Figura 6.24.

Quadro 6.29 Fronteiras entre classes de qualidade para a clorofila *a*, obtidas com base em dados do SNIRH

FRONTEIRAS	Valores (mg/m ³)
Máximo Potencial Ecológico/Bom Potencial Ecológico	1.6
Bom Potencial Ecológico/Moderado	9.4
Moderado/Pobre	17.2
Pobre/Mau	25

Observando a Figura 6.24, verifica-se que 3 albufeiras são classificadas como apresentando Máximo Potencial Ecológico (Sta Clara, Funcho e Beliche); 16 albufeiras são classificadas como apresentando Bom Potencial Ecológico; 4 são classificadas como Razoável; 1 é classificada como Medíocre e; 2 são classificadas como Mau. Como base no conhecimento pericial sobre as albufeiras objecto de estudo, parece-nos demasiado optimista o número de albufeiras classificadas como Bom Potencial Ecológico, refira-se nomeadamente as albufeiras de Alvito, Vigia e Monte Novo. Por este motivo, num segundo passo, fomos validar estas fronteiras com dados de albufeiras para as quais existe informação analisada simultaneamente de clorofila *a* e de densidade total de fitoplâncton.

Comparando os dois gráficos (Figura 6.23 e Figura 6.24) verificam-se pequenas diferenças não significativas, refira-se nomeadamente os valores dos quartis superiores para as albufeiras de Enxoé e Magos, em que de um gráfico para outro se inverte a superioridade desse quartil. Tal facto resulta da eliminação dos *outliers* e valores extremos, com consecutivo ajuste dos descritores estatísticos, medianas e quartis, em nada interferindo com a classificação das albufeiras por classe de qualidade, fornecendo, pelo contrario, uma maior robustez à classificação, ou seja, com a eliminação dos *outliers* e valores extremos a classificação das albufeiras mantém-se.

Validação das fronteiras - dados do Laboratório da Água da Universidade de Évora

Por forma a compreender a variação conjunta da clorofila *a* e da densidade total de fitoplâncton foram efectuadas correlações por albufeira. Nesta análise foram utilizando dados do Laboratório da Água da UE relativos a 10 albufeiras do tipo sul. Tentou-se desta forma

compreender de que forma a clorofila *a* (indicadora de biomassa) variava com a densidade fitoplancónica, expressa quantitativamente em número de células.

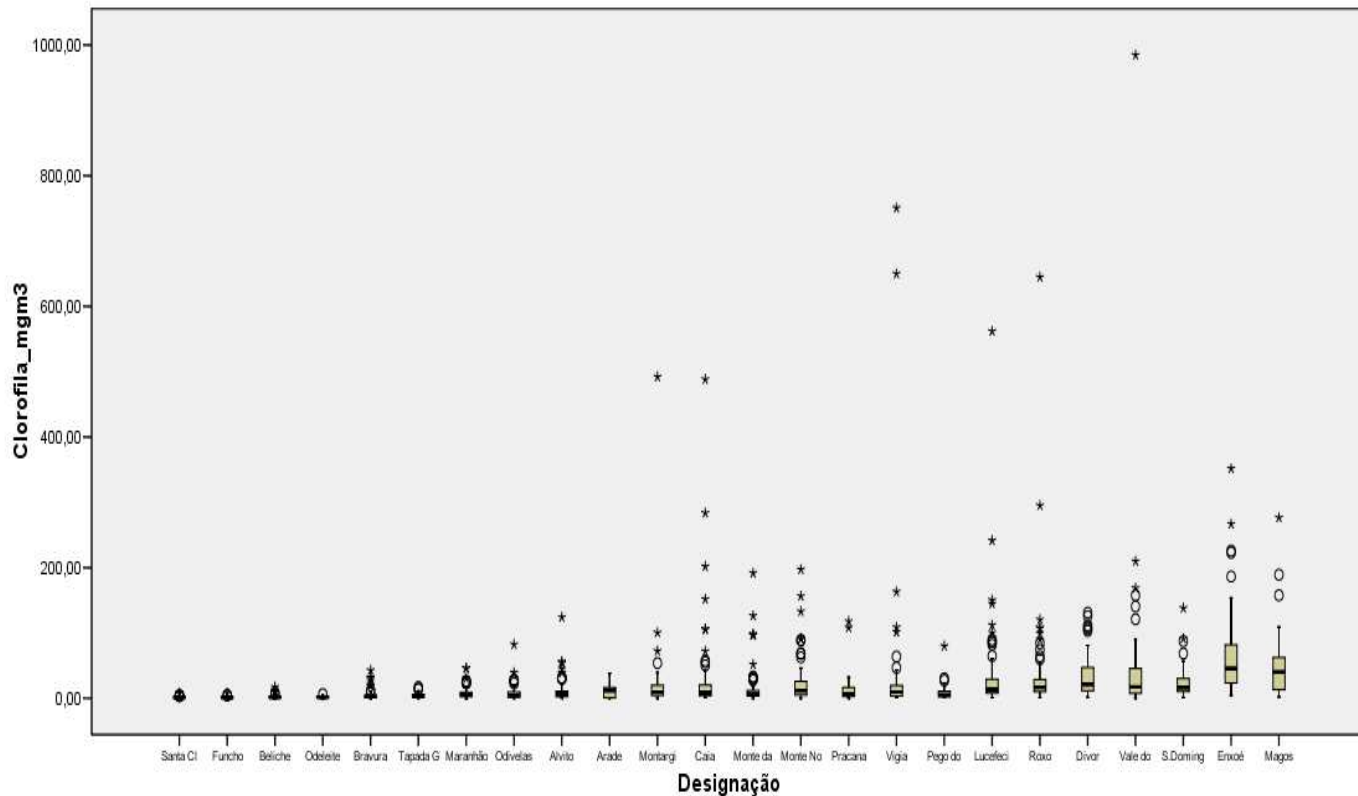


Figura 6.23 – Diagramas de extremos para a clorofila *a*, desenhados individualmente por albufeira, ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de *outliers* e de valores extremos. legenda: ° - outliers; * - valores extremos

Quadro 6.29. Correlação entre a clorofila *a* e a densidade total de fitoplâncton (número de células) para as 10 albufeiras objecto de estudo e percentagem de ocorrências de situações com “bloom” de cianobactérias no total das situações monitorizadas. * significativo para $p < 0,05$; ** significativo para $p < 0,001$

ALBUFEIRAS	<i>r</i>	Ocorrência de “blooms”
Alvito	-0,276	44%
Boavista	0,661 **	40%
Enxoé	0,373	100%
Maranhão	0,200	70%
Monte Clérigos	0,067	56%
Monta da Rocha	0,101	70%
Monte Novo	0,261	52%
Roxo	0,233	79%
Sta Clara	0,783 **	0%
Vigia	0,379 *	44%

No Quadro 6.29 apresenta-se os resultados da análise de correlação, onde se verifica para a maioria das albufeiras valores muito baixos, com apenas 3 situações significativas. Concluindo, poderemos dizer que os resultados obtidos revelam que embora para a maioria das albufeiras, a variação das duas variáveis se faça no mesmo sentido (excepção para a albufeira de Alvito), *i.e.*, aumento de clorofila, aumento de densidade fitoplanctónica, as correlações obtidas apenas foram significativas para 3 albufeiras (Santa Clara, Boavista e Viçã), evidenciando-se desta forma uma fraca variação conjunta. Tal facto deve-se à predominância de situações com dominância de cianobactérias, organismos que apresentam um menor concentração de clorofila *a* por célula devido sobretudo às suas dimensões muito reduzidas, comparativamente com os outros grupos taxonómicos. Veja-se que, por exemplo, o caso do Enxóe que registou ocorrência de “*blooms*” em 100% das situações monitorizadas e que para Sta Clara, para a qual foi obtida a maior correlação significativa ($p < 0,001$), não foi registada qualquer situação “*bloom*” de cianobactérias (densidade de cianobactérias superiores a 2000 células/ml).

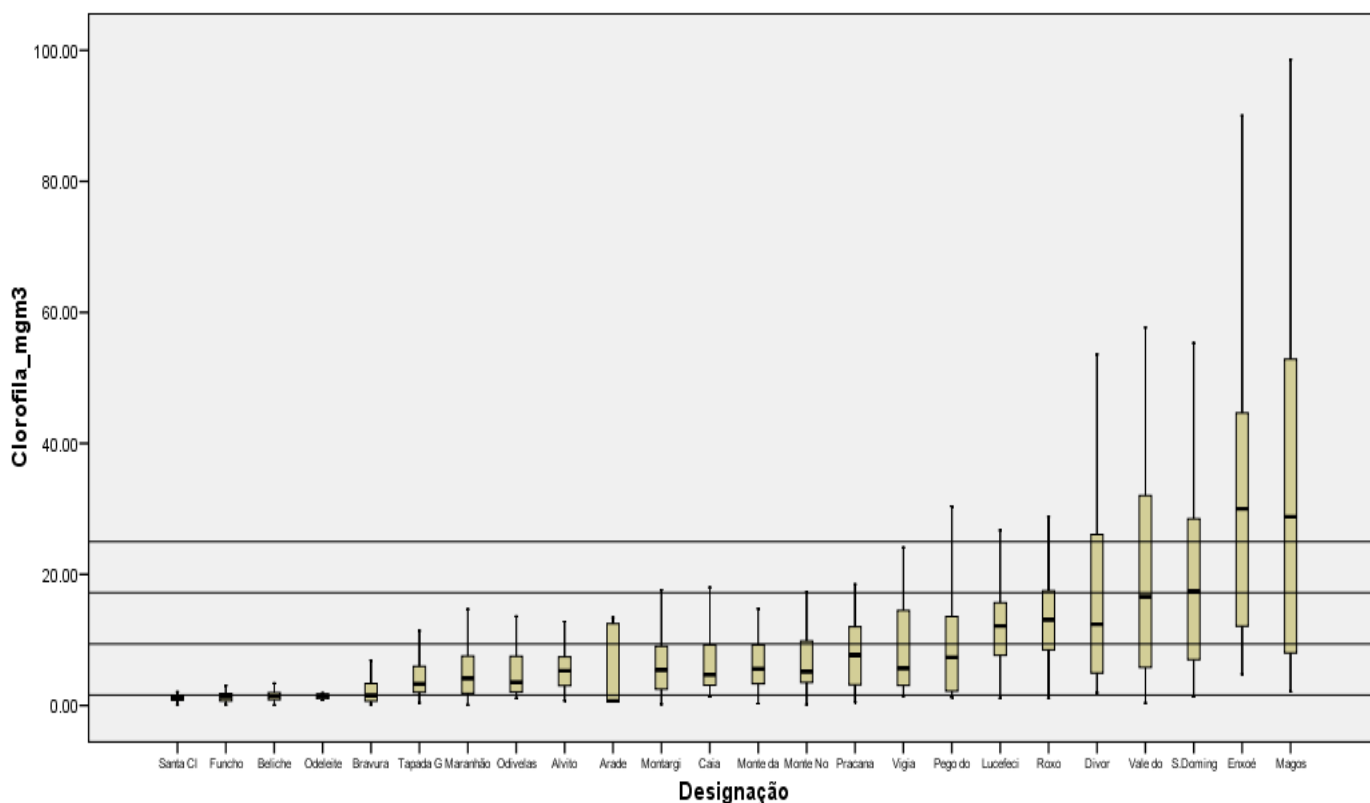


Figura 6.24. Marcação de fronteiras entre classes de qualidade, segundo método REFCOND, em diagramas de extremos para a clorofila *a*, desenhados individualmente por albufeira, ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação, não se incluindo os *outliers* e os valores extremos (dados do SNIRH). Repare-se na menor amplitude do eixo dos y comparativamente com a Figura 6.23.

Validação das fronteiras calculadas

Na Figura 6.25 apresenta-se a ordenação das 10 albufeiras do tipo sul (dados Laboratório da Água da EU), segundo um gradiente de qualidade/degradação; no lado esquerdo do gradiente apresenta-se a albufeira de melhor qualidade, Sta Clara (veja-se os valores de clorofila *a*), situando-se, no extremo oposto a albufeira do Enxoé de pior qualidade. No eixo dos y apresenta-se para cada albufeira a variabilidade total dos dados de clorofila *a*. Na Figura 6.25 foram ainda colocadas as fronteiras entre classes de qualidade calculadas com os dados no SNIRH.

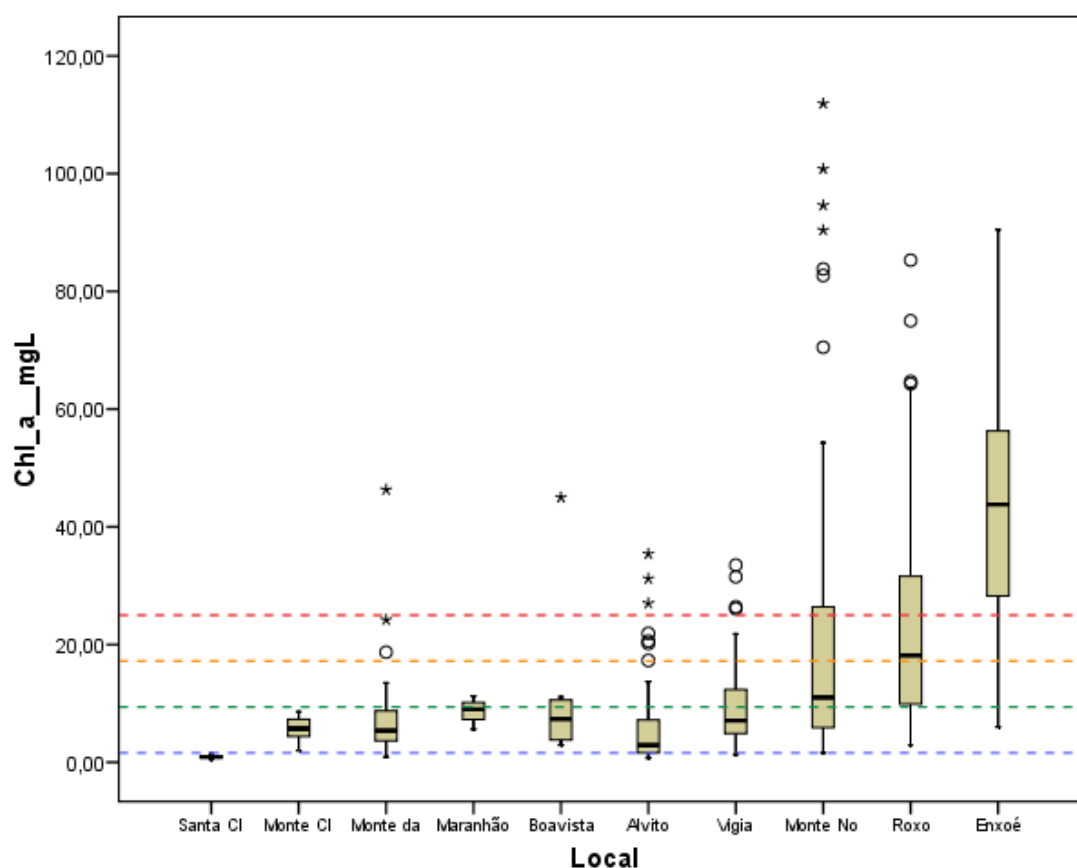


Figura 6.25. Marcação de fronteiras de qualidade, obtidas pelo método REFCOND utilizando os dados do SNIRH, em diagramas de extremos desenhados individualmente por albufeira para a clorofila *a* (dados do LA-EU). As albufeiras apresentam-se ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de *outliers* e de valores extremos

Observando a Figura 6.25 e a classificação das albufeiras resultante da aplicação das fronteiras definidas com base nos dados do SNIRH, segundo método REFCOND, verifica-se que 6 albufeiras são classificadas com Bom Potencial Ecológico, nomeadamente Montes

Clérigos, Monte da Rocha, Maranhão, Boavista, Alvito e Vigia. Mais uma vez e com base no conhecimento pericial, consideramos muito optimista esta classificação, distorcendo o nosso conhecimento pericial da realidade.

Por este motivo, num passe seguinte, fomos analisar o vector de dados através de diagramas de extremos, eliminando todas as situações com “*blooms*” de cianobactérias (Figura 6.26). Refira-se que em todas as situações de “*bloom*” identificadas, foi registada toxicidade na água com concentração próxima ou superior a 1 µg/l, característica que não nos parece compatível com uma classificação de Bom Potencial Ecológico.

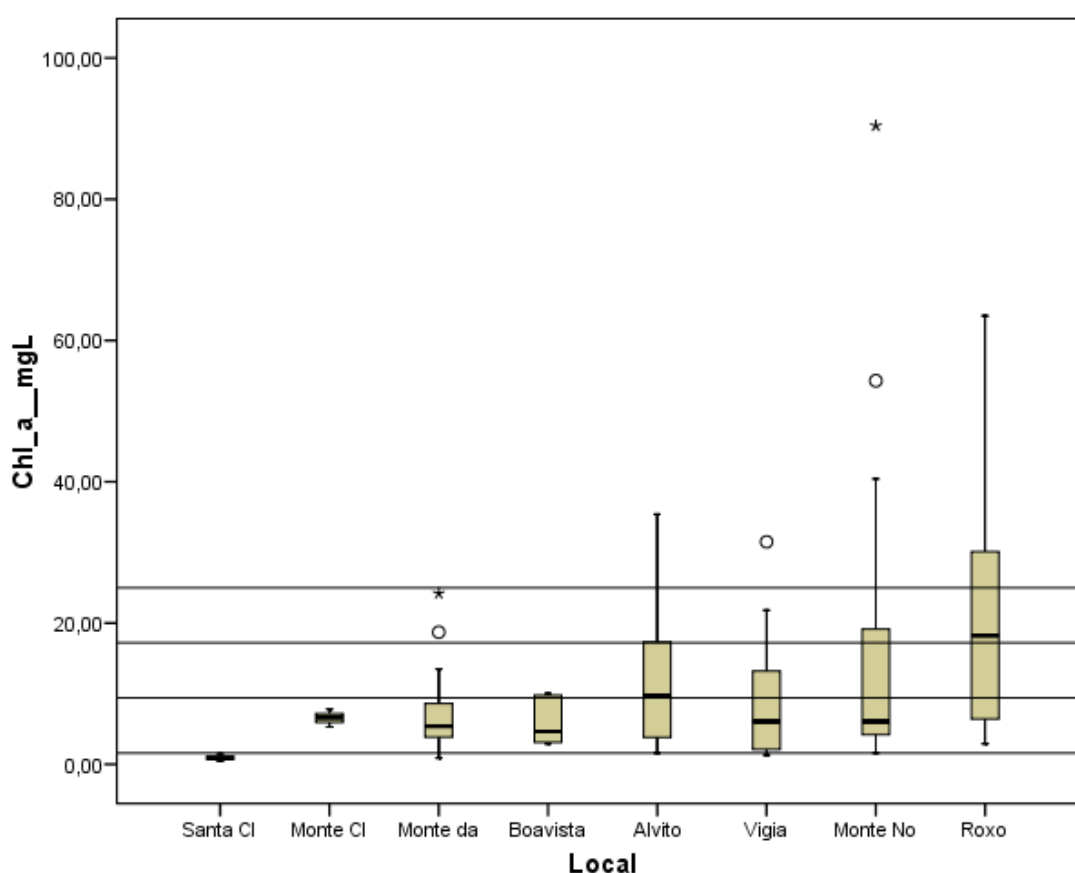


Figura 6.26 – Marcação de fronteiras de qualidade, obtidas pelo método REFCOND, em diagramas de extremos desenhados individualmente por albufeira para a clorofila *a*, sem incluir situações com “*blooms*” de cianobactérias. As albufeiras apresentam-se ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de *outliers* e de valores extremos.

Observando a Figura 6.26, verifica-se que as classificações não se alteram grandemente. Por este motivo fomos agora testar a classificação para as mesmas albufeiras, excluindo apenas as situações com “*blooms*” de cianobactérias em que a clorofila *a* foi inferior a 9,4mg/m³ (fronteira entre a classe de qualidade Bom Potencial Ecológico/

Razoável), o que nos indicaria um Bom Potencial Ecológico não compatível, na nossa opinião, com existência de “*blooms*” e níveis elevados de toxicidade. Neste caso, não foram excluídas as situações com “*blooms*” de cianobactérias que apresentam valores de clorofila *a* elevados (superiores a 9,4 mg/m³; classes de qualidade inferiores a Bom Potencial Ecológico). Na Figura 6.27 é possível observar a classificação das mesmas albufeiras sem contemplar as situações de “*blooms*” com reduzida concentração de clorofila *a* (<9,4mg/m³). A classificação obtida é coerente com o conhecimento pericial da realidade das mesmas albufeiras. Deste modo, obtém-se: Sta Clara com classificação Máximo Potencial Ecológico; Montes Clérigos e Monte da Rocha com classificação Bom Potencial Ecológico; Maranhão, Boavista, Alvito e Vigia com classificação Razoável; Monte Novo e Roxo com classificação Pobre e; o Enxoé com classificação Mau.

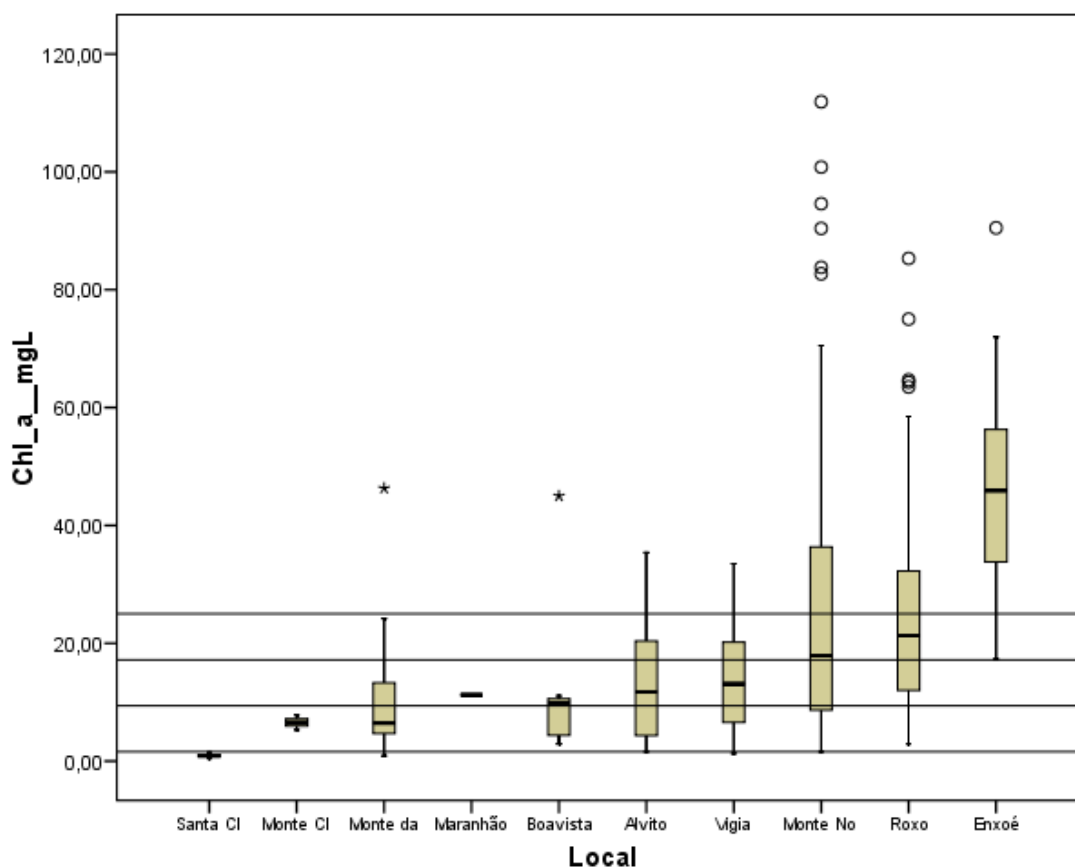


Figura 6.27 – Marcação de fronteiras de qualidade, segundo método REFCOND, em d desenhados individualmente por albufeira para a clorofila *a*, sem incluir situações com “*blooms*” de cianobactérias com clorofila *a* inferior a 9,4mg/m³ (fronteira entre um sistema eutrófico e mesoeutrófico, usando os dados do SNIRH). As albufeiras apresentam-se ordenadas segundo um gradiente de qualidade/degradação. Indicação de *outliers* e de valores extremos.

Desta forma e com base nos dados disponíveis, limitados no que se relaciona com a informação relativa à composição taxonómica e sua quantificação, é possível utilizar as fronteiras propostas entre classes de qualidade para a clorofila *a* (Quadro 6.28). Todavia, convém salvaguardar que as fronteiras propostas apenas foram validadas para situações sem “*blooms*” de cianobactérias e de reduzida concentração de clorofila *a* ($<9,4\text{mg/m}^3$).

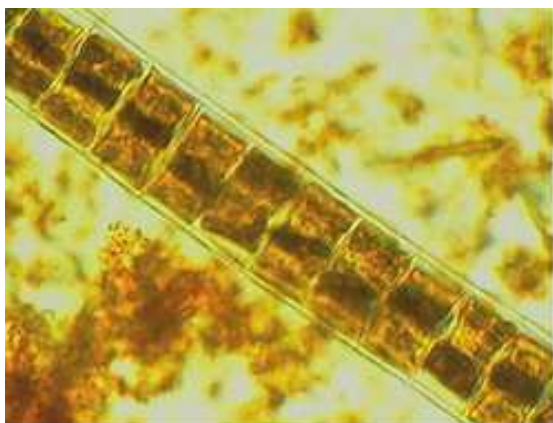
6.6.4. Conclusões: 2ª parte

- Uma vez que não foi verificada uma relação robusta de dependência da clorofila *a* em relação ao fósforo total ($R^2 < 0,10$), tivemos que recorrer ao conhecimento pericial das 26 albufeiras objecto de estudo, para as ordenarmos em função de um gradiente de qualidade/degradação. Ou seja, uma vez que o fósforo total apenas explicou 9,7% da variabilidade total da clorofila *a*, optamos por recorrer ao conhecimento pericial das albufeiras para a aplicação de um sistema de classificação com base na clorofila *a*. Facto que não inviabiliza os resultados obtidos, devendo contudo ser referido.
- A carência de dados qualitativos e quantitativos de fitoplâncton para as albufeiras objecto de estudo, obrigou-nos a recorrer a dados de apenas 10 albufeiras pertencentes ao Laboratório da Água da UE. Deste modo, a validação das fronteiras propostas apenas foi feita para um universo restrito.
- Um aspecto fundamental que interessa referir diz respeito às características típicas dos sistemas de água doce do sul de Portugal. Característica esta que evidencia uma dispersão dos “*blooms*” de cianobactérias ao longo do ano. Desta forma, é frequente registar “*blooms*” de cianobactérias (densidade de cianobactérias superiores a 2000 células/ml) em todas as estações do ano com níveis de toxicidade elevados (superiores a $1\mu\text{g/l}$). Todavia, frequentemente, em situações de “*bloom*” a clorofila *a* é reduzida e inferior a $9,4\text{mg/m}^3$ (fronteira encontrada por nós para as classes de qualidade Bom Potencial Ecológico e Razoável). Facto que resulta da menor concentração de clorofila *a* por célula de cianobactérias comparativamente com os outros grupos fitoplancctónicos. Surgem, consequentemente, situações com “*blooms*” de cianobactérias, produtoras de toxicidade, não compatíveis em termos de qualidade ecológica, com os valores de clorofila *a*. Por este motivo, neste trabalho, apenas conseguimos validar as fronteiras propostas para situações sem “*blooms*” de cianobactérias e de reduzida concentração de clorofila *a* ($<9,4\text{mg/m}^3$). Ou seja, sempre que se registarem situações com “*blooms*” de cianobactérias e com clorofila *a* reduzida ($<9,4\text{mg/m}^3$), estas não poderão ser avaliadas através do sistema de

classificação proposto. Nestas situações, para além da clorofila *a*, terão de se propor outras variáveis, índices ou métricas biológicas, tais como, por exemplo, a identificação, quantificação e determinação do biovolume fitoplânctónico.

6.7. Referências citadas

- Barbe, J. M. Lafont, L. Mallet, J. Mouthon, M. Philippe & V. Vey (2003). *Actualisation de la méthode de diagnose rapide des plans d'eau. Analyse critique des indices de qualité des lacset propositions d'indices de fonctionnement de l'écosystème lacustre*. Cemagref. Agence de l'Eau.
- Bernardino, R & Rodrigues S. (2000). *Análise da Qualidade Ecológica das Águas Superficiais*. Relatório Final do Trabalho Final de Curso da Licenciatura em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico.
- Directiva 200/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, de 22 de Dezembro de 2000.
- Lorenzen, C.J. (1967). Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*. **12**:343-346.
- Margalef, R. (1983). *Limnologia*. Ed. Omega. Barcelona. 1010 pp.
- OECD-Organization for Economic Cooperation and Development (1982). *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*. OECD, Paris. 346 p.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton – *Methodik*. *Mitt. Mt. Ver. Limnol.* **9**:1-38.
- Vollenweider, D. & Kerekes, V. (1982). *Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control*. Organization for Economic Co-operation and Development. Paris. 154Pp.
- Wetzel, R. G. (1993). Future directions in research on controls of eutrofication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **52**: 71-78.



CAPÍTULO VII. DIATOMÁCEAS BÊNTICAS E SUA RESPOSTA À PERTURBAÇÃO

**Maria Manuela Morais, Ana Pedro &
Maria Helena Novais¹**

7.1. Introdução

As diatomáceas constituem 80-90% da comunidade de perifíton sendo o grupo mais diverso dentro das microalgas bentónicas. As diatomáceas (classe Bacillariophyceae) são um grupo de algas microscópicas abundantes em praticamente todos os ambientes aquáticos, sendo estimado na ordem dos 10^4 o seu número de espécies. São consideradas, por diferentes investigadores, como essenciais na monitorização da qualidade ecológica devido às suas características específicas, nomeadamente: estarem presentes em abundância em qualquer sistema aquático, apresentando uma distribuição ubíqua que permite comparações entre diversos habitats apesar de algumas espécies e variedades apresentarem uma distribuição restrita (Cox, 1991; Whitton et al., 1991); evidenciarem uma relação clara com a qualidade da água, sendo algumas espécies utilizadas como indicadoras; não disporem de um ciclo de vida faseado que as ausentaria dos sistemas aquáticos; desenvolverem-se em habitat específico, bem definido e de fácil amostragem (Whitton et al., 1991).

Têm a vantagem adicional das suas amostras poderem ser facilmente manipuladas e conservadas, o que se deve em parte ao esqueleto em sílica – frústula – de elevada resistência, o que evita deterioração aquando da remoção dos substratos. O tamanho, forma e ornamentação das paredes celulares das diatomáceas são utilizados no diagnóstico taxonómico (Stoermer & Smol, 1999). As frústulas são formadas por duas valvas, acumulam-se nos sedimentos lacustres e podem ser analisados em estudos paleolimnológicos. Presentemente, recorrendo-se às modernas floras disponíveis é possível proceder a uma identificação e quantificação relativamente rápida, facto que lhes confere

¹ Laboratório da Água, Universidade de Évora.

uma vantagem acrescida em programas de monitorização (Round, 1991). Devido às características apontadas, na Europa (Dell’Uomo, 2004; Rott et al., 2003; Prygiel & Coste, 2000; Dell’Uomo et al., 1999; Eloranta, 1999; Whitton & Rott, 1996; Eloranta, 1995; Kelly & Whitton, 1995; Van Dam *et al.*, 1994; Prygiel & Coste, 1993; Whitton *et al.*, 1991) e nos Estados Unidos (APHA, 1999; Barbour *et al.*, 1999) têm sido desenvolvidos índices de integridade biótica com o objectivo de identificar as pressões a que os sistemas aquáticos estão sujeitos, nomeadamente, eutrofização, incremento de matéria orgânica, salinidade e acidificação.

Na Europa, os índices mais usuais são: em França, o Índice de Poluossensibilidade Específica – IPS (Cemagref, 1982), o Índice Geral de Diatomáceas – IGD (Rumeau & Coste, 1988) e o Índice Biológico de Diatomáceas – IBD (Prygiel & Coste, 1998); na Bélgica, o Índice de Leclercq e Maquet – ILM (Leclercq & Maquet, 1987); no Reino Unido, o Índice Trófico Diatómico – TDI (Kelly & Whitton, 1995); na Alemanha, o Índice SHE (Schiefele & Schreiner, 1991); na República Checa, o Índice de Sládeček – SLA (Sládeček, 1986); na Itália, Índices de poluição orgânica e de eutrofização utilizando diatomáceas – EPI (Dell’Uomo, 2004); na Áustria, o Índice Saprobico de Rott – ROT (Rott et al., 1997); e a nível geral na europeu, o Índice CEE – (Descy & Coste, 1991).

O presente capítulo tem como objectivo: (1) validar a tipologia pré-estabelecida com base no elemento biológico diatomáceas para as 18 albufeiras objecto de estudo em Portugal Continental; (2) verificar quais os índices de integridade biótica que melhor respondem à degradação por tipo, isto é, aqueles que melhor diferenciam os locais de referência dos locais de não referência.

7.2. Material e Métodos

7.2.1. Procedimento de Amostragem e Análise Laboratorial

A amostragem e o procedimento laboratorial foram efectuados de acordo com o procedimento publicado pelo INAG (INAG, I.P., 2008) e que teve por base a metodologia desenvolvida no âmbito do projecto europeu STAR (2002) e as normas europeias: EN 13946 (2003) *Water quality: Guidance standard for the routine sampling and pre-treatment of benthic diatoms for rivers*; EN 14407 (2004) *Water quality: Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters*; AFNOR (2000) Norme française NF T90-354. *Qualité de l’eau – Détermination de*

l'Indice Biologique Diatomées (IBD); AFNOR (2003) Norme française NF EN 13946. Qualité de l'eau - Guide pour l'échantillonnage en routine et le prétraitement des diatomées benthiques de rivières e; CEN TC230 N68 (2003) Water quality: Guidance for routine sampling of benthic algae in shallow swift running waters.

As amostragens foram realizadas em 4 períodos do ano (Inverno, Primavera, Verão e Outono) entre Fevereiro e Novembro de 2006. De uma forma resumida e de acordo com INAG I.P (2008), a amostragem foi realizada em substrato grosseiro (pedras – com dimensões compreendidas entre um ovo de galinha e uma folha A4) na zona da margem. Nos locais foram recolhidas no mínimo 5 pedras por forma a perfazer uma área amostrada (incluindo apenas a superfície colonizada) de aproximadamente 100 cm². As pedras foram seleccionadas ao acaso entre aquelas que possuíam uma película de tonalidade acastanhada, indicadora da presença de diatomáceas e excluindo todas as outras que estavam cobertas com algas filamentosas. Localmente, as pedras foram raspadas e lavadas com água destilada em tabuleiro, guardando-se esta amostra líquida contendo as diatomáceas em frasco devidamente etiquetado. Posteriormente, procedeu-se à conservação da amostra adicionando umas gotas de solução de Lugol. Complementarmente foram recolhidas pedras (3 replicas por local) para a determinação da clorofila *a* perifítica. Estas foram embrulhadas em papel de estanho opaco e acondicionados em mala térmica entre os 0 e os 4 °C até à sua chegada ao laboratório, onde se colocaram as amostras em congelador a menos de 0°C.

Em laboratório, a preparação das lâminas definitivas e a identificação das diatomáceas foram efectuadas de acordo com o procedimento descrito por INAG I.P (2008), tendo-se procedido aos seguintes passos: (1) digestão da amostra pelo método do Permanganato de Potássio e Ácido oxálico, de modo a remover toda a matéria orgânica das frústulas; (2) realização de 3 preparações definitivas por amostra recolhida, utilizando o meio de montagem Naphrax, com um índice de refracção elevado; (3) identificação taxonómica, em microscópio óptico, de aproximadamente 400 valvas. A identificação foi efectuada ao nível da espécie e da variedade, sempre que possível. Para a identificação dos *taxa* foi utilizada a bibliografia apresentada neste documento no ponto 7.1 Bibliografia de Identificação.

A determinação da clorofila *a* perifítica foi feita adaptando o procedimento descrito por Lorenzen (1967) para o fitoplâncton. A extracção dos pigmentos foi feita após descongelação das pedras. O perifíton foi varrido com um pincel para um tubo de ensaio, onde se juntou acetona a 90%. A superfície da pedra amostrada foi calculada com base na determinação da área do pedaço de papel vegetal calibrado utilizado para cobrir aquela superfície. O pedaço

de papel foi pesado e esse valor utilizado para a determinação da superfície da pedra, pela aplicação da equação da recta resultante da correlação, anteriormente efectuada, entre a área e o peso de pedaços de papel vegetal calibrados. A absorvância do sobrenadante foi lida a 665 nm e a 750 nm em “cuvettes” de 1 cm de trajecto óptico, antes e após acidificação em espectrofotómetro. As equações utilizadas foram as de Lorenzen (1967) calculadas por unidade de superfície (mg/m^2).

7.2.2. Tratamento de dados

Análise gráfica

Graficaram-se valores de clorofila *a* por albufeira e época de amostragem importantes na interpretação global da produtividade perifítica e na detecção de padrões de variação. No sentido de eliminar a influência de magnitude das densidades observadas (específicas e número total de células), antes de se proceder a análises multivariadas os dados foram logaritmizados [$x' = \log_{10}(x+1)$]. Na abordagem adoptada optou-se por efectuar ordenações dos locais pelo método “Multi-Dimensional Scaling” (n-MDS). Neste método os locais são ordenados unicamente de acordo com a matriz de dissimilaridade, sendo que as distancias entre locais correspondem a uma ordem de dissimilaridade entre locais (*rank order*). Foram utilizados os programas SPSS 15. na realização das análises gráficas e o programa PRIMER 5 no processamento das análises multivariadas (n-MDS, ANOSIM e SIMPER).

Validação da tipologia e da variação sazonal

Com o objectivo de estudar as diferenças tipológicas foi efectuada uma n-MDS para a totalidade dos locais de referência, tendo como base a comunidade de diatomáceas identificada nesses locais. Pretendeu-se deste modo identificar padrões de variação tipológica e temporal (sazonal). As validações das diferenças tipológicas (3 tipos) e sazonais (4 épocas) foram efectuadas através de testes de ANOSIM. Estas diferenças foram testadas caso a caso na opção “one-way layout”, que testa as diferenças entre grupos contrastando com as diferenças intra-grupo.

Análise por tipo

Num passo seguinte procedeu-se a uma análise por tipo. Desta forma foram efectuadas ordenações n-MDS (por tipo) com o objectivo de verificar, no espaço, a localização dos locais de referência *versus* locais de não referência, assim como padrões de

variação temporal (sazonal). As diferenças entre referência e não referência e entre épocas do ano, para cada tipo, foram posteriormente validadas pela aplicação de testes ANOSIM.

Posteriormente foi efectuada uma caracterização da comunidade de referência, pela utilização do método de SIMPER “similarity percentages”. Este método, através da utilização do índice de dissimilaridade Bray-Curtis, testa a contribuição da similaridade média dentro do grupo em relação à dissimilaridade média entre grupos em relação a todas as espécies de diatomáceas identificadas.

Conjunto dos índices testados

Para cada local, foram calculados os índices disponíveis no programa OMNIDIA 5.1: IPS – CEMAGREF, 1982; CEE – H. Lange-Bertalot, 1979; EPI-D – Dell’Uomo, 2004; IBD – Prygiel & Coste, 1998; SID – Indice Saprobique, Rott et al., 1997; TID – Indice Trophic, Rott et al., 1999; SLA – Sládecek, 1973; DESCY, 1979, LMA - Leclercq & Maquet, 1987; SHE – Stinberg & Schiefele, 1988; WAT – Watanabe et al., 1986; TDI – Trophic diatom index, Kelly & Whitton, 1995; IDAP – Índice Diatomique Artois Picardie, Prygiel et al., 1999; IDG – Índice diatomique générique, Cemagref, 1982-90; LOBO – Lobo et al., 2004; DI-CH – Hurlimann, 2002; IDP – Pampean diatom index, Gomez N. Licursim, 2001. Estes índices baseiam-se no conceito de organismo indicador (Cairns, 1993) e na autoecologia das espécies (Descy, 1983), avaliando a poluição com base nas reacções dos diferentes *taxa* ao meio ambiente. Estes índices combinam a abundância relativa e o grau de sensibilidade (tolerância) de um grupo de *taxa* seleccionados (geralmente espécies).

Triagem dos índices com base nas comunidades presentes

Antes de se utilizar um índice num determinado local pela primeira vez, é necessário fazer uma avaliação prévia do índice, verificando-se qual a percentagem dos *taxa* presentes que entram para o cálculo do índice. Deste modo, no presente trabalho, a primeira triagem foi feita com base no número de espécies que entravam no cálculo dos índices. Consideramos *a priori*, que os índices que não incluíam nos seus cálculos, pelo menos, 75% dos *taxa* pertencentes à comunidade daquele tipo seriam excluídos.

Seleção dos índices com base na avaliação da responsividade

Depois de seleccionados os índices que descreviam a comunidade para cada tipo (passo anterior), procedeu-se à análise da responsividade dos índices seleccionados em relação às variáveis indicadoras de pressão. Para tal, foram efectuadas correlações não paramétricas de Spearman entre os índices seleccionados e as variáveis consideradas como indicadoras de pressão, sendo estas: Sólidos Suspensos Totais; Transparência da água; CBO₅;

CQO; Nitratos, Nitritos, Azoto amoniacal; Fósforo Total; Fosfatos; Oxigénio Dissolvido; Condutividade e pH. Considerou-se que o limite de responsividade dos índices às variáveis de pressão se situava acima de um coeficiente de correlação superior a 0,3 para $p < 0,05$ ($r \geq 0,3$; $p \leq 0,05$).

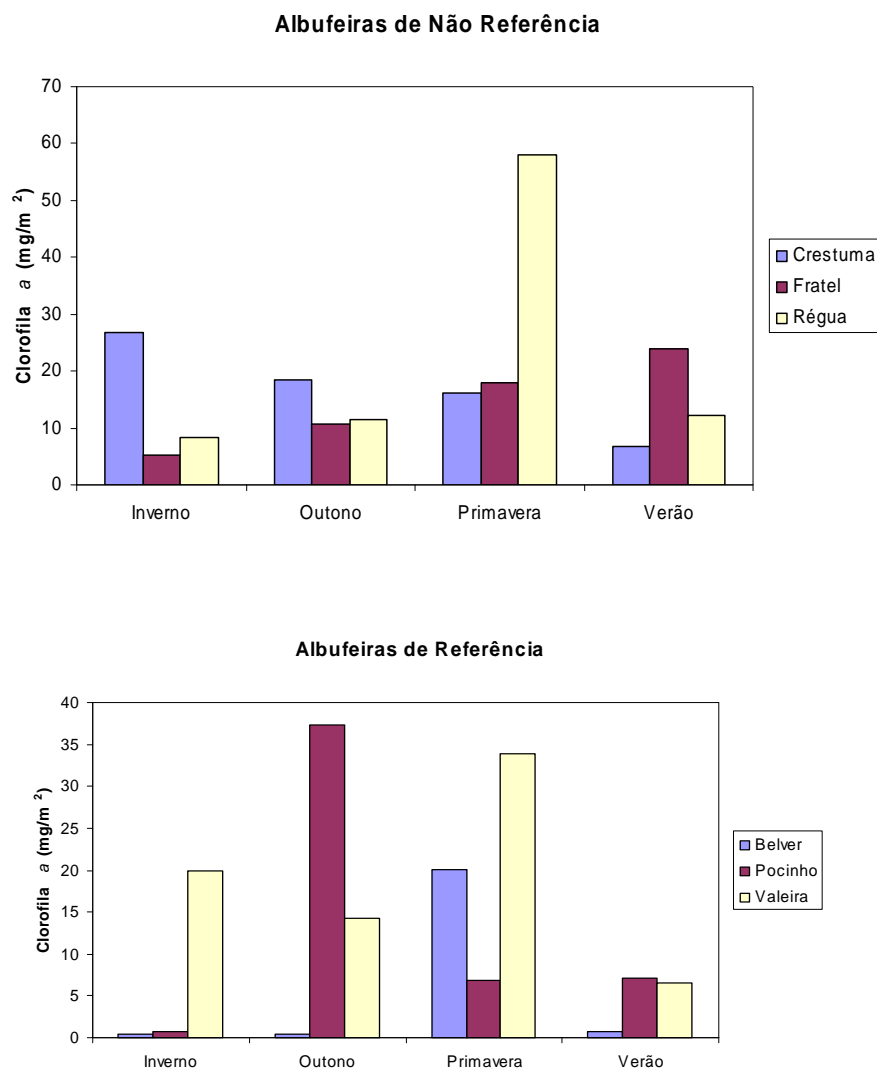


Figura 7.1. Evolução sazonal da clorofila a (mg/m²) por albufeira estudada no tipo Cursos Principais, agrupadas em gráficos distintos de acordo com a sua classificação não referência versus referência

Complementarmente, foram efectuadas análises de regressão linear entre os índices que apresentavam melhores correlações (variável dependente) com as variáveis de pressão (variável independente), por forma a verificar a ordenação dos locais de referência *versus* os

loais de não referência, ao longo do gradiente de degradação. Nesses gráficos foram traçadas as fronteiras entre as classes de qualidade originalmente definidas pelo programa OMNIDIA 5.1.

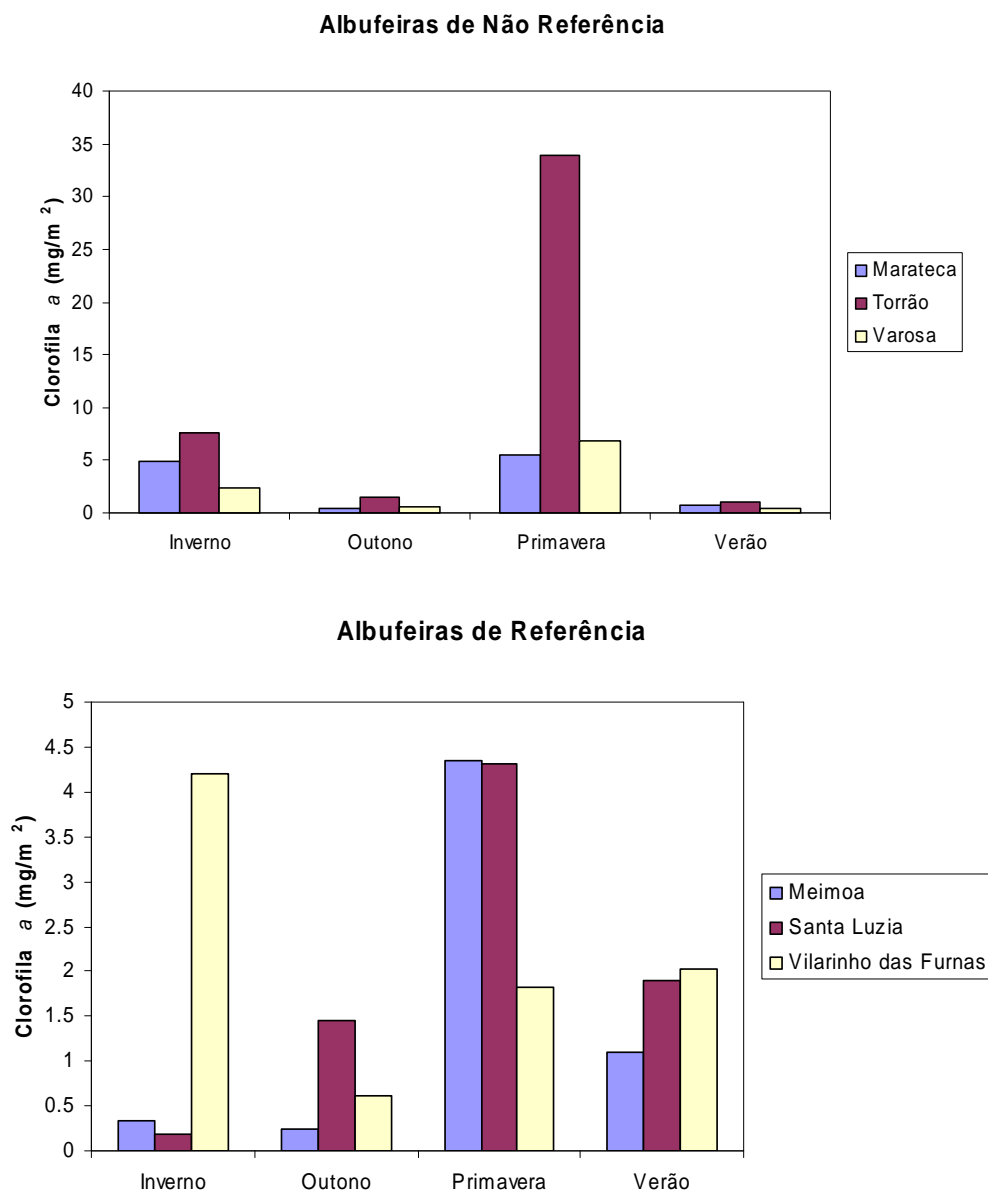


Figura 7.2. Evolução sazonal da clorofila a (mg/m²) por albufeira estudada no tipo norte, agrupadas em gráficos distintos de acordo com a sua classificação Não Referência versus Referência

7.3. Resultados

7.3.1. Clorofila a

Na Figura 7.1 apresenta-se a evolução sazonal da clorofila *a* (mg/m²) por albufeira estudada no tipo Cursos Principais, apresentando-se estas agrupadas em gráficos distintos de acordo com a sua classificação Não Referência *versus* Referência.

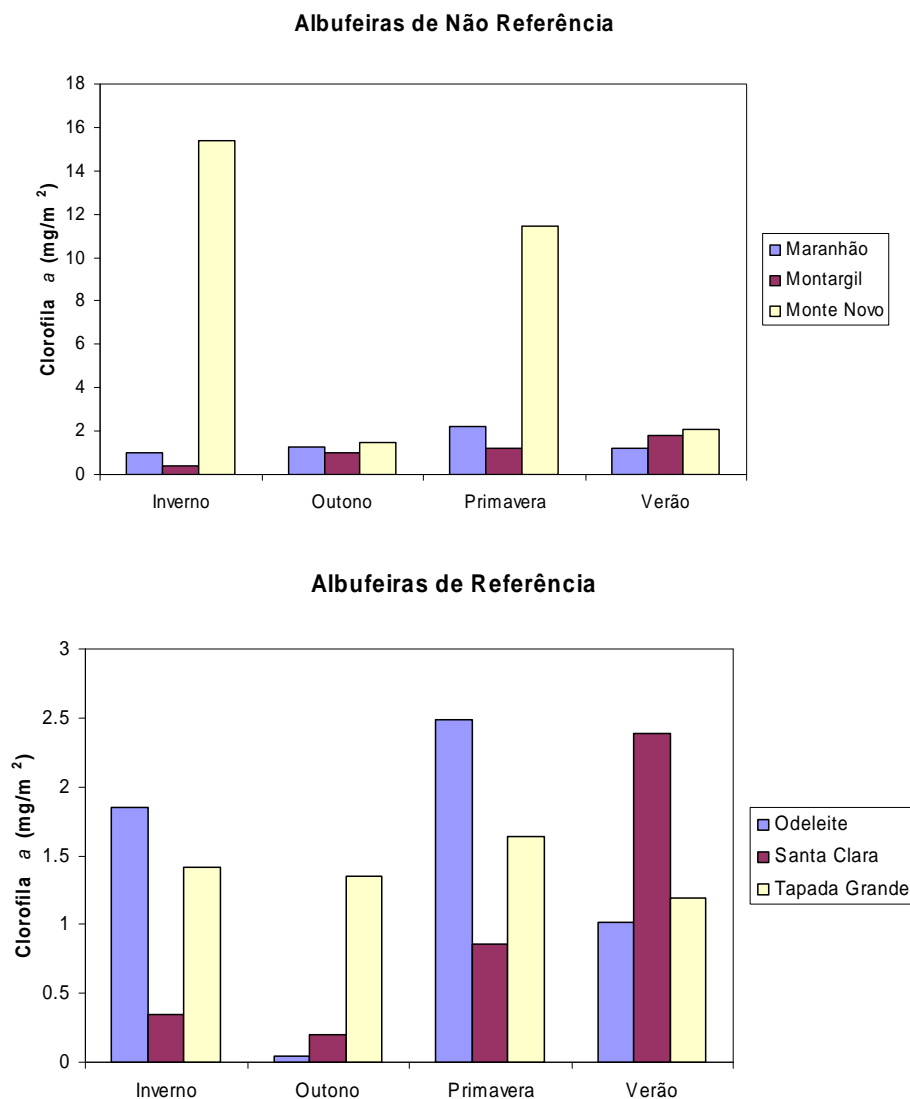


Figura 7.3. Evolução sazonal da clorofila *a* (mg/m²) por albufeira estudada no tipo sul, agrupadas em gráficos distintos de acordo com a sua classificação Não Referência *versus* Referência

Observando a Figura 7.1, verifica-se que, como seria de esperar, tendencialmente, a clorofila *a* é mais elevada nas albufeiras de não referência, sendo também o valor de clorofila *a* mais constante ao longo do ano (exceptua-se a albufeira da Régua que apresenta um pico

de biomassa na Primavera). Nas albufeiras de referência é mais evidente uma variação sazonal, com valores tendencialmente mais elevados na Primavera e no Outono; apenas a albufeira da Valeira apresenta uma maior constância nos valores de clorofila *a* ao longo do ano, evidenciando todavia o seu extremo na Primavera.

Também relativamente ao tipo Norte (Figura 7.2) os valores de clorofila *a* são tendencialmente mais elevados nas albufeiras de não referência, não sendo contudo excepcionalmente elevados; apenas se verificou um pico da ordem dos 35 mg/m² na albufeira do Torrão. Relativamente às albufeiras de Meimoa e de Sta Luzia (referência) verifica-se o padrão sazonal típico da produtividade primária em clima temperado, com valores mais elevados na Primavera, no Verão e no Outono e mais reduzidos no Inverno. Pelo contrário em Vilarinho das Furnas o valor mais elevado foi detectado no Inverno. Todavia, os valores obtidos nas 3 albufeiras de referência foram reduzidos, encontrando-se abaixo de 4,5 mg/m².

No tipo Sul os valores de clorofila *a* perifítica são relativamente baixos, tanto nas albufeiras de referência como de não referência (Figura 7.3); apenas se detectaram valores mais elevados na albufeira de Monte Novo no Inverno e na Primavera, sendo contudo inferiores a 16 mg/m². Relativamente ao tipo Sul e contrariamente aos tipos Cursos Principais e Norte não é evidente um padrão sazonal, sendo os valores mais constantes ao longo do ano.

7.3.2 Validação da tipologia

Ordenação global MDS para os locais de referência e testes ANOSIM

Na Figura 7.4 apresenta-se o resultado da ordenação n-MDS para os dois primeiros eixos, aplicada para a totalidade dos locais de referência amostrados nas diferentes épocas do ano (Primavera, Verão, Outono e Inverno) e com base na comunidade de diatomáceas (36 locais x 157 *taxa*). A Figura 7.4 indica-nos também a ordenação dos locais (albufeiras), identificados de acordo com o tipo a que pertencem (Sul, Norte e Cursos Principais). Deste modo, verifica-se uma clara individualização dos três tipos, Cursos Principais, Norte e Sul; exceptua-se um local do tipo Sul que surge situado num extremo da ordenação (“*outlier*”), este foi identificado como pertencente à albufeira Sta Clara na Primavera. Este facto deve-se à elevada abundância relativa de *Achnanthes subhudsonis* Hustedt que surge neste local na Primavera com 336 valvas num total de 437 identificadas. O teste ANOSIM confirma-nos que os três tipos são significativamente diferentes, sendo o valor de *R* mais elevado na diferenciação do tipo Cursos Principais dos restantes. (Quadro 7.1).

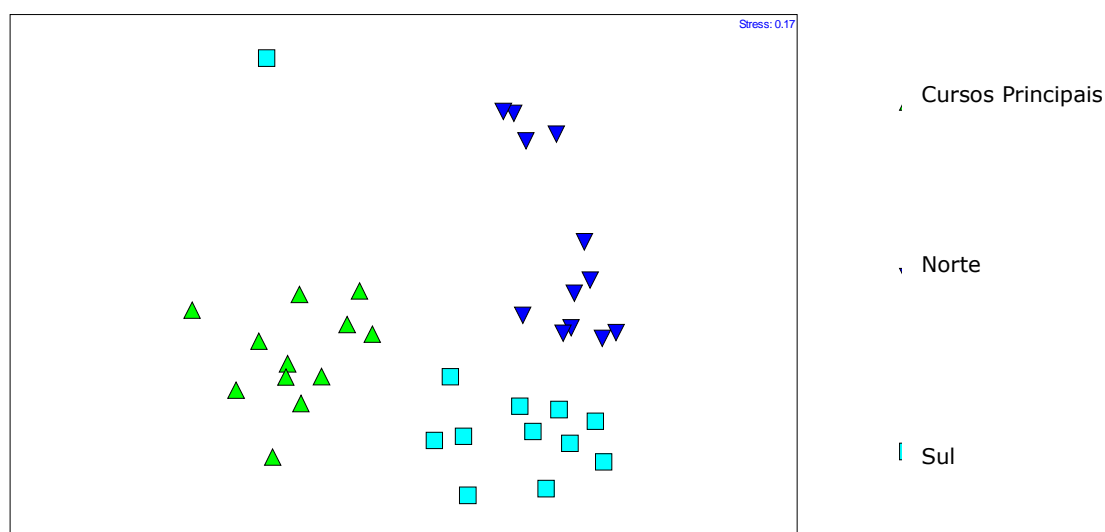


Figura 7.4. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para a totalidade dos locais de referência com base na comunidade de diatomáceas. Indicação dos 3 tipos Sul, Norte e Cursos Principais

Quadro 7.1. Resultados do teste ANOSIM para os três tipos, com indicação do valor de R e do nível de significância, ** - significativo para $p < 0,001$

TIPOS	Sul	Norte	Cursos Principais
Sul			
Norte	0,49 **		
Cursos Principais	0,75 **	0,867 **	
N	36	36	36

Sucessão temporal

A sucessão e a produtividade das espécies algais estão fortemente dependentes da luz, da temperatura, de factores relacionados com a disponibilidade de nutrientes e de factores biológicos como a competição (Wetzel, 1993). De facto para os tipos Cursos Principais e Norte verificou-se uma maior biomassa algal (expressa em clorofila *a* por m^2) na Primavera.

Embora este relatório seja unicamente relativo ao grupo das diatomáceas, o que dificulta a percepção da sucessão de espécies, sobretudo detectável a nível da comunidade perifítica no seu todo (i.e. incluindo todos os grupos), fomos avaliar a variação temporal associada aos locais de referência (sazonalidade natural). Desta forma, fomos identificar as diferentes épocas de amostragem (Primavera, Verão, Outono e Inverno) na mesma ordenação global n-MDS efectuada para os locais de Referência (Figura 7.5). Observando a Figura 6.5 verifica-se uma total impossibilidade de diferenciação das épocas do ano, facto que nos

parece indicar que a comunidade de diatomáceas não reage a variáveis ambientais sazonais, tais como a temperatura e o pH. De facto as diatomáceas têm sido descritas e utilizadas em programas de monitorização sobretudo como indicadores de qualidade, reagindo sobretudo a contaminações orgânicas e minerais. O teste ANOSIM não foi significativo na diferenciação das épocas do ano (Quadro 7.2).

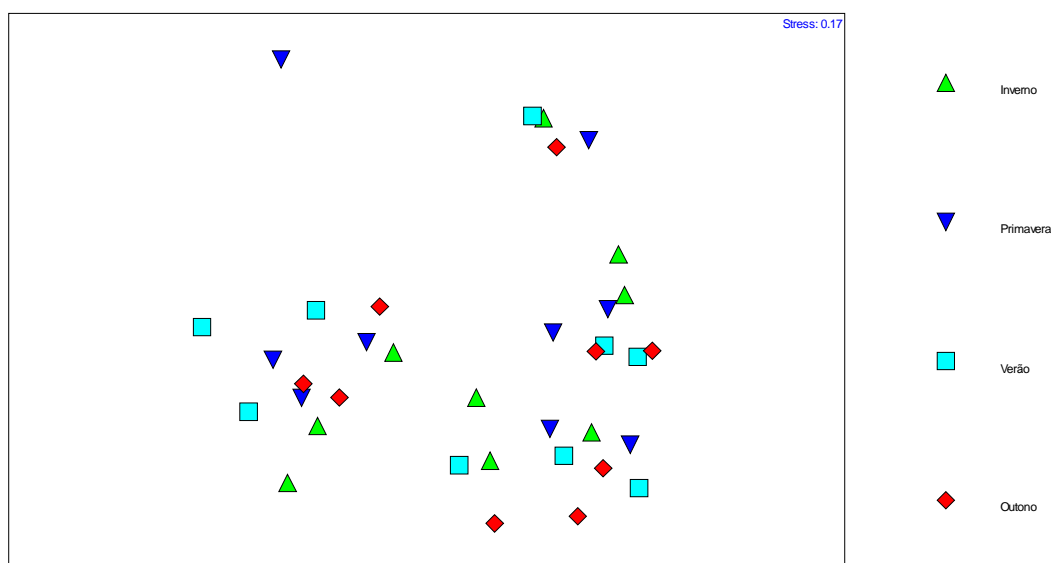


Figura 7.5. Ordenação n-MDS nos dois primeiros eixos para a totalidade dos locais de referência com base na comunidade de diatomáceas. Indicação das 4 épocas do ano

Quadro 7.2. Resultados do teste ANOSIM para as 4 épocas do ano, com indicação do R e do nível de significância** - significativo para $p < 0,01$; *- significativo para $p < 0,05$

	Inverno	Outono	Primavera	Verão
Inverno				
Outono	-0,115			
Primavera	-0,088	-0,046		
Verão	-0,022	-0,109	-0,054	
N	36	36	36	36

Triagem dos índices com base nas comunidades presentes

No Quadro 7.3 apresentam-se os índices que foram seleccionados por tipo, em função da percentagem de taxa que entrava para o seu cálculo ($> 75\%$ de taxa). Desta forma, dos 17

índices fornecidos pelo programa OMNIDIA 5.1 ficámos reduzidos a 4 índices no total para os 3 tipos de albufeiras. Note-se que para os três tipos foram seleccionados os mesmos índices com percentagens de taxa presentes muito similares.

Quadro 7.3. Índices seleccionados por tipo com base na percentagem dos taxa presentes que entraram no cálculo dos índices

Tipo	IBD	IPS	IDG	TDI
CP	94,74	98,50	100,00	83,46
N	94,02	98,29	100,00	83,76
S	93,97	98,28	100,00	81,90

7.3.3 Análise individual por tipo

7.3.3.1 Tipo Cursos Principais

Ordenação MDS e testes ANOSIM

Na Figura 7.6 apresenta-se o resultado da ordenação parcial MDS para os dois primeiros eixos efectuada com base na comunidade de diatomáceas para os 24 locais (albufeiras) amostradas no tipo Cursos Principais (24 locais x 136 taxa) e que inclui locais de referência e de não referência. A Figura 7.6 indica-nos a ordenação dos locais (albufeiras) identificados na ordenação de acordo com a sua classificação referência *versus* não referência. Observando-se a Figura, não se verifica separação entre as referências e não referências, facto que surgiu validado no teste ANOSIM para o qual se obteve um R de $-0,02$.

Na Figura 7.7 apresenta-se a mesma ordenação mas agora com indicação das 4 épocas do ano. Tal como na ordenação global para a totalidade das albufeiras é difícil verificar individualização das épocas do ano, surgindo, contudo, tendencialmente, o Inverno em maior oposição ao Verão. De facto, o teste ANOSIM confirma o resultado da ordenação, surgindo validado a dissimilaridade (diferença) entre o Verão e o Inverno para um $p < 0,01$ (Quadro 6.4).

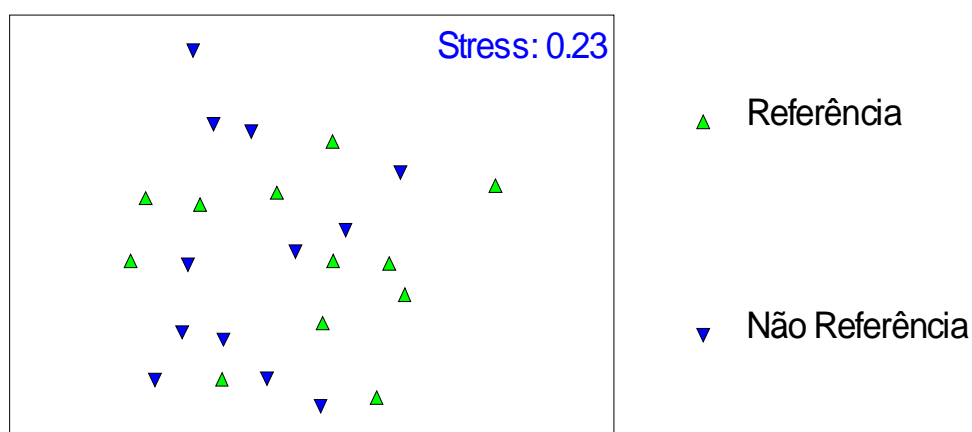


Figura 7.6. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo cursos principais com indicação das albufeiras de referência e de não referência amostradas nas diferentes épocas do ano

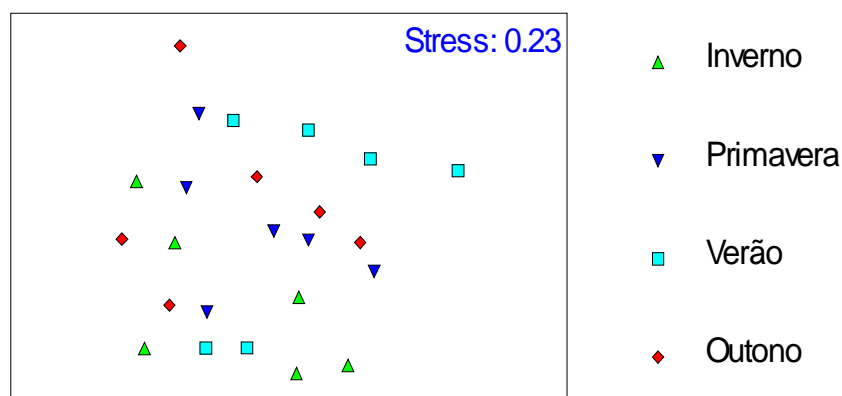


Figura 7.7. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo cursos principais com indicação das 4 épocas do ano

Quadro 7.4. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no Tipo cursos principais, com indicação do R e do nível de significância, *- significativo para $p < 0,01$

ESTAÇÕES	Inverno	Outono	Primavera	Verão
Inverno				
Outono	0,1			
Primavera	-0,02	-0,109		
Verão	0,519 *	0,115	0,093	
N	24	24	24	24

Seleção dos índices com base na avaliação da responsividade

No Quadro 7.5 apresentam-se os coeficientes de correlação de Spearman (r) superiores a 0,3 e significativos para $p < 0,05$ entre as variáveis de pressão e os índices seleccionados para o tipo Cursos Principais (passo anterior).

Analisando o Quadro 7.5 verifica-se que para o tipo Cursos Principais dos 4 índices seleccionados (passo anterior), apenas os índices IDG e TDI apresentam uma única correlação significativa cada, respectivamente com os nitratos e com o pH. Considerando que o pH não é uma variável de pressão muito robusta, i.e. não nos indica claramente uma resposta do índice a níveis de poluição, fomos apenas para o índice IDG, que apresentou uma correlação altamente significativa com os nitratos ($r = -0.775$) efectuar diagramas de extremos, por forma a comparar a pontuação obtida para as albufeiras de referência e as de não referência (Figura 7.8).

Quadro 7.5. Valores de $r > 0,3$ para as correlações de Spearman entre os índices IBD, IPS, IDG e TDI e as variáveis de pressão significativos para $p < 0,05$ para o tipo Cursos Principais. * - significativo para $p < 0,05$; ** - significativo para $p < 0,01$

	IBD	IPS	IDG	TDI
Transparência				
Sólidos suspensos totais				
CBO₅				
CQO				
Nitratos			-0.775**	
Nitritos				
Azoto amoniacal				
Fósforo total				
Fosfatos				
Oxigénio				
Condutividade				
pH				0.452*

Observando a Figura 7.8 verifica-se que não existe uma diferenciação entre as pontuações obtidas pelo índice IDG para as albufeiras de referência e as de não referência. Inclusive, a pontuação mais baixo foi obtida para a albufeira Valeira no Inverno, uma albufeira classificada como sendo de referência.

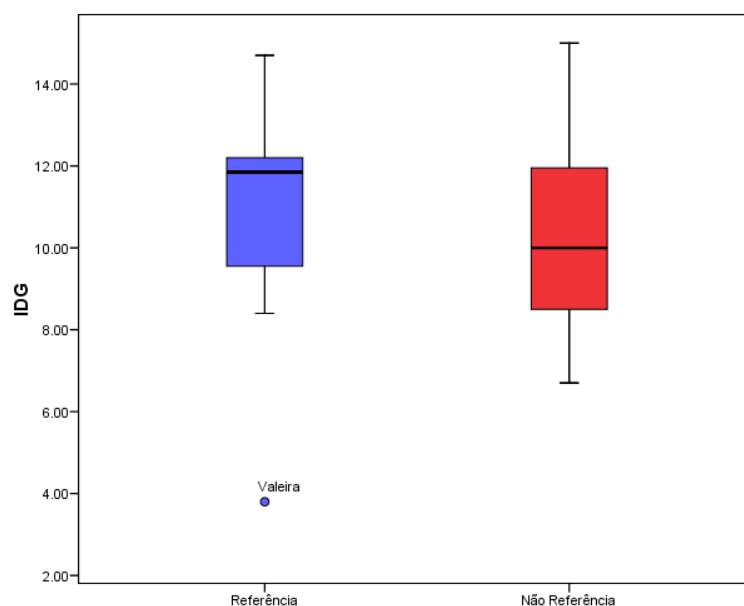


Figura 7.8. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IDG respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo cursos principais.

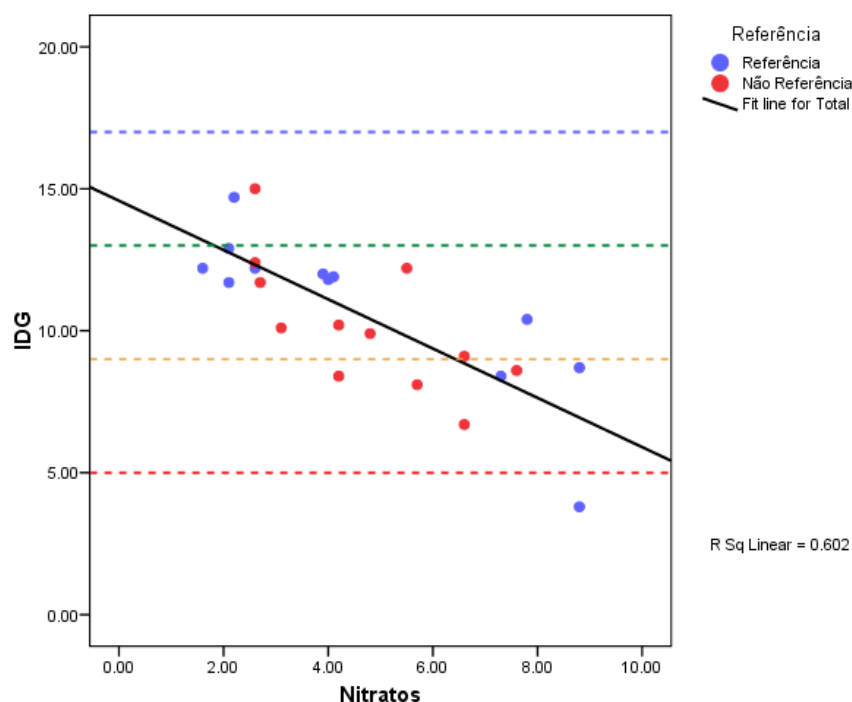


Figura 7.9. Recta de regressão entre o IDG (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Cursos Principais. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

Em seguida fomos analisar a regressão linear e desenhar o respectivo gráfico para a relação IDG/nitratos (Figura 7.9). Apesar do R^2 ser relativamente elevado ($R^2=0,602$) o que nos indica que o índice responde ao aumento dos nitratos, este gráfico vem confirmar a não existência de uma diferenciação entre as referências e as não referências. Note-se que nenhum local foi classificado como excelente, sendo o único local mau uma referência. Nas 3 classes intermédias (bom, razoável e pobre) os locais de referência e de não referência ordenam-se de forma indiferenciada.

Quadro 7.6. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Cursos Principais; resultado da análise SIMPER. Na segunda coluna indica-se a contribuição relativa dos taxa e na terceira coluna indica-se a contribuição acumulada.

<i>Pseudostaurosira binodis</i> (Ehrenberg) M.B. Edlund	15.51	15.51
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et: Möller	12.81	28.31
<i>Achnanthes minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	11.31	39.62
<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	5.61	45.23
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	4.60	49.84
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	4.09	53.93
<i>Achnanthes eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	3.69	57.61
<i>Planorthis frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	2.97	60.59
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	2.87	63.46
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round	2.84	66.30
<i>Staurosira venter</i> (Ehr.) Cleve & Moeller	2.71	69.01
<i>Melosira varians</i> Agardh	2.59	71.60
<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	2.34	73.95
<i>Amphora pediculus</i> (Kütz.) Grunow	2.23	76.18
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	1.34	77.51
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres var <i>vaucheriae</i> (Kütz.) Lange-Bertalot	1.29	78.80
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cl. & Grun. 1880	1.25	80.05
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var <i>lineata</i> (Ehr.) Van Heurck	1.24	81.30
<i>Navicula veneta</i> Kütz.	1.12	82.42
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	1.08	83.49
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	1.04	84.53
<i>Geissleria decussis</i> (Ostrup) Lange-Bertalot & Metzeltin	0.98	85.51
<i>Karayevia oblongella</i> (Ostrup) M. Aboal	0.92	86.43
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow	0.80	87.23
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var <i>euglypta</i> (Ehr.) Grunow	0.77	88.01
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen	0.77	88.77
<i>Pseudostaurosira elliptica</i> (Schumann) Edlund, Morales & Spaulding	0.71	89.48
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	0.70	90.18

Caracterização da comunidade de referência

O tipo Cursos Principais apresenta dominância de *Pseudostaurosira binodis* (Ehrenberg) M.B. Edlund, *Nitzschia fonticola* Grunow in Cleve et: Möller e *Achnanthes minutissimum* (Kütz.) Czarnecki (39,62% de abundância relativa) contribuindo para a caracterização da comunidade todos os taxa indicados na Quadro 7.3. Com exceção do taxa *Achnanthes minutissima* Kütz. var. *minutissima* Kütz. (*Achnanthes*), todos os outros

poderão ser consideradas espécies indicadoras de referência ecológica para este tipo. Relativamente ao *taxa Achnanthes minutissima* Kutzing var. *minutissima* Kutzing (*Achnanthidium*), convém referir que este *taxa* corresponde a um grupo que engloba diferentes *taxa*, não sendo recomendável a sua utilização como espécie indicadora. Presentemente estão a ser desenvolvidos vários estudos a nível internacional com o objectivo de diferenciar este grupo a nível taxonómico.

7.3.3.2 Tipo Norte

Ordenação MDS e testes ANOSIM

Na Figura 7.10 apresenta-se o resultados da ordenação parcial n-MDS para os dois primeiros eixos efectuada com base na comunidade de diatomáceas para os 24 locais (albufeiras) amostrados no tipo Norte (24 locais x 118 *taxa*) e que inclui locais de referência e de não referência. A Figura 7.10 mostra-nos a ordenação dos locais (albufeiras) identificados, na ordenação, de acordo com a sua classificação referência *versus* não referência. Observando-se a Figura verifica-se uma clara separação entre os locais de referência e os de não referência, não sendo contudo muito evidente esta separação. Facto que nos foi comprovado estatisticamente pelo teste ANOSIM significativo para $p < 0,01$ e com um valor de R de 0,495.

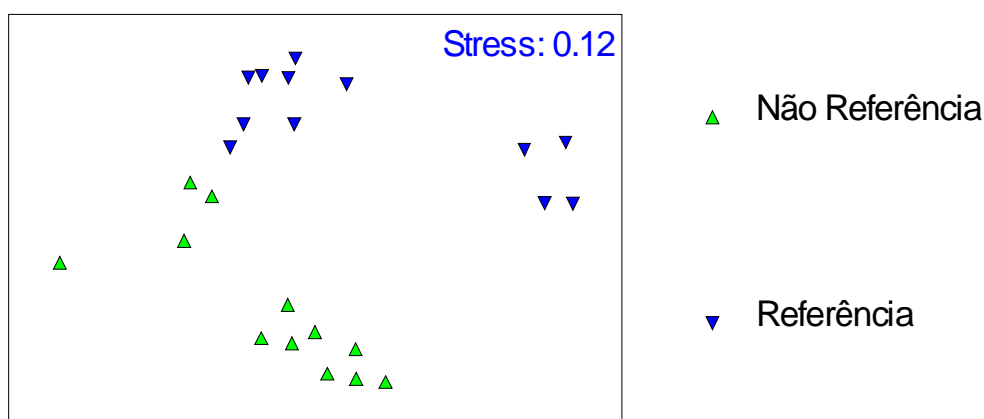


Figura 7.10. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo norte com indicação das albufeiras de referência e de não referência amostradas nas diferentes épocas do ano

Na Figura 7.11 apresenta-se o resultado da mesma ordenação mas agora com indicação das 4 épocas do ano. Tal como para a ordenação global n-MDS (todos os locais de referência) as épocas do ano não se diferenciam, surgindo perfeitamente misturadas na ordenação. Esta observação surgiu validado no teste ANOSIM, para o qual não foi obtido nenhuma diferença significativa entre épocas do ano (Quadro 7.7).

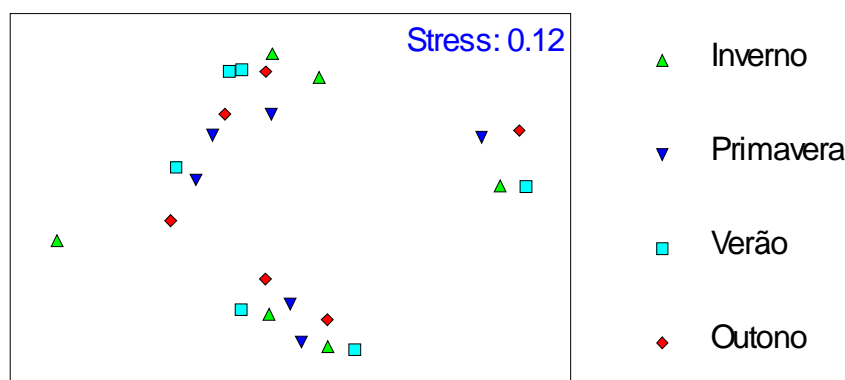


Figura 7.11. Ordenação parcial MDS nos dois primeiros eixos para o norte com indicação das 4 épocas do ano

Quadro 7.7. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no Tipo norte, com indicação do R

	<i>Inverno</i>	<i>Outono</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verão</i>
Inverno				
Outono	-0,163			
Primavera	-0,183	-0,08		
Verão	-0,091	-0,163	-0,065	
N	24	24	24	24

Seleção dos índices com base na avaliação da responsividade

No Quadro 7.8 apresentam-se os coeficientes de correlação de Spearman (r) superiores a 0,3 e significativos para $p < 0,05$ entre as variáveis de pressão e os índices seleccionados para o tipo Cursos Principais (passo anterior). Analisando o Quadro 7.8 verifica-se que o índice TDI apresenta 7 correlações, apresentando os índices IPS e TDI 5 correlações e o índice IBD 4 correlações que satisfazem os requisitos para a análise de responsividade dos índices às variáveis de pressão. Os coeficientes de correlação mais elevados foram obtidos entre os 4 índices e a condutividade, seguindo-se os coeficientes de correlação obtidos com o fósforo total e com os nitratos.

Quadro 7.8. Valores de $r > 0,3$ para as correlações de Spearman entre os índices IBD, IPS, IDG e TDI e as variáveis de pressão significativos para $p < 0,05$ para o tipo Norte, * - *significativo para $p < 0,05$* ; ** - *significativo para $p < 0,01$*

	IBD	IPS	IDG	TDI
Transparência		0.529**	0.524**	0.455*
Sólidos suspensos totais				
CBO₅			-0.592*	
CQO			-0.529*	
Nitratos	-0.523**	-0.656**	-0.601**	-0.602**
Nitritos				
Azoto amoniacal	-0.512*	-0.425*	-0.454*	-0.458*
Fósforo total	-0.593**	-0.677**	-0.675**	-0.708**
Fosfatos				
Oxigénio				
Condutividade	-0.834**	-0.888**	-0.803**	-0.840**
pH				

Em seguida fomos construir diagramas de extremos para os 4 índices seleccionados, com o objectivo de comparar as pontuações obtidas entre o grupo das albufeiras de referência e o grupo das albufeiras de não referência (Figuras 7.12 a 7.15). Verifica-se que todos os índices separam claramente as referências das não referências. Note-se por exemplo, que para o índice IBD (Figura 7.12), todas as albufeiras de referência obtiveram uma pontuação $\geq 19,9$ (valor máximo 29).

Num passo seguinte fomos efectuar as regressões lineares e desenhar os respectivos gráficos, para todas as relações (índices/variáveis de pressão) que apresentavam coeficientes de correlação (r) superiores a 0,3. Por uma questão de comunidade, neste relatório, optou-se por apresentar apenas gráficos que evidenciavam uma boa separação dos locais de referência *versus* locais de não referência, tendo sido também tomado em consideração o valor R^2 da regressão (que nos indica a percentagem de explicação do modelo).

Observando as Figuras 7.16 a 7.19 verifica-se uma boa individualização das referências, com especial destaque para a relação entre o índice IDG e a variável de pressão CBO₅ e para os índices IBD e IPS com a condutividade. Para estes índices e segundo as respectivas fronteiras originais, as referências surgem classificadas na classe excelente. Relativamente ao índice TDI e também de acordo com as fronteiras originais do índice, duas das referências aparecem classificadas na classe bom. Relativamente aos valores de R^2 das regressões apresentadas, estes apresentam sempre valores superiores a 0,50.

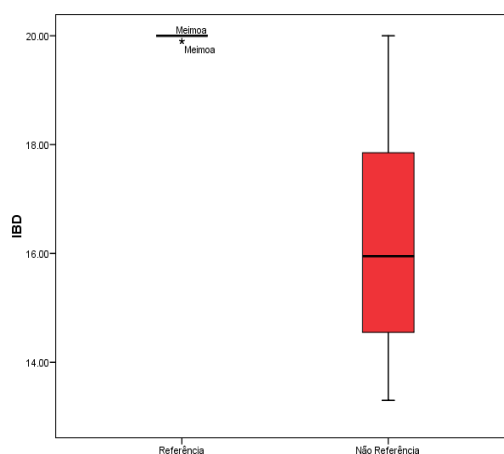


Figura 7.12. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IBD respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo norte.

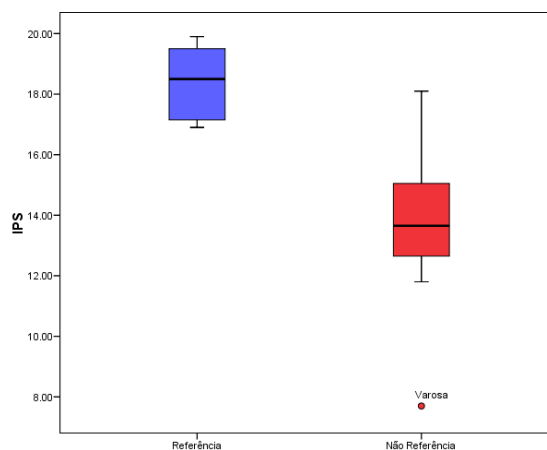


Figura 7.13. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IPS respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo norte.

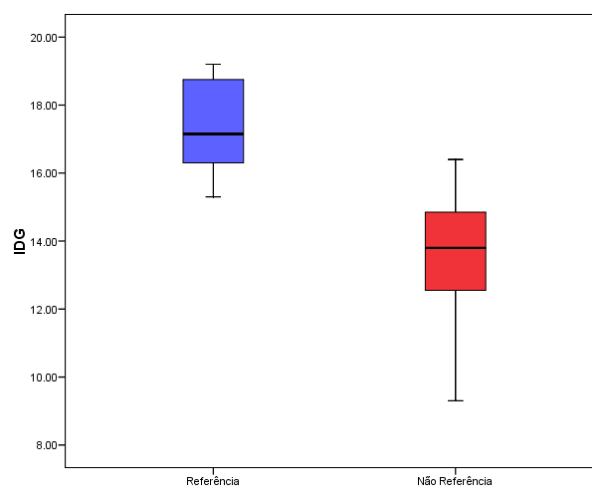


Figura 7.14. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IDG respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Norte

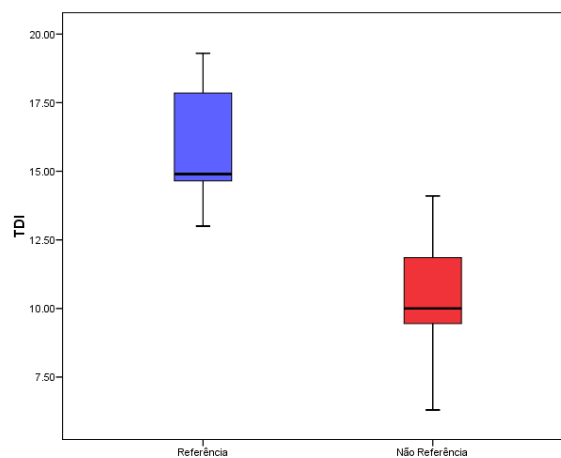


Figura 7.15. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice TDI respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Norte

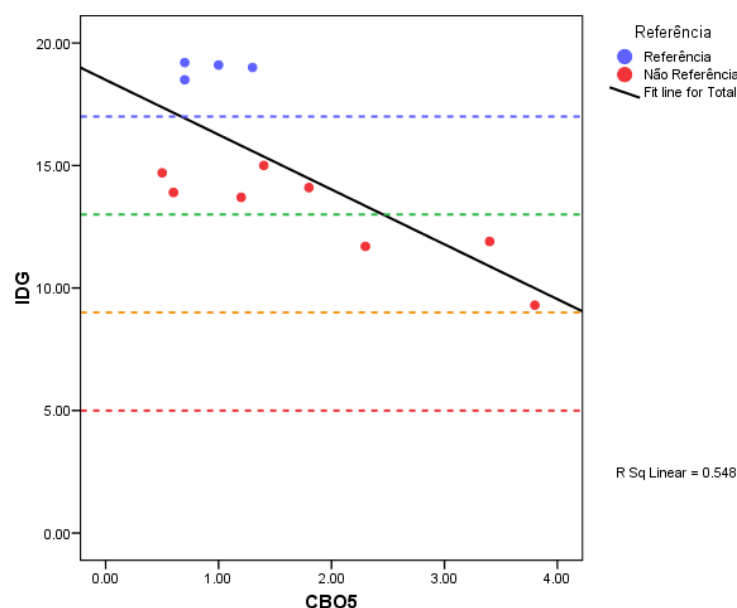


Figura 7.16. Recta de regressão entre o IDG (variável dependente) e o CBO5 (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

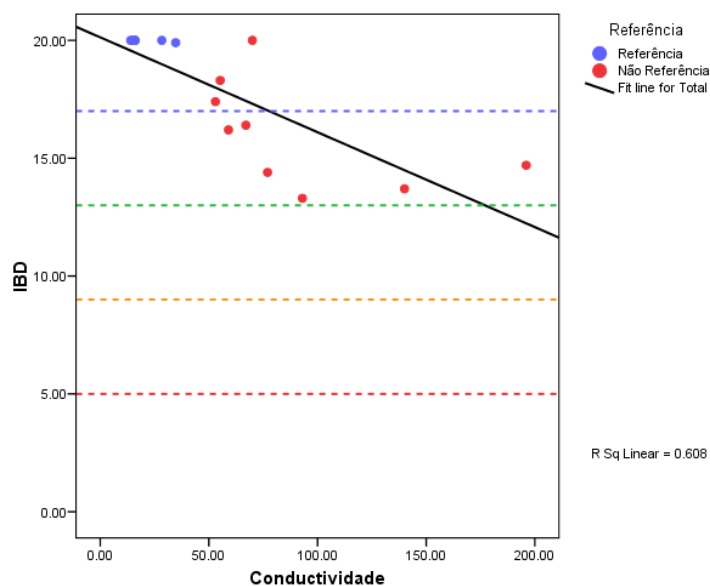


Figura 7.17. Recta de regressão entre o IBD (variável dependente) e a condutividade (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

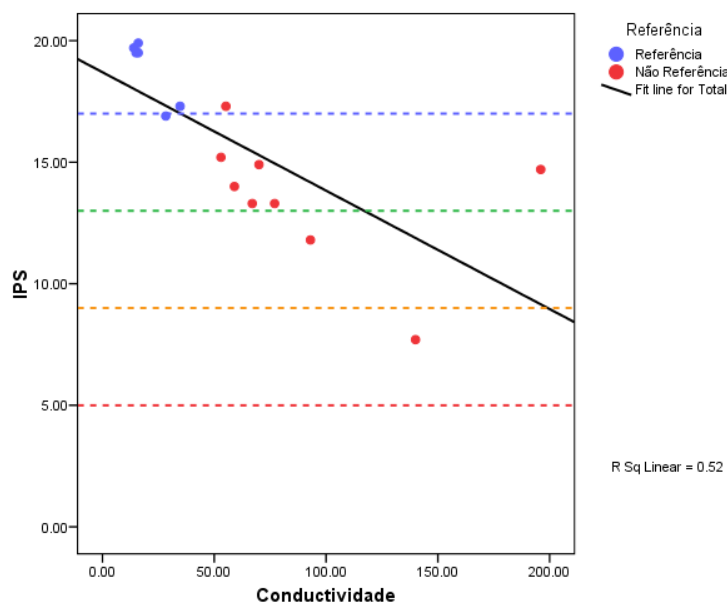


Figura 7.18. Recta de regressão entre o IPS (variável dependente) e a condutividade (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

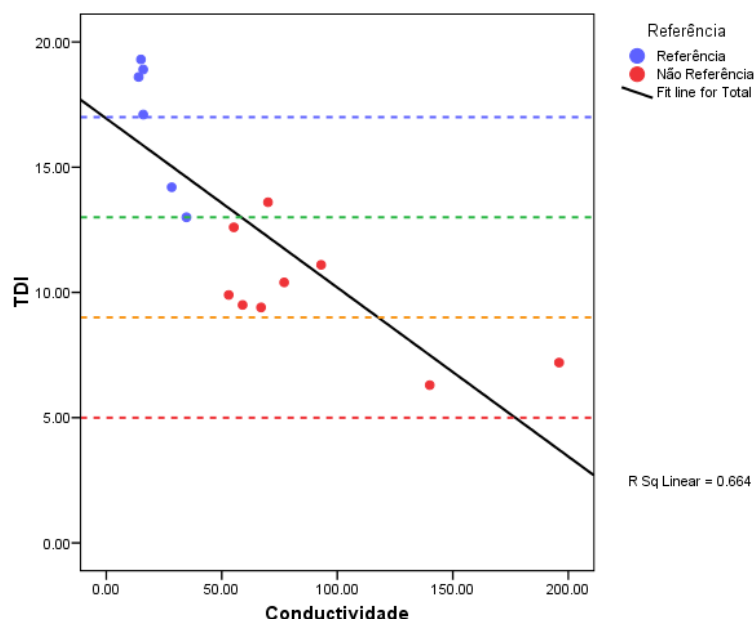


Figura 7.19. Recta de regressão entre o TDI (variável dependente) e a condutividade (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Norte. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

Quadro 7.9. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Norte; resultado da análise SIMPER. Na segunda coluna indica-se a contribuição relativa dos taxa e na terceira coluna indica-se a contribuição acumulada.

<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	56.59	56.59
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen var. <i>nivalis</i> (Wm.Sm.) Haworth	17.89	74.48
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve et Grun.) Houk & Klee	4.83	79.30
<i>Brachysira vitrea</i> (Grunow) Ross in Hartley	3.36	82.66
<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) H. Lange Bertalot 1999	3.35	86.01
<i>Tabellaria pseudoflocculosa</i> H. Kobayasi ex Mayama	2.98	89.00
<i>Eunotia exigua</i> (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst	2.88	91.88

Concluindo poderemos dizer que relativamente ao tipo Norte e de acordo com o elemento biológico diatomáceas, as referências previamente definidas (albufeiras de Vilarinho das Furnas, Meimosa e Sta Luzia) surgiram validadas pelos 4 índices seleccionados que respondem perfeitamente às variáveis de pressão (vejam-se os valores das correlações de Spearman no Quadro 7.9).

Caracterização da comunidade de referência

O tipo Cursos Principais apresenta menor diversidade específica, contribuindo para a sua caracterização taxonómica os 7 taxa que se apresentam no Quadro 7.9, com especial incidência dos taxa *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki 56.59 e *Aulacoseira distans* (Ehr.) Simonsen var. *nivalis* (Wm.Sm.) Haworth (74,48% de abundância relativa). Como já foi dito, o taxa *Achnanthes minutissima* Kutzing var. *minutissima* Kutzing (*Achnantheidium*) não deverá ser considerado um bom indicador uma vez que engloba taxa com diferentes sensibilidades.

7.3.3.3 Tipo Sul

Ordenação n-MDS e testes ANOSIM

Na Figura 7.20 apresenta-se o resultado da ordenação parcial n-MDS para os dois primeiros eixos efectuada com base na comunidade de diatomáceas para os 24 locais (albufeiras) amostradas no tipo Sul (24 locais x 116 taxa) e que inclui locais de Referência e de Não Referência. A Figura 7.20 indica-nos a ordenação dos locais (albufeiras) identificados na ordenação de acordo com a sua classificação referência *versus* não referência. No tipo Sul os locais de referência e de não referência surgem separados, ordenando-se do lado direito os locais de referência e de não referência surgem separados, ordenando-se do lado direito os locais de referência e de não referência em oposição aos locais de referência situados do lado esquerdo da ordenação. Este resultado foi validado pelo teste ANOSIM, para o qual se obteve um valor de R de 0,382, significativo para $p < 0,01$.

Na Figura 7.21 apresenta-se o resultado da mesma ordenação com indicação das 4 épocas do ano. Tal como para a ordenação global MDS (todos os locais de referência) e para o tipo Norte, as épocas do ano não se diferenciam, surgindo perfeitamente misturadas na ordenação. Esta observação surgiu validada no teste ANOSIM, para o qual não foi obtido nenhuma diferença significativa entre épocas do ano (Quadro 7.10).

Seleção dos índices com base na avaliação da responsividade

No Quadro 7.11 apresentam-se os coeficientes de correlação de Spearman (r) superiores a 0,3 e significativos para $p < 0,05$ entre as variáveis de pressão e os índices seleccionados para o tipo Cursos Principais (passo anterior).

Para o tipo Sul obteve-se um menor número de correlações significativas entre os índices e as variáveis de pressão que satisfizessem os requisitos previamente definidos para a

análise da responsividade ($r > 0,30$). Os coeficientes de correlação mais elevados foram obtidos entre os índices IBD, IPS, IDG e o pH, sendo sobretudo de realçar as correlações significativas obtidas com os nitratos (correlações negativas) e também com a transparência da água (correlações positivas) que nos indicam que quanto maior a transparência maior a pontuação dos índices e melhor a qualidade ecológica.

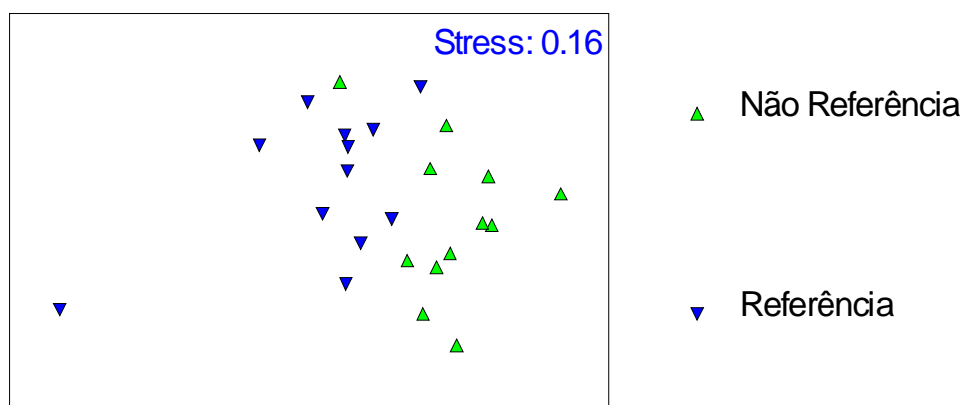


Figura 7.20. Ordenação parcial n-MDS nos dois primeiros eixos para o tipo sul com indicação das albufeiras de referência e de não referência amostradas

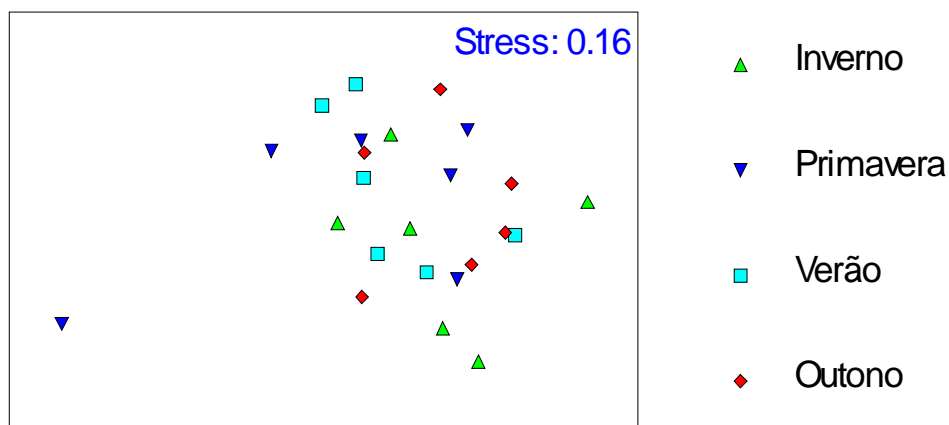


Figura 7.21. Ordenação parcial MDS nos dois primeiros eixos para o sul com indicação das quatro épocas do ano

Quadro 7.10. Resultados do teste ANOSIM para as diferentes épocas do ano no Tipo sul, com indicação do R e do nível de significância

	<i>Inverno</i>	<i>Outono</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verão</i>
Inverno				
Outono	-0,115			
Primavera	0,035	0,013		
Verão	0,015	0,05	0,033	
N	24	24	24	24

Quadro 7.11. Valores de $r > 0,3$ para as correlações de Spearman entre os índices IBD, IPS, IDG e TDI e as variáveis de pressão significativos para $p < 0,05$ para o tipo sul, * - significativo para $p < 0,05$; ** - significativo para $p < 0,01$

	IBD	IPS	IDG	TDI
Transparência	0.472*	0.414*	0.438*	0.459*
Sólidos suspensos totais				
CBO₅				
CQO				
Nitratos	-0.451*	-0.427*	-0.462*	-0.550**
Nitritos				
Azoto amoniacal				
Fósforo total				
Fosfatos				
Oxigénio				
Condutividade				
pH	-0.899*	-0.899*	-0.812*	

Seleção dos índices com base na avaliação da responsividade

No Quadro 7.11 apresentam-se os coeficientes de correlação de Spearman (r) superiores a 0,3 e significativos para $p < 0,05$ entre as variáveis de pressão e os índices seleccionados para o tipo Cursos Principais (passo anterior). Para o tipo Sul obteve-se um menor número de correlações significativas entre os índices e as variáveis de pressão que satisfizessem os requisitos previamente definidos para a análise da responsividade ($r > 0,30$). Os coeficientes de correlação mais elevados foram obtidos entre os índices IBD, IPS, IDG e o pH, sendo sobretudo de realçar as correlações significativas obtidas com os nitratos (correlações negativas) e também com a transparência da água (correlações positivas) que nos indicam que quanto maior a transparência maior a pontuação dos índices e melhor a qualidade ecológica.

Tal como para os outros dois tipos, fomos em seguida construir diagramas de extremos com as pontuações dos 4 índices seleccionados para os grupos das referências *versus* não referências (Figuras 7.22 a 7.25). Observando os gráficos verifica-se a existência de alguma sobreposição em todos os índices não sendo muito evidente a individualização das referências (Figuras 7.22 a 7.25). Num passo seguinte fomos efectuar as regressões lineares e desenhar os respectivos gráficos, para todas as relações (índices/variáveis de pressão) que apresentavam coeficientes de correlação (r) superiores a 0,3, ou seja para a transparência, os nitratos e o pH para os índices IBD, IPS e IDG (Quadro 7.11). Neste relatório, optou-se por apresentar apenas os gráficos relativos aos nitratos por ser uma variável que expressa melhor as pressões humanas na bacia de drenagem.

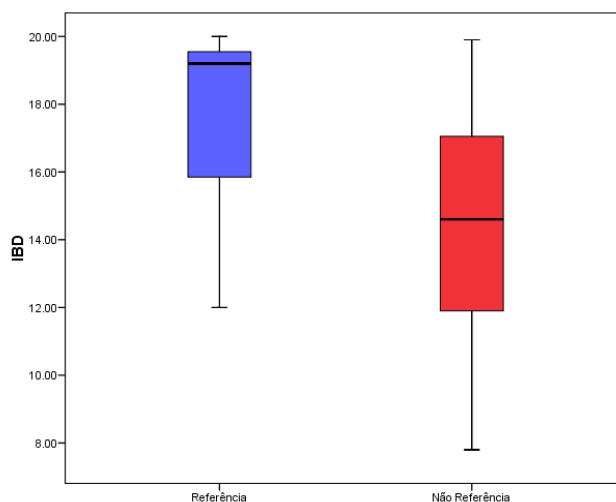


Figura 7.22. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IBD respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul

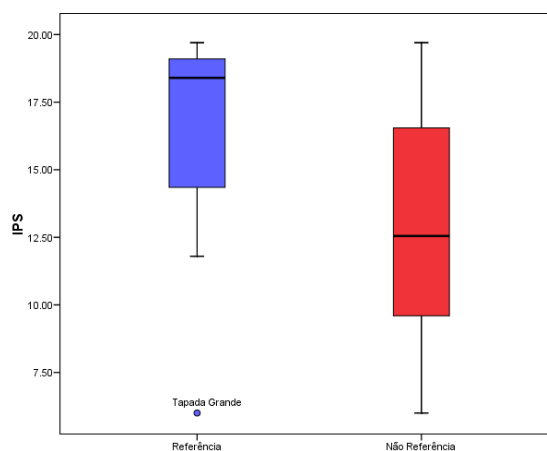


Figura 7.23. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IPS respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul

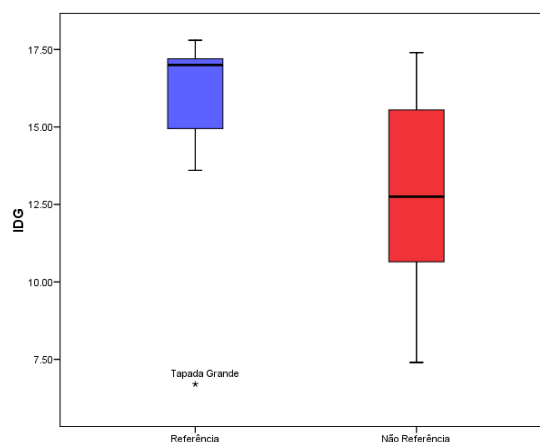


Figura 7.24. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice IDG respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul

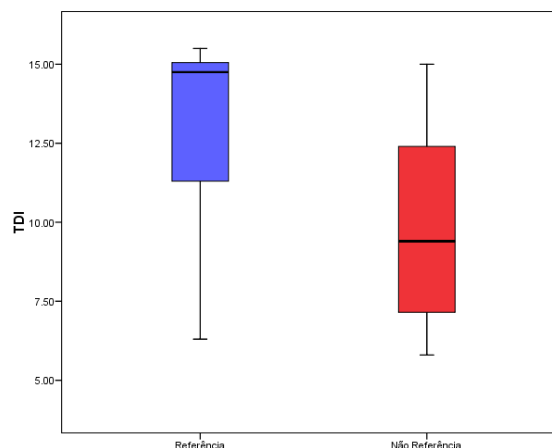


Figura 7.25. Diagramas de extremos para as pontuações obtidas pelo índice TDI respectivamente para as albufeiras de referência e de não referência no tipo Sul

Observando as Figuras 7.26 a 7.29 verifica-se que não existe uma nítida separação das referências, aparecendo estas dispersas pelas diferentes classes de qualidade, embora com maior expressão na classe excelente. Exceptua-se o índice TDI, para o qual nenhum local surge classificado como excelente. Relativamente aos valores de R^2 das regressões apresentadas, estes apresentam valores relativamente baixos, estando compreendidos entre 0,27 e 0,38.

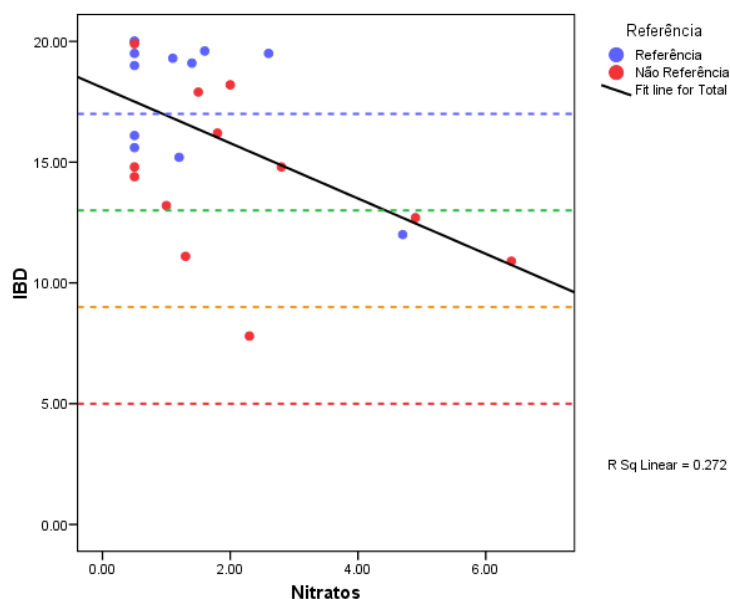


Figura 7.26. Recta de regressão entre o IBD (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

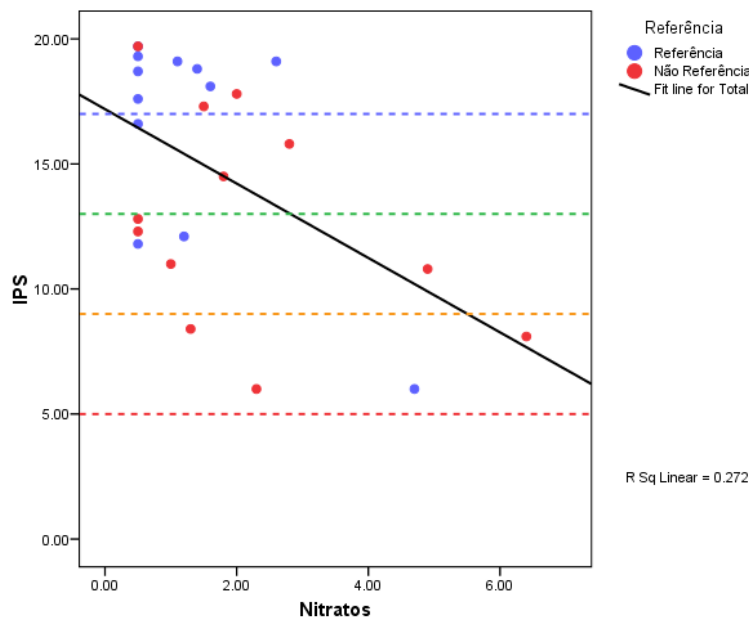


Figura 7.27. Recta de regressão entre o IPS (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

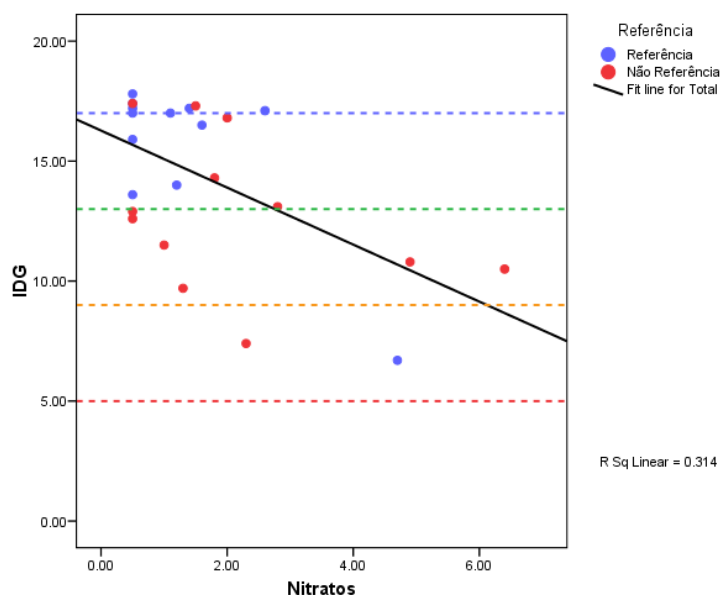


Figura 7.28. Recta de regressão entre o IDG (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

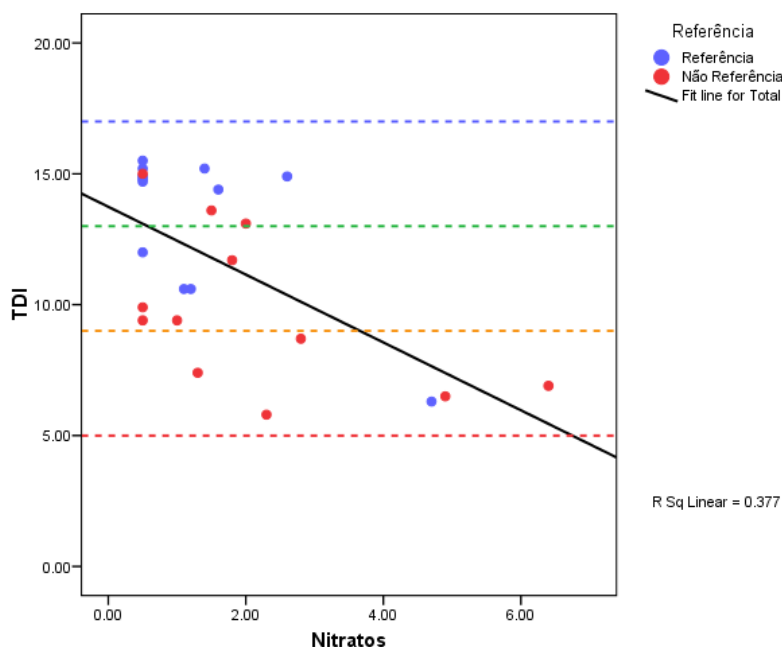


Figura 7.29. Recta de regressão entre o TDI (variável dependente) e os nitratos (variável independente) com indicação dos locais de referência e não referência para o tipo Sul. No gráfico surgem traçadas umas linhas a tracejado com diferentes cores que nos indicam as fronteiras das diferentes classes de qualidade, originárias do índice, nomeadamente de cima para baixo: fronteira Excelente-Bom; fronteira Bom-Razoável; fronteira Razoável-Pobre; fronteira Pobre-Mau. À direita do gráfico aparece-se indicado o valor de R^2 do modelo de regressão.

Caracterização da comunidade de referência

O Tipo Sul caracteriza-se por uma comunidade de referência composta por apenas 2 taxa (94,32% de abundância relativa) em que apenas o taxa *Cyclotella ocellata* Pantocsek poderá ser considerado indicador embora com um contribuição de apenas 9,43%. Os resultados obtidos apontam para a necessidade urgente de se investir no conhecimento taxonómico do grupo *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki, uma vez que representa 84,89% da comunidade de diatomáceas do tipo Sul.

Quadro 7.12. Taxa característicos da comunidade de referência para o tipo Sul; resultado da análise SIMPER. Na segunda coluna indica-se a contribuição relativa dos taxa e na terceira coluna indica-se a contribuição acumulada.

<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	84.89	84.89
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	9.43	94.32

7.4. Discussão

Numa análise global, consideramos que os resultados obtidos para o elemento biológico diatomáceas em albufeiras são bons, tendo-se conseguido atingir os objectivos pretendidos, nomeadamente validação da tipologia abiótica e diferenciação de albufeiras de referência *versus* albufeiras de não referência para dois dos três tipos estudados, nomeadamente Sul e Norte. Refira-se que esta diferenciação foi extremamente bem conseguida para o tipo Norte nomeadamente para os 4 índices seleccionados (IBD, IPS, IDG e TDI) através do processo de tratamento de dados seguido. Estes índices responderam perfeitamente às variáveis de pressão como se pode constatar pelas correlações de Spearman identificadas entre os índices e as variáveis de pressão. Desta forma, com base na comunidade de diatomáceas identificada para as albufeiras de referência foi possível diferenciar os três tipos, ou seja, dizer que a comunidade de referência em cada tipo é diferente.

Complementarmente, para que de uma forma global, independentemente dos tipos, avaliássemos a variação temporal associada aos locais de Referência (sazonalidade natural) fomos identificar padrões temporais na ordenação global. Verificamos que a comunidade de diatomáceas bentónicas não apresentam uma variação sazonal significativamente comprovada; apenas para o tipo Cursos Principais se verificou que a comunidade de Inverno é diferente da comunidade de Verão. Convém referir contudo que este tipo apresenta características específicas próprias, nomeadamente um menor tempo de residência da água nas albufeiras o que lhe confere características híbridas entre um modo de funcionamento

típico de um sistema léntico e lótico. Todavia e ainda relativamente à variação sazonal, verificou-se que em termos de biomassa, expressa em clorofila (mg/m^2), esta é tendencialmente mais elevada na Primavera nos 3 tipos, característica comum aos sistemas aquáticos de clima temperado, com biomassa vegetal mais elevada na Primavera

Após a validação dos tipos pelas diatomáceas, fomos estudar cada tipo individualmente começando por validar a pré-classificação que diferenciava as albufeiras de referência *versus* albufeiras de não referência. Desta forma, verificamos que para o tipo Cursos Principais não se verificava diferenciação entre a comunidade identificada para as albufeiras classificadas como referência relativamente às de não referência (n-MDS e teste ANOSIM). É provável que este resultado esteja relacionado com o funcionamento diferenciado deste tipo de sistemas. A existência de caudal em determinado período do ano parece condicionar fortemente a comunidade. Por outro lado e em termos de qualidade, não nos parece que nenhuma das albufeiras previamente classificadas como referência, seja uma verdadeira referência em termos da comunidade de diatomáceas.

Contrariamente ao tipo Cursos Principais, para os tipos Norte e Sul verificou-se diferenciação entre as albufeiras de Referência e de Não Referência, sendo contudo esta diferenciação mais evidente para o tipo Norte ($R=0,495$ no teste ANOSIM).

Complementarmente para cada local foram testados os 17 índices disponíveis no programa OMNIDIA 5.1 com o objectivo de encontrar para cada tipo os melhores índices que no futuro possam ser considerados na definição de um sistema de classificação. Desta forma, após a aplicação do procedimento adoptado que eliminava todos os índices que no seu cálculo incluíam menos de 75% das espécies presentes foram seleccionados os índices IPS, IBD, IDG e TDI. Estes índices caracterizam-se por:

- **Índice de Poluossensibilidade Específica (IPS)** (Cemagref, 1982) deriva directamente do método de Descy (1979) diferindo, simplesmente na alteração de valores das “sensibilidades específicas” e de “valores indicadores”. Do seu cálculo resultam cinco classes de poluossensibilidade que podem variar de 1 a 5 e todas as espécies são utilizadas. Calcula-se sobre a base das médias ponderadas dos valores de sensibilidade à contaminação (S_j), Valor indicador de contaminação (V_j) e abundância relativa da espécie j :

$$IPS = \frac{\sum A_j \cdot S_j \cdot V_j}{\sum A_j \cdot V_j}$$

- **IDG** (Cemagref, 1982-1990) – foi desenvolvido com o intuito de propor um índice de fácil utilização pelos técnicos das agências de água, baseando-se tal como o IPS nos valores de sensibilidade específica e indicadores. Apresenta cinco classes de qualidade considerando a totalidade das espécies presentes.

- **Índice Biológico de Diatomáceas (IBD)** (Lenoir & Coste, 1996) surgiu com o objectivo de criar um índice prático que pudesse ser usado por técnicos de agências de água francesas. Consiste em agrupar diatomáceas com morfologia semelhante, constituindo taxa associados, num total de 209.

- **Índice Trófico Diatómico (TDI)** (Kelly & Whitton, 1995) baseia-se em cinco classes de sensibilidade ao estado trófico e em 3 classes de confiança. Este índice é bastante utilizado no Reino Unido sobretudo para detectar eutrofização em rios.

Os 4 índices seleccionados respondem às exigências da DQA, uma vez que contemplam tanto a abundância específica como a composição taxonómica e são calculados com base na sensibilidade que os *taxa* apresentam à contaminação orgânica e no valor indicador de resistência à contaminação. A ausência de *taxa* sensíveis à contaminação nos índices seleccionados, afecta o valor obtido, uma vez que os *taxa* mais sensíveis são os que mais pontuam, diminuindo a classificação dos locais, respondendo negativamente ao aumento das pressões. O valor mínimo que estes índices podem apresentar é 0.

O programa OMNIDIA 5.1 utilizado no cálculo dos índices uniformiza os diferentes valores dos índices para um máximo de pontuação 20 e igual fronteira entre as classes de qualidade. Especificamente: a fronteira Excelente/Bom é de 17; a fronteira Bom/Razoável é de 13; a fronteira Razoável/Pobre é de 9; a fronteira Pobre/Mau é de 5.

7.5. Conclusões

- As diatomáceas validaram a tipologia abiótica previamente definida, todavia convém ter presente que os valores de R na análise ANOSIM foram baixos, facto que nos põe em evidencia a necessidade de aumentar o universo de albufeiras de referência em cada tipo para tornar esta validação mais robusta, por um lado, e caracterizar com maior nível de segurança a comunidade de referência de cada tipo.
- Será também importante definir para cada tipo um gradiente de degradação que nos permita seleccionar qual o índice, dentro dos 4 seleccionados, que melhor

estabelece um sistema de classificação para cada tipo, nesse sentido será também necessário aumentar o universo das albufeiras perturbadas, incluindo albufeiras com diferentes níveis de perturbação.

- Relativamente ao tipo Cursos Principais, aconselha-se um estudo mais exaustivo de albufeiras pertencentes a este tipo por forma a compreender melhor o seu modo de funcionamento diferenciado (i.e. Presença de caudal durante parte do ano)

7.6. Bibliografia citada

- AFNOR. 2000. Norme française NF T90-354. Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). Association Française de Normalisation, 64pp.
- AFNOR. 2003. Norme française NF EN 13946. Qualité de l'eau - Guide pour l'échantillonnage en routine et le prétraitement des diatomées benthiques de rivières. Association Française de Normalisation, 18 pp.
- APHA, American Public Health Association. 1999. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 10300 Periphyton. Washington, 20th Edition.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use. *In* Streams and Wadeable Rivers: Peryphyton, Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Cairns, J. 1993. Are single species toxicity tests alone adequate for estimating environmental hazard? *Hydrobiol.* 100: 47–57.
- Cemagref, 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q. E. Lyon. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse-Cemagref. Lyon. France.
- CEN TC230 N68. 2003. Water quality: Guidance for routine sampling of benthic algae in shallow swift running waters.
- Cox, E. J. 1991. What is the basis for using diatoms as monitors of river quality?, *In* Whitton B. A., Rott E. & Friedrich G. (eds), *Use of Algae for Monitoring Rivers*. Proceedings of the 1st European Workshop, Düsseldorf (Alemanha), pp. 33–40
- Dell'Uomo A., A. Pensieri & D. Corradetti. 1999. Diatomées épilithiques du fleuve Esino (Itale centrale) et leur utilisation pour l'évaluation de la qualité biologique de l'eau. *Cryptog Algol* 20: 253–269.

- Dell’Uomo, A. 2004. L’Indice Diatomico di Eutrofizzazione/Polluzione (EPI-D) nel Monitoraggio delle Acque Correnti – Linee guida. Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici, Roma, 101pp.
- Descy, J. P. 1979. A new approach to water quality estimation using diatoms. *Nova Hedwigia* Heft 64: 305–323.
- Descy, J. P. 1983. Les communautés algales de la haute Meuse Belge et la qualité de ses eaux: un bilion à l’ Automne 1981. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* 116: 31–50.
- Descy, J. P. & M. Coste. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 2112–2116.
- Eloranta, P. 1995. Applications of diatom indices in Finish rivers. *In* Prygiel J., Whitton B. A., Bukowska J. (Eds.). *Use of Algae for Monitoring Rivers III*. Agence de l’Eau Artois-Picardie, Douai: 138–144pp.
- Eloranta, P. 1999. Type and quality of rivers waters in central Finland described using diatom indices. *In* Marino, D. & Montresor, M. (Eds.). *Proceedings of the 13th International Diatom Symposium*. Koeltz Scientific Books, Koenigstein: 107–119pp.
- EN 13946. 2003. Water quality: Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms for rivers.
- EN 14407. 2004. Water quality: Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters.
- Gomes, N. & M. Licursim. 2001. The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina. *Aquatic Ecology* 35(2):173-181
- Hurlimann, J. & Niederhauser, P. 2002. Methode d’analyse et d’appréciation des cours d’eau en Suisse : Diatomées niveau R (region) *In* L’environnement pratique-informations concernant da qualité des eaux ; OFEFP, Berna
- INAG, I.P. 2008. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva-Quadro da Água-Protocolo de amostragem e análise para o fitobentos-diatomáceas. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- Kelly, M.B. & B.A. Whitton. 1995. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol.* 7: 433–444.
- Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia Beiheft* 64: 285–304.

- Leclercq, L. & B. Maquet. 1987. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualité d' eau courante. Application au Samson et à ses affluents. Comparaison avec d' autres indices chimiques, biocénotiques et diatomiques. Inst. Roy. Sc. Natur. Belg. Documents de travail 38:113pp.
- Lorenzen, C. J., (1967). Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*. 12:343-346.
- Lobo, E. A., D. L. Tudesque, B. L. Ector. 2004. Water quality assessment of the Pondinho River , RS, Brasil, using epilithic diatom assemblages and faecal coliforms as biological indicators. *Vie et Milieu life and Environment* 54(2-3):115-125
- Prygiel, J. & M. Coste. 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia* 269–270: 343–349.
- Prygiel, J. & M. Coste. 1998. Progress in the use of diatoms for monitoring rivers in France. *In* Prygiel J., B.A. Whitton & J. Bukowska (eds). Use of Algae for monitoring rivers – III Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France. 165–179 pp.
- Prygiel J., M. Coste & J. Bukowska. 1999. A review of the major diatom based techniques for the quality assessment of rivers – State of the art in Europe. *In* Prygiel J., B.A. Whitton & J. Bukowska (eds). Use of Algae for monitoring rivers – III Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France. 165–179pp.
- Prygiel, J. & M. Coste. 2000. Guide Méthodologique por la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées. NF T90-394. Agence de L'eau Artois-Picardie, Cemagref Groupement de Bordeaux.
- Rott E., G. Hoffmann, K. Pall, P. Pfister & E. Pipp. 1997. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil I: Saprobielle Indikation Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Wien, 73 pp.
- Rott E., E. Pipp, P. Pfister, H. Van Dam, K. Ortler, N. Binder & K. Pall. 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil 2: Trophieindikation (sowie geochemische Präferenzen, taxonomische und toxikologische Anmerkungen). – Wasserwirtschaftskataster herausgegeben vom Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Wien, 248 pp.
- Rott E., E. Pipp & P. Pfister. 2003. Diatom methods developed for river quality assessment in Austria and a cross-check against numerical trophic indication methods used in Europe. *Algol. Stud.* 110: 91–115.

- Round, F. E. 1991. Use of diatoms for monitoring rivers. *In* Whitton B. A., Rott E. & Friedrich G. (eds). Use of Algae for Monitoring Rivers. Proceedings of the 1st European Workshop, Düsseldorf (Alemanha), pp. 25–32
- Rumeau, A. & M. Coste. 1988. Initiation à la systématique des diatomées d' eau douce. Bull. Fr. Pêche Piscic. 309:1–69.
- Schiefele S. & C. Schreiner. 1991. Use of diatoms for monitoring nutrient enrichment, acidification and impact of salt in rivers in Germany and Austria. *In* Whitton B.A., Rott E. & Friedrich G. (eds.) Use of algae for monitoring river, Düsseldorf Alemanha, E-Rott – Institut für Botanik Universität Innsbruck. STUDIA 103–110.
- Sladeczek, V. 1973. System of water quality from biological point of view. Archiv für Hydrobiologie Beihefte. Ergebnisse der Limnologie, 7: 1–218.
- Sladeczek, V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. Acta Hydrochim. Hydrobiol. 14(5): 555–566.
- Steinberg, C. & S. SCIEFELE. 1988. Biological indication of trophy and pollution of running waters. Z. Wasse-Abwasse-Forsch, 21:227-234
- Stoermer, E. F. & J.P. Smol. 1999. Applications and uses of diatoms: prologue *In* STOERMER, E. F. & J. P. SMOL (Eds), The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press, UK. 3–8pp.
- Van Dam, H., A. Mertens & J. Sinkeldam. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28 (1): 117–133.
- Watanabe, T., K. Asai & A. Houki. 1986. Numerical estimation to organic pollution of planing water by using epilithic diatom assemblages. Diatom ssemblages Index(DAIpo). Elsevier Sci. Publ. AnsJordan 55:209-218
- Wetzel, R. G., (1993). Future directions in research on controls of eutrofication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 52: 71-78.
- Whitton, B.A., E. Rott & G. Friedrich. 1991. Use of Algae for Monitoring Rivers. Studia Student, Innsbruck.
- Whitton, B.A. & E. Rott. 1996. Use of Algae for Monitoring Rivers II. Proceedings of an International Symposium. Studia Student, Innsbruck.

Bibliografia de identificação

- Aboal M., M. Álvarez-Cobelas, J. Cambra & L. Ector. 2003. Floristic list of the non marine diatoms (Bacillariophyceae) of Iberian Peninsula, Balearic Islands and Canary Islands. *Diatom Monographs* 4: 1–639.
- Krammer K. & H. Lange-Bertalot. 1985. Naviculaceae. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen zu einigen Gattungen. *Bibliotheca Diatomologica* 9: 1–230.
- Krammer K. & H. Lange-Bertalot. 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 2/1: 1–876.
- Krammer K. & H. Lange-Bertalot. 1988. Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds) *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 2/2: 1–596.
- Krammer K. & H. Lange-Bertalot, 1991a. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 2/3: 1–576.
- Krammer K. & H. Lange-Bertalot, 1991b. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1–4. In H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (Eds), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 2/4: 1–437.
- Krammer K. 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* Part. *Bibliotheca Diatomologica* 36: 1–382.
- Krammer K. 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. *Encyonema* Part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis*. *Bibliotheca Diatomologica*. 37: 1–469.
- Krammer K. 2000. The genus *Pinnularia*. *Diatoms of Europe* 1: 1–703.
- Krammer K. 2002. *Cymbella*. *Diatoms of Europe* 3: 1–584.
- Lange-Bertalot H. 2001. *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu lato, *Frustulia*. *Diatoms of Europe* 2: 1–526.



CAPÍTULO VIII – MACRÓFITOS E SUA RESPOSTA À PERTURBAÇÃO

António Albuquerque & Maria Teresa Ferreira

8.1. Introdução

A Directiva-Quadro da Água (DQA) da União Europeia 2000/60/EC apoia-se em elementos biológicos, físico-químicos e hidrogeomorfológicos para fundamentar a classificação das águas superficiais interiores segundo o seu estado de qualidade ecológica.

De acordo com a DQA, a avaliação do máximo potencial ecológico para um elemento biológico, num determinado sistema aquático, exige previamente a caracterização e subsequentemente a classificação, dos elementos ambientais que o compõem. A condição de referência corresponde a atributos biológicos presentes num local com o “mínimo de perturbação” possível dentro de um determinado tipo de massa de água. O estado ecológico ou seja, a expressão da sua qualidade estrutural e funcional, é avaliado pelo desvio dos derivados numéricos de parâmetros/descriptores biológicos em relação às condições de referência. Então, para que um elemento biológico seja utilizado na determinação da qualidade ecológica, é necessário que a) responda à tipologia abiótica, e b) responda à perturbação humana.

Este Capítulo descreve os resultados do elemento biológico macrófitos, para cumprimento dos objectivos propostos no protocolo, nomeadamente e se possível, definir indicadores, métricas ou índices permitindo a avaliação da qualidade ecológica *senso* DQA. Os objectivos específicos deste Capítulo incluem:

- o desenvolvimento de um método de amostragem para o elemento macrófitos, em albufeiras (ao contrário dos sistemas fluviais, não existe tal metodologia para massas de água lacustres e fortemente modificadas);
- o estudo da resposta dos macrófitos à tipologia abiótica antes desenvolvida;
- o estabelecimento das condições de referência para cada tipo de albufeira utilizando o elemento macrófitos;
- a análise da resposta dos indicadores macrofíticos à pressão.

8.2. Metodologia

8.2.1. Amostragem e tratamento do material biológico

Em cada albufeira foram realizados 10 troços de amostragem distribuídos de forma equidistante ao longo do perímetro (P) (ver final do Capítulo II para a terminologia da amostragem). O primeiro ponto foi marcado de forma aleatória, distando os restantes nove pontos entre si um comprimento de $P/10$ (Figura 8.1). Em cada ponto é considerada uma parcela de amostragem rectangular (parcela total), perpendicular às curvas de nível marginais. Esta subdivide-se em três sub-parcelas adjacentes denominadas: sub-parcela litoral, de margem e de zona ripária, por forma a abarcar todos os *habitats* associados à massa de água (Figura 8.2).

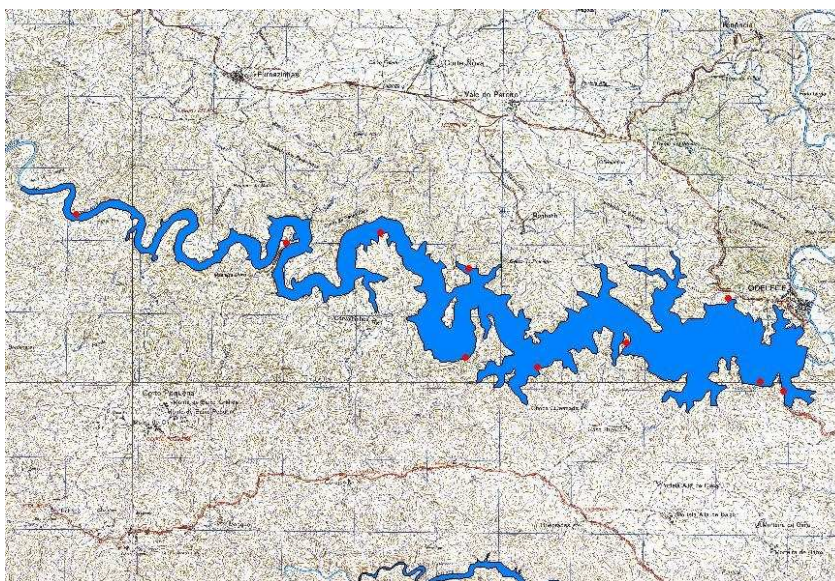


Figura 8.1. Exemplo: troços de amostragem na albufeira de Odeleite

A sub-parcela da zona litoral, estritamente aquática, tem 15 metros de largura por 10 de comprimento, ou seja, desenvolve-se 15 m ao longo da margem penetrando 10 m para o interior da massa de água da albufeira. A sub-parcela da zona de margem tem 15 metros de largura e um comprimento variável segundo o comprimento do talude. Entende-se por talude a faixa de solo compreendida entre a linha de água e o Nível de Pleno Armazenamento (NPA) da albufeira. A sub-parcela da zona ripária, encontra-se ao nível do NPA, com 15 metros de largura, desenvolvendo-se para o meio terrestre ao longo de 15 metros de comprimento. A Figura 8.2 apresenta um diagrama das sub-parcelas, dimensão e linhas de fronteira.

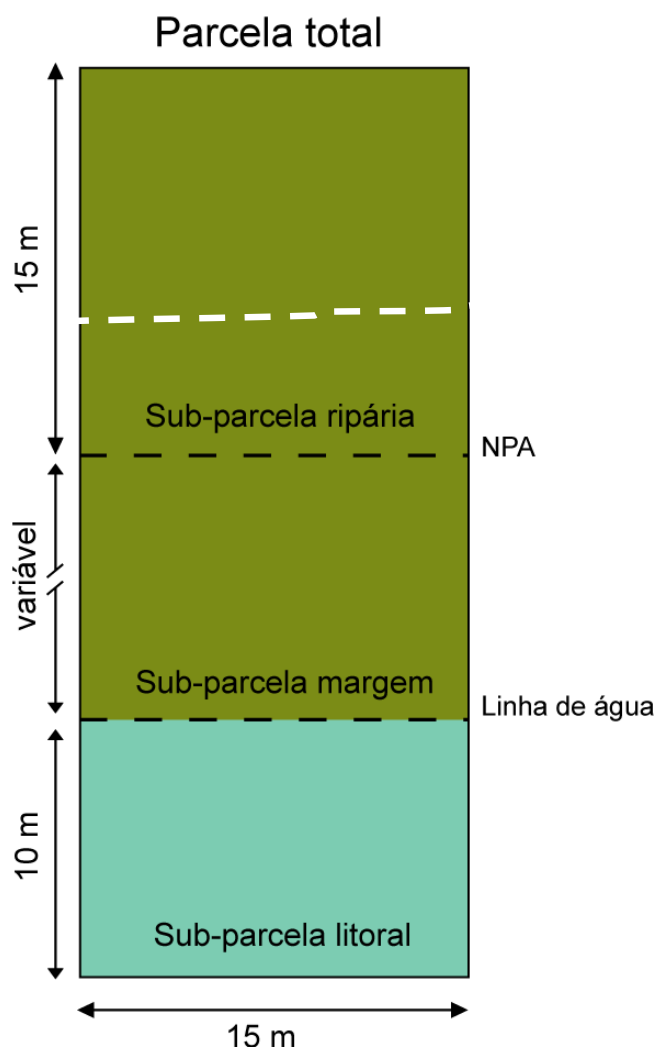
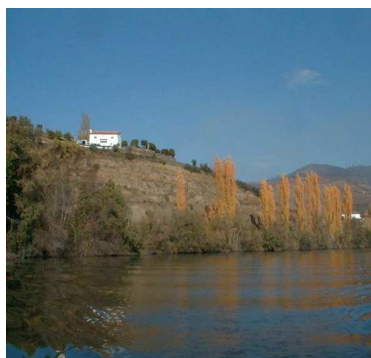


Figura 8.2. Esquematização da parcela total e sub-parcelas litoral, margem e ripária de amostragem. As linhas a tracejado definem as fronteiras entre sub-parcelas.

As campanhas de amostragem realizaram-se durante o período de Julho a Agosto de 2006. Os inventários decorreram no mais curto espaço de tempo possível, para aumentar a comparabilidade dos resultados, e sob condições óptimas de transparência para melhorar o rigor no levantamento das espécies. O inventário foi executado por dois inventariadores experientes.

Cursos Principais



Norte



Sul



Figura 8.3. Exemplos de troços de amostragem nas albufeiras de cursos principais, norte e sul

Em cada troço de amostragem foram realizados quatro inventários, com áreas amostradas correspondentes às da parcela total e sub-parcelas litoral, margem e ripária definidas anteriormente (Figura 8.3). Assim, foi feitos 40 inventários no total, em cada albufeira.

A inventariação iniciou-se com a georeferenciação do local. O tipo de inventário baseou-se na cobertura relativa da espécie no total da área amostrada, expressa em percentagem. No caso dos indivíduos de uma dada espécie se apresentarem dispersos na parcela, a atribuição da cobertura superficial de cada espécie, foi feita imaginando-se os indivíduos de agrupados numa mesma área numa das extremidades da parcela amostrada, de modo a facilitar o cálculo da área percentual coberta pela espécie. Este exercício foi feito no momento de inventário da parcela total e nos inventários realizados sobre as sub-parcelas litoral, margem e ripária.

No que diz respeito às sub-parcelas litoral, áreas totalmente aquáticas com alguma profundidade, a amostragem realizou-se a partir de uma embarcação. Com o auxílio de um ancinho, colheram-se em várias ancinhadas (pelos menos 6) as diferentes espécies existentes, exigindo-se um nível de transparência das águas elevado, no momento da atribuição da cobertura relativa da espécie.

O material para colecções ou confirmação da identificação foi colhido tendo em conta as estruturas que permitem a sua análise e na menor quantidade possível para não perturbar a área amostrada. O material colhido foi convenientemente etiquetado e tiradas fotografias do local de amostragem e de aspectos particulares, focando a vegetação, ou comunidades ou espécies com interesse.

Todas as espécies desconhecidas ou de duvidosa identificação no campo foram trazidas para laboratório. Quanto às espécies conhecidas, foram colhidos exemplares-tipo de cada uma para verificação posterior. Quando não foi possível voltar para o laboratório de imediato, usou-se uma prensa de campo para conservação.

Após prensagem e secagem do material florístico vascular colhido, os exemplares foram separados por famílias para identificação no Herbário João de Carvalho e Vasconcellos, do Instituto Superior de Agronomia (LISI). Este herbário conta com mais de 96 500 espécimens arquivados de todo o país, o que permitiu a comparação do material desta campanha com exemplares herborizados, após a identificação por intermédio de Floras, chaves dicotómicas e de outro material de consulta. Recorreu-se aos trabalhos de Tutin *et al.* (1964, 1980), Talavera *et al.* (1999), Franco (1971, 1984), Franco e Rocha Afonso (1994, 1998, 2003), Castroviejo *et al.* (1986, 1990, 1993a, 1993b, 1997a, 1997b), Aedo *et al.* (2000), Muñoz-Garmendia e Navarro (1998), Nieto Feliner *et al.* (2003), Paiva *et al.* (2002), Luceño (1994) e Pizarro (1995).

Todas as espécies inventariadas em cada local de amostragem (parcela total e sub-parcelas litoral, margem e ripária), foram introduzidos em folhas de cálculo Excel sob a forma de uma matriz de abundâncias (espécies vs. sub-parcela/local). Foram também preenchidas colunas relativas ao grupo ecológico, identificação das espécies segundo a família, guildas hídricas, origem, entre outras informações relevantes.

8.2.2. Tratamento de dados

Utilizaram-se métodos de análise multivariada exploratórios para a análise tipológica, com recurso ao programa PRIMER v5.2.9 (PRIMER-E, 2001). A análise multidimensional não-paramétrica (n-MDS) permitiu visualizar a associação relativa entre locais de amostragem de acordo com as respectivas comunidades macrofíticas. O nível de ajustamento dos grupos é medido pelo stress. Assim, valores de stress inferiores a 0,05 representam um ajustamento perfeito entre as distâncias reais e as distâncias nos eixos. Valores de stress superiores a 0,20 são críticos, devendo ser usada alguma cautela na interpretação dos resultados, enquanto que valores superiores a 0,30 não são de todo interpretáveis (Clarke 1993).

A fim de verificar estatisticamente a significância de diferenças entre grupos visualizados na NMS, foi efectuada uma análise de similaridade (ANOSIM) entre grupos. Semelhante a uma análise de variância, mas de cariz não-paramétrico, esta análise testa a veracidade da hipótese nula de não haver diferenças entre grupos. Foram exploradas as diferentes comparações entre pares de grupos, de acordo com o respectivo valor de R associado. Esta análise foi realizada com base nos elencos florísticos de cada albufeira, tendo resultado um quadro da ANOSIM com os resultados finais entre os três tipos de albufeiras, assinalando os que são significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Utilizou-se a rotina SIMPER (Clarke e Warwick, 2001) para identificar a contribuição de cada espécie nas diferenças observadas entre os tipos de albufeiras. Esta rotina é usada para averiguar quais as espécies que mais contribuem para as diferenças observadas entre grupos, utilizando a abundância das espécies, aplicada através da matriz de similaridade de Bray-Curtis previamente calculada.

A resposta da vegetação à tipologia abiótica foi também avaliada através da análise de várias métricas concebidas a partir de atributos da comunidade florística. A análise das diferenças entre os valores médios das métricas para cada tipo abiótico foi realizada com recurso à análise de variância (ANOVA). Da lista inicial de métricas potenciais foram seleccionadas aquelas que apresentaram diferenças significativas entre tipos de albufeiras ($p < 0.05$).

Com o objectivo de aproximação à normalidade dos dados e igualdade de variâncias, bem como de moderar a influência de valores extremos, os dados referentes à abundância relativa de macrófitos foram transformados, tendo-se utilizado a dupla raiz quadrada.

Por fim foi ainda avaliada, para cada tipo abiótico, a resposta da comunidade de macrófitos ao crescente de perturbação no meio. Sobre as métricas da comunidade florística seleccionadas anteriormente, efectuou-se uma análise multidimensional não-paramétrica (n-MDS), e permitiu-nos visualizar a associação relativa entre as albufeiras menos perturbadas e as mais perturbadas. A significância das diferenças entre os grupos visualizados na n-MDS, foi efectuada através de uma análise de similaridade (ANOSIM). Com esta análise pretendeu-se testar a veracidade da hipótese nula de não haver diferenças entre o grupo das albufeiras menos perturbadas e o grupo das mais perturbadas. Foram exploradas as diferentes comparações entre albufeiras menos perturbadas e as mais perturbadas dentro de cada Tipo, de acordo com o respectivo valor de *R* associado.

Utilizou-se ainda a rotina SIMPER do programa PRIMER (Clarke e Warwick, 2001) para identificar as métricas que melhor responderam, dentro de cada tipo abiótico, ao aumento de perturbação.

8.3. Resultados

8.3.1. Aspectos gerais

Foram recenseadas 228 espécies de macrófitos em 180 locais de amostragem, nas parcelas totais (coalescência das sub-parcelas litoral, margem e ripária). Constatou-se que a guilda hídrica geralmente dominante é a terrestre, assumindo para as diferentes comunidades estudadas valores próximos dos 50%. Num segundo plano mas ainda com representatividade, surgem as espécies ecologicamente dependentes da existência de água, nomeadamente os higrófitos com 44% nas espécies nas comunidades do Tipo Norte, 38% no Sul e 32% nos Cursos Principais, os helófitos com valores próximo dos 10% em todos os Tipos e por fim os hidrófitos com 4% nas albufeiras do Sul, 3% nos Cursos Principais, constatando-se a sua ausência nas comunidades das albufeiras do Tipo Norte.

Em termos de ciclo de vida, podemos ainda dizer que as comunidades da tipologia Norte e Cursos Principais se encontram dominadas por espécies perenes, enquanto no Tipo Sul são as espécies vivazes e anuais que assumem maior representatividade. A percentagem de espécies exóticas é baixa, um pouco superior nos Cursos Principais (Figura 8.4).

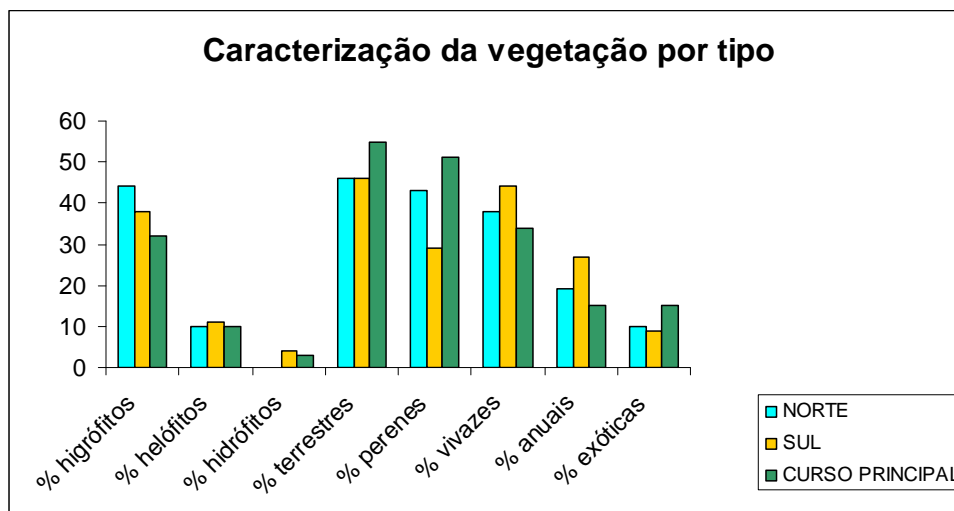


Figura 8.4. Caracterização ecológica da vegetação nos três tipos de albufeiras

8.3.2. Resposta à tipologia abiótica

As análises estatísticas foram realizadas a partir dos elencos florísticos das parcelas totais e sub-parcelas litorais, de margem e ripárias, procurando-se a área de amostragem que permitia uma melhor definição tipológica. Ao matrizes florísticas das sub-parcelas litoral, margem e ripária apresentaram uma menor capacidade de distinção entre Tipos do que a matriz do inventário total, sobretudo devido ao elevado número de sub-parcelas litoral e de margem sem espécies (com apenas substrato nu), pelo que todos os tratamentos estatísticos subsequentes utilizaram os inventários obtidos nas parcelas totais.

A Figura 8.5 apresenta os resultados gráficos da n-MDS realizada a partir dos inventários da parcela total, agregando todas as parcelas para cada albufeira, com sobreposição da tipologia abiótica. A flora da parcela total revelou uma boa diferenciação tipológica espacial associada a um baixo *stress*, apesar de alguma sobreposição entre Tipos, sobretudo entre as albufeiras do tipo Norte e as do tipo Sul, considerando todas as albufeiras.

Os resultados da Análise de Similaridade (ANOSIM) aplicada aos grupos florísticos e à tipologia abiótica apresentam-se no Quadro 8.1. As comunidades florísticas dos três Tipos de

albufeiras são relativamente distintas entre si, com uma separação grande dos cursos principais dos outros tipos, e maiores dissimilaridades encontram-se entre os pares Cursos Principais-Sul e Cursos Principais-Norte. Quer a desagregação em troços de amostragem por albufeira quer a utilização apenas das albufeiras de referência, apresentaram resultados semelhantes.

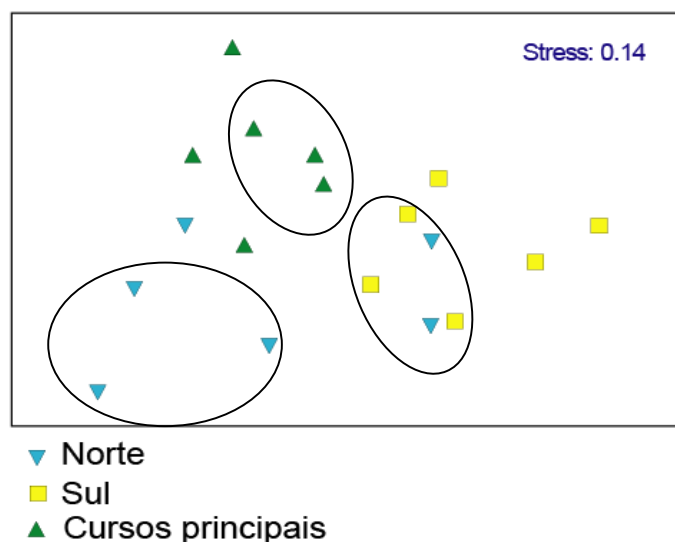


Figura 8.5. n-MDS dos inventários de flora (agregação das parcelas totais para cada albufeira) com sobreposição da tipologia abiótica. Nos círculos: albufeiras de referência de cada tipo.

Quadro 8.1. Valores de R obtidos na análise de similaridade florísticas considerando a tipologia abiótica e utilizando todas as espécies recensadas nas parcelas totais, média para cada albufeira. * $p < 0.05$

Grupos florísticos	R	p-value
Cursos principais vs Norte	0.427	0.04**
Cursos principais vs Sul	0.696	0.02**
Norte vs Sul	0.347	0.026*

A contribuição das espécies na diferenciação/aproximação dos Tipos foi analisada através da rotina SIMPER, e.g. percentagem de dissimilaridade média entre Tipos e contribuição das espécies para a distinção destes. Os resultados desta análise permitiram confirmar globalmente a importância das árvores higrófitas na definição dos Tipos (e.g. amieiro, *Alnus glutinosa*, freixo, *Fraxinus angustifolia*, borrazeira-preta *Salix atrocinerea*), bem como de determinadas espécies

ou grupos de espécies como a grama, *Cynodon dactylon*, o graminhão, *Paspalum distichum*, o poejo, *Mentha pulegium*, *Scirpoides holoschoenus*, a mata-pulga, *Pulicaria paludosa* e a tãdegã, *Dittrichia viscosa* no Tipo Sul ou a erva fina, *Agrostis stolonifera*, milhã-digítada, *Digitaria sanguinalis*, o *Carex elata* ssp. *reuteriana*, sanguinho-da-água, *Frangula alnus*, o medronheiro, *Arbutus unedo* e a urze-branca, *Erica arborea* no Tipo Norte, ou ainda as espécies associadas ao Tipo Curso Principal como a salgueirinha, *Lythrum salicaria*, a avoadinha-peluda, *Conyza bonariensis*, a erva-rapa, *Bidens frondosa* e o *Ceratophyllum demersum*.

Tabela 8.2. Percentagem de similaridade média intra-tipos, e espécies com maior contribuição para a distinção dos Tipos (inclui as espécies com contribuição superior a 0.75 para a similaridade média do Tipo). * espécie exótica. A verde: espécies ribeirinhas lenhosas, a azul: espécies aquáticas

	Sul	Curso principal
Norte		
Similaridade média (39.71)	Similaridade média (37.45)	Similaridade média (35.09)
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Lythrum salicaria</i>
<i>Salix atrocinerea</i>	<i>Mentha pulegium</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>
<i>Rubus ulmifolius</i>	<i>Juncus effusus</i>	<i>Conyza bonariensis</i>
<i>Pteridium aquilinum</i>	<i>Scirpoides holoschoenus</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Pulicaria paludosa</i>	<i>Cyperus eragrostis</i> *
<i>Frangula alnus</i>	<i>Paspalum distichum</i> *	<i>Dittrichia viscosa</i>
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Pseudognaphalium luteo-album</i>	<i>Salix atrocinerea</i>
<i>Cytisus striatus</i>	<i>Dittrichia viscosa</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>
<i>Conyza bonariensis</i>	<i>Briza maxima</i>	<i>Bidens frondosa</i> *
<i>Rumex crispus</i>	<i>Spergularia purpurea</i>	<i>Osyris alba</i>
<i>Erica arborea</i>		<i>Quercus rotundifolia</i>
<i>Carex elata</i> ssp. <i>reuteriana</i>		<i>Alnus glutinosa</i>

O Quadro 8.2 apresenta as espécies cuja contribuição relativa para a similaridade média do Tipo é superior a 0.75 e a similaridade média entre locais de cada Tipo. A coesão dos Tipos coloca, por ordem decrescente, Norte, Sul e Cursos Principais. Neste último, a espécie com maior contribuição relativa é o *Lythrum salicaria*, seguido da avoadinha-peluda, da silva, *Rubus ulmifolius*, do freixo, amieiro e espécies do género *Salix*. O Tipo Sul tem como principais indicadoras o poejo e junco, *Juncus effusus*, seguidas de outras espécies, dos quais se destacam *Scirpoides holoschoenus*, a mata-pulga, a perpétua-silvestre, *Pseudognaphalium luteo-album*, a bole-bole, *Briza máxima*, erva fina, a esteva, *Cistus ladanifer* e a borrazeira-branca, *Salix salvifolia*. Relativamente ao Tipo Norte, destaca-se a borrazeira-preta, seguida das espécies arbustivas sanguinho-da-água, urze-branca, giesteira-das-serras, *Cytisus striatus* e medronheiro, e

das herbáceas *Carex elata* ssp. *reuteriana*, erva fina, milhã-digitada e *Molinia caerulea*. É interessante notar que as espécies arbóreas jogam um papel importante na distinção dos tipos, mas não as aquáticas estritas.

O estudo da estrutura florística encontrada foi realizado com base em atributos, indicadores ou métricas comunitários, que serão igualmente utilizados na procura de respostas à perturbação. Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) seguida de testes *post hoc* de Tukey para identificar diferenças nas potenciais métricas explicativas para cada tipo abiótico. Da lista inicial de métricas, foram retidas aquelas que apresentaram diferenças significativas entre pares de Tipos de albufeiras ($p < 0.01$) (Quadro 8.3), tendo sido descartadas da lista original a cobertura de espécies arbustivas e a cobertura de espécies higrófitas. Os valores das métricas e respectiva amplitude encontram-se na Figura 8.6.

Quadro 8.3. Métricas florísticas que discriminam os diferentes Tipos de albufeiras

Métricas	Norte vs Curso principal	Norte vs Sul	Sul vs Curso principal
** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$			
Número total de espécies	**	**	***
% espécies árvores higrófitas		**	***
% espécies árvores terrestres			***
Cobertura de árvores	***	**	***
Cobertura de vivazes		**	***
Cobertura de anuais	**	**	
Cobertura de hidrófitos	***	**	**
Cobertura de helófitos		**	
Cobertura de terrestres			**
% de espécies exóticas		***	
% de espécies helófitos	**		
% de espécies hidrófitos	***	**	**
% de espécies higrófitos	***	***	
% de espécies terrestres	**		
Índice de Simpson	**	***	**
Índice de Shannon		***	***

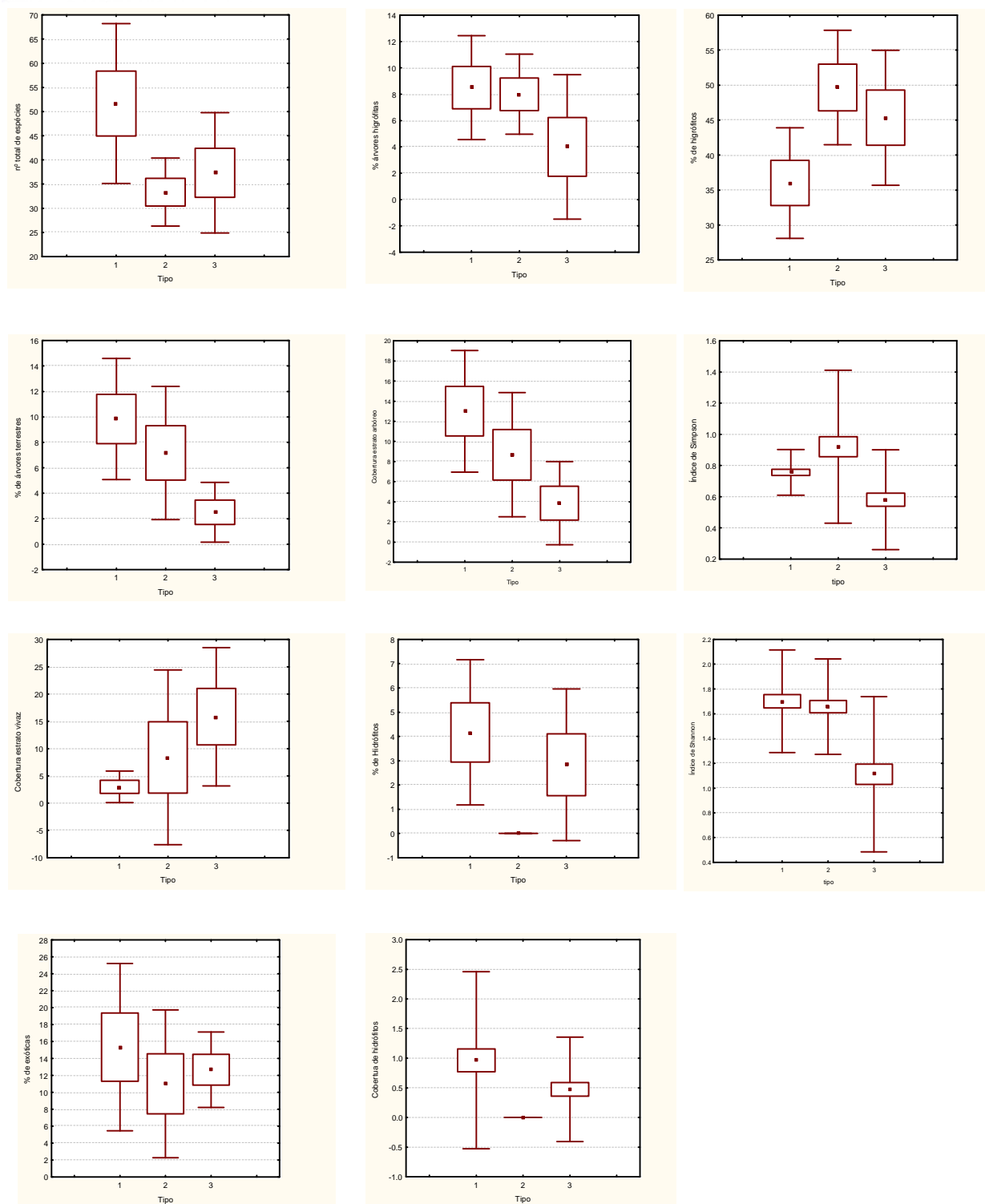


Figura 8.6. Valores médios, amplitude e erro-padrão das métricas que apresentaram diferenças significativas entre Tipos de albufeiras ($p < 0.001$). 1- Cursos Principais, 2- Norte, 3-Sul

Tendo em conta o resultado da ANOVA, o número total de espécies, a % de árvores higrófitas, a % de árvores terrestres, a cobertura de árvores, a cobertura de vivazes, a cobertura de hidrófitos, a % de exóticas, a % de hidrófitos, a % de higrófitos, o índice de Simpson e o índice de Shannon, revelaram-se como as métricas mais interessantes na discriminação dos Tipos de albufeiras (Figura 8.6). Sublinham-se as diferenças:

- entre o Tipo Curso Principal (1) e o Tipo Sul (3), principalmente pela diversidade de espécies: percentagem de árvores higrófitas com 60 (1) *versus* 17 (3), percentagem de árvores terrestres com 37(1) *versus* 14(3), riqueza de espécies com 15(1) *versus* 10(3) e índice de Shannon 1.7(1) *versus* 1.1(3). O Tipo 1 ainda se destaca relativamente ao tipo 3 pela maior cobertura de árvores e pela reduzida cobertura de vivazes;

- entre o Tipo Curso principal (1) e o Tipo Norte (2) pela cobertura de árvores na zona ripária, maior no Tipo Curso principal com 17% que no Tipo Norte com 9%. O Tipo 1 apresenta ainda, relativamente ao Tipo 2, maior cobertura e riqueza em hidrófitos (ver Figura 7), e uma menor diversidade de espécies com carácter higrófito 39(1) *versus* 60(2);

- entre o Tipo Norte (2) e o Tipo Sul (3) principalmente pela maior diversidade em espécies no Tipo Norte: Índice de Simpson 0.92 (2) *versus* 0.58 (3), Índice de Shannon 1.6 (2) *versus* 1.1 (3), ressaltando-se a riqueza em espécies higrófitas 60 (2) *versus* 45 (3).

A distinção entre os diferentes Tipos através dos atributos da comunidade aparentemente reflecte o uso da água na albufeira e as condições climatéricas dominantes. Assim, os Cursos Principais disponibilizam condições hídricas quase sempre ao nível do pleno armazenamento, com poucas variações de nível da água. Tal característica permite o estabelecimento de uma galeria ribeirinha permanente e com uma maior cobertura arbórea do que nos outros Tipos. A menor representatividade das espécies anuais e vivazes resulta da competição habitacional com as espécies arbóreas numa faixa de colonização estreita e limitada pelo rápido aumento marginal da profundidade.

Os Tipos Norte e Sul apresentam-se algo similares ao nível dos atributos estudados, provavelmente devido à utilização de ambos como albufeiras de armazenamento. O enchimento/subida de nível da água da albufeira ocorre em geral durante o período de Outono/Inverno sendo a água usada no decorrer na Primavera/Verão. Este regime de uso promove a expansão do habitat de talude, inexistente ou incipiente nos Cursos Principais.

Dependendo da localização geográfica/clima, a colonização do talude assim como da zona ripária é realizada predominantemente por espécies anuais e vivazes (Tipo Sul) ou perenes e higrófitas (Tipo Norte), ambas muito condicionadas pela existência de solo a colonizar (uma grande parte da área marginal é esquelética e erodida) e pela disponibilidade hídrica (associada às flutuações de nível). No Tipo Sul estas variáveis assumem valores extremos nas albufeiras com taludes mais declivosos e erodidos, limitando ou impedindo o estabelecimento da vegetação.

8.3.3. Resposta à degradação

Constatou-se que a vegetação responde à tipologia abiótica, quer em termos de composição, quer em termos de métricas concebidas a partir de atributos da comunidade florística. Contudo, a composição florística indicou uma separação incipiente entre as albufeiras de referência e as de não referência (Figura 8.5). Na presente análise, para avaliar a resposta dos macrófitos ao crescente de perturbação no meio, utilizaram-se as métricas da comunidade florística com diferenças significativas entre Tipos de albufeiras e uma análise multidimensional não-paramétrica (n-MDS) para visualizar a associação relativa entre locais menos perturbados (r) e os mais perturbados (nr). Este tratamento de dados foi realizado independentemente por Tipo, e agregando os inventários dos 10 troços de cada albufeira (Figura 8.7).

As ordenações apresentaram um *stress* baixo, indiciando uma boa estrutura espacial dos resultados. As métricas revelaram uma diferenciação muito baixa entre os grupos r e nr para os Tipos Norte e Sul, e total incapacidade de separação para os Cursos Principais. Testou-se a hipótese nula de não haver diferenças entre o grupo de albufeiras menos perturbadas e o grupo das mais perturbadas através de uma análise de similaridade (ANOSIM) entre grupos (Quadro 8.4).

Quadro 8.4. Valores de R obtidos na análise de similaridade florística considerando a tipologia abiótica e utilizando todas as espécies recenseadas nas parcelas totais * $p < 0.05$

<i>Tipo</i>	R	<i>p</i>-value
Norte	0.24	0.01*
Sul	0.24	0.01*
Cursos Principais	0.036	0.062

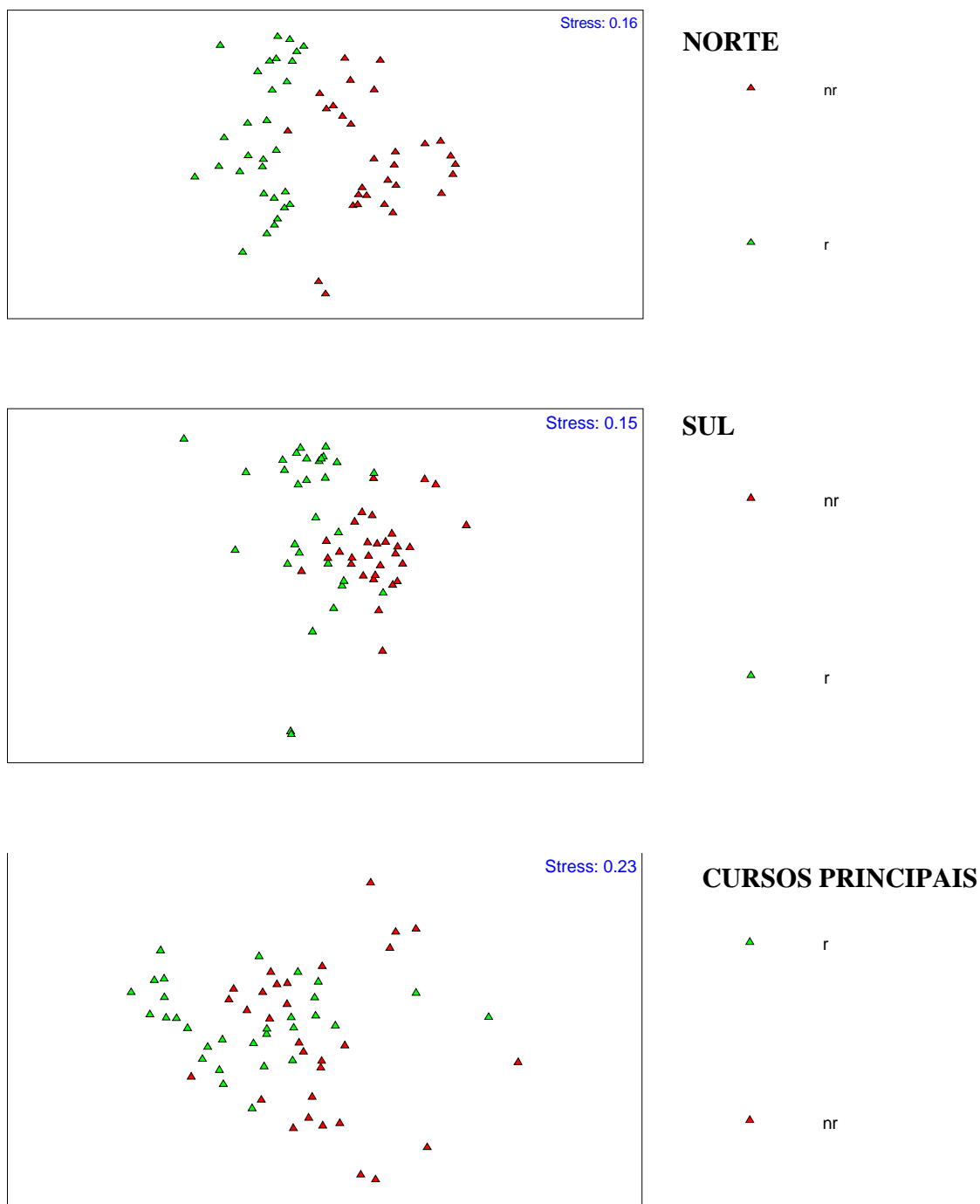


Figura 8.7. Disposição no espaço n-MDS dos locais menos perturbados (r) e os mais perturbados (nr) para os três Tipos abióticos de albufeiras.

As comunidades de macrófitos de referência das albufeiras do Tipo Norte e do Tipo Sul apresentaram diferenças significativas, mas o valor de R é demasiado baixo (0.24) para a diferenciação. No que diz respeito ao Tipo Curso Principal as comunidades estudadas não apresentaram sequer diferenças significativas. Um resultado semelhante para a separação referências-não referências foi obtido com a composição florística.

O Quadro 8.5 apresenta as principais métricas que contribuem para a dissemelhança entre os locais de referência e não referência, com base na rotina SIMPER, ou seja, a percentagem de dissimilaridade média e a contribuição de um determinado atributo para a distinção da existência de degradação. São apresentadas as métricas cuja percentagem de contribuição relativa para a dissemelhança entre os grupos soma 50%.

Os resultados desta análise permitiram confirmar a importância das árvores ripárias, cobertura total de árvores, cobertura de vivazes, cobertura de anuais, % de higrófitos e % de exóticas no Tipo Norte; o n.º total de espécies, % de exóticas, cobertura de vivazes, cobertura de anuais, % de higrófitos no Tipo Sul; e o n.º total de espécies, % de exóticas, cobertura de vivazes, cobertura de anuais, % de higrófitos, % de terrestres e cobertura de árvores higrófitas no Tipo Curso Principal.

Quadro 8.5. Percentagem de similaridade média intra-grupos de albufeiras referência (R) e não referência (NR), e métricas com maior contribuição para a sua distinção entre (inclui as métricas com contribuição superior a 50% para a dissemelhança entre os grupos).

	Norte	Sul	Curso principal
	Similaridade média R(81.45) NR (85.77)	Similaridade média R(76.90) NR (80.40)	Similaridade média R(82.95) NR (85.26)
Métricas	% de contribuição para a dissemelhança entre Referencia e não Referência		
Percentagem de exóticas	16.21	18.14	19.92
Percentagem de árvores higrófitas	24.84	17.34	21.58
Cobertura de árvores	17.57	-	-
Cobertura de vivazes	-	18.36	-
Cobertura de hidrófitos	-	-	11.26

Em termos de similaridade média intra-grupos, referência e não referência, os valores não apresentam grande disparidade (75-85%) para todos os tipos de albufeiras estudados, muito embora os grupos mais coesos sejam os de não referência. De salientar algumas métricas que são boas indicadoras de degradação para um tipo de albufeira em particular, como a cobertura de árvores no Tipo Norte, a cobertura de vivazes no Tipo Sul e a cobertura de hidrófitos nos cursos principais, nomeadamente flutuantes.

Entre as métricas estudadas, destaca-se a importância da percentagem de exóticas e percentagem de árvores higrófitas na distinção entre locais mais e menos perturbados para todos os Tipos de albufeiras. Tal significa que albufeiras com maior nível de degradação apresentam uma maior riqueza em espécies exóticas e uma menor riqueza em espécies arbóreas associadas a ambientes ribeirinhos.

8.4. Conclusões

- A metodologia de amostragem desenvolvida revelou-se adequada na caracterização interpretação dos diferentes microhabitats existentes - áreas litoral, de margem e ripária, e capaz de descrever a composição e estrutura florísticas existentes nas albufeiras;
- O número de inventários necessário para a amostragem é grande, dada a heterogeneidade destes ecossistemas; no presente caso, foram realizados 10 troços de amostragem por albufeira, 40 inventários totais, ou seja, 720 inventários no total;
- A composição e estrutura florísticas das albufeiras são melhor descritas quando se integram os inventários parciais das sub-parcelas num inventário total, porque muitas sub-parcelas de inventário não têm vegetação;
- A composição florística distingue os tipos abióticos propostos, com uma dissemelhança grande e estatisticamente robusta para os Cursos Principais vs. os tipos Norte e Sul. Também muitas características estruturais são significativamente diferentes entre tipos;
- O Tipo Cursos Principais apresenta maior riqueza e diversidade florísticas, maior cobertura de lenhosas ripárias (presença de galeria ribeirinha) e reduzida cobertura de espécies vivazes e anuais; o Tipo Norte apresenta cobertura e riqueza reduzidas de hidrófitos e uma maior riqueza de espécies perenes e de carácter higrófito; o Tipo Sul é

o mais pobre em vegetação, e caracterizado por uma maior cobertura e riqueza de helófitos (por comparação com os outros dois), e de espécies anuais e vivazes;

- A capacidade de distinção entre albufeiras menos e mais perturbadas é modesta, quer utilizando a composição, quer utilizando a estrutura florística, e inexistente para os Cursos Principais; algumas métricas, porém, revelaram uma boa diferenciação entre albufeiras menos e mais perturbadas, nomeadamente a diminuição da cobertura de árvores no Tipo Norte, a cobertura de vivazes no Tipo Sul e a cobertura de hidrófitos nos cursos principais.
- Os resultados permitem traçar o perfil florístico dos três tipos de albufeiras (descrição nas páginas 218 e 221), importante em acções de restauro ecológico, mas não permitem recomendar o elemento macrófitos para a monitorização da qualidade ecológica, pelo menos no actual estado dos conhecimentos.

8.5. Bibliografia

- Aedo, C., Castroviejo, S.; Herrero, A.; Romero Zarco, C. Salgueiro, F.J. & Velayos, M. (eds.) 2000. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol VII(II) *Leguminosae (partim)*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.
- Castroviejo, S., Laínz, M., López González, G., Monserrat, P., Muñoz Garmedia, F., Paiva, J. & Villar, L. (eds.) 1986. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol I, *Lycopodiaceae-Papaveraceae*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.
- Castroviejo, S., Laínz, M., López González, G., Monserrat, P., Muñoz Garmedia, F., Paiva, J. & Villar, L. (eds.) 1990. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol II, *Platanaceae-Plumbagianaceae (partim)*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.
- Castroviejo, S., Aedo, C., Cirujano, S., Laínz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz-Garmendia, F., Navarro, C., Paiva, J. and Soriano, C., 1993a. Flora Iberica: Plantas Vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III. *Platanaceae - Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae*, Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, Spain.

- Castroviejo, S., Aedo, C., Gómez Campo, C., Laínz, M.; Monserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmedia, F., Nieto Feliner, G., Rico, E., Talavera, S. & Villar, L. (eds.) 1993b. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol IV, *Cruciferae-Monotropaceae*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.
- Castroviejo, S.; Aedo, C., Laínz, M.; Morales, R., Muñoz Garmedia, F., Nieto Feliner, G. & Paiva, J. (eds.) 1997b. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol V, *Ebenaceae-Saxifragaceae*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.
- Castroviejo, S., Aedo, C., Benedí, C., Laínz, M.; Muñoz Garmedia, F., Nieto Feliner, G. Paiva, J. (eds.) 1997a. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol VIII, *Haloragaceae-Euphorbiaceae*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.
- Clarke, K.R. (1993): Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001): Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edn. Plymouth, UK: Primer-E.
- Ferreira, M. T., Albuquerque, A., Aguiar, F.C., Catarino, L. 2001. Seasonal and yearly variations of macrophytes in a Southern Iberian River. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 3833-3837.
- Franco, J.A., Rocha-Afonso M.L., 1994. Nova Flora de Portugal (Continente e Açores). *Alismataceae-Iridaceae*; Vol III Fasciculo I. Escolar Editora, Lisboa.
- Franco, J.A., Rocha-Afonso M.L., 1998;. Nova Flora de Portugal (Continente e Açores). *Gramineae* Vol III Fasciculo II. Escolar Editora, Lisboa.
- Franco, J.A. (Ed.) 1971. Nova Flora de Portugal (Continente e Açores). Vol I. *Lycopodiaceae-Umbelliferae. Clethraceae-Compositae*. Author Edition, Lisboa.
- Franco, J.A. (Ed.) 1984. Nova Flora de Portugal (Continente e Açores). Vol II. *Clethraceae-Compositae*. Author Edition, Lisboa.
- Franco, J. A. & Rocha Afonso, M.L. 2003. Nova Flora de Portugal Vol III Fasciculo III. *Juncaceae-Orchidaceae*. Escolar Editora. Lisboa
- Luceño, M. 1994. Monografía del género *Carex* en la Península Ibérica e Islas Baleares. *Ruizia* 14: 1-140. Monografías del Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid
- Muñoz-Garmendia, F & Navarro, C. (eds.) 1998. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol VI, *Rosaceae*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.

- Naiman, R.J., Décamps, H. e Pollock, M. (1993) The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*., 3: 209-212.
- Naiman, R.J. & Décamps, H. (1997) The ecology of interfaces : Riparian zones. *Annu. ver. Ecol. Syst.*, 28: 621-658.
- Nieto Feliner, G.; Jury, S.L. & Herrero (eds.) 2003. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol X, *Araliaceae-Umbelliferae*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain
- Paiva, J.; Sales, F.; Hedge, I.C.; Aedo, C.; Aldasoro, J.J.; Castroviejo, S.; Herrero, A. & Velayos (eds.) 2002. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol XIV, *Myoporaceae-Campanulaceae*. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain.
- Pizarro, J. (1995). Contribución al estudio taxonómico de *Ranunculus* L. subgen. *Batrachium* (DC.) A. Gray (*Ranunculaceae*). *Lazaroa* 15: 21-113
- Primer-E Ltd. (2001): Primer for Windows, Version 5.2.9. Plymouth, United Kingdom.
- Talavera, S.; Aedo, C.; Castroviejo, S; Romero Zarco, C.; Saez, L.; Salgueiro, F.J. & Velayos, M. (eds.) 1999. Flora Iberica, Plantas vasculares de la Península Iberica e Islas Baleares, Vol VII(I) *Leguminosae (partim), Ebenaceae-Saxifragaceae*, Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain
- Tutin, T.C., Heywood, V.H., Burges, N.A., Valentine, D.H., Walters, S.M., & Webb, D.A., 1964. Flora Europaea. *Lycopodiaceae to Platanaceae*, 1. Cambridge University Press. Cambridge, 585 pp.
- Tutin, T.C., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. 1980. Flora Europaea. *Alismataceae to Orchidaceae (Monocotyledonae)*, 5. Cambridge University Press. Cambridge, 452 pp.



CAPÍTULO IX – COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS E SUAS RESPOSTAS À PERTURBAÇÃO

Samanta J. Hughes, Simone V. Oliveira, Rui Victor Cortes, António Albuquerque, Rui Rivaes, Carlos M. Abreu & Roser Verdaguer

9.1. Introdução

O termo “macroinvertebrado bentônico” abrange vários grupos de organismos tais como os insectos, os anelídeos, os crustáceos e os moluscos, encontrados dentro e nos sedimentos e superfícies expostas dos fundos. Na maior parte dos ecossistemas aquáticos naturais existe uma diversidade riquíssima de macroinvertebrados, quer taxonómica quer funcional, fornecendo um leque de medidas ou métricas estruturais e funcionais (p. ex. tolerância à poluição orgânica, a presença de determinadas guildas tróficas, preferências de habitat, medidas de composição/riqueza/equitabilidade), para o desenvolvimento de métricas utilizadas na avaliação do estado ecológico dos rios e lagos.

Em contraste com os sistemas naturais, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos tipicamente encontradas nas albufeiras da Península Ibérica são poucas complexas – caracterizadas por uma reduzida taxa de diversidade (Figura 9.1) e uma densidade relativamente baixa (Ferreira e Godinho 2002). A paucidade taxonómica e funcional destas comunidades provém da grande variação tempo-espacial destes meios (incluindo as fortes flutuações diurnas e sazonais no volume/nível da água e o efeito de estratificação sazonal – nomeadamente a presença de condições anóxicas no hipolímnion

durante o período estival) bem como a presença de pressões na bacia onde a massa da água se encontra. Estas influências sobre a comunidade dificultam a aplicação de métricas já existentes (para meios lênticos naturais) na determinação do estado ecológico das albufeiras.

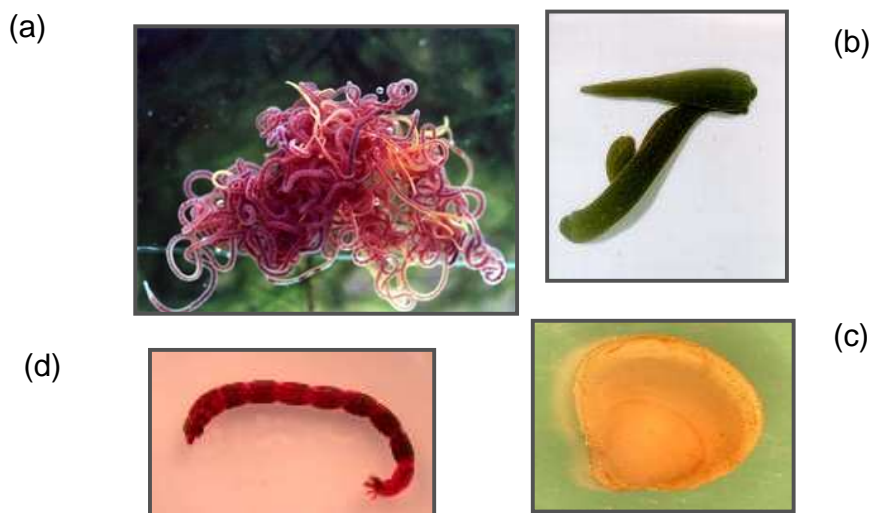


Figura 9.1. Os macroinvertebrados bentónicos de maior ocorrência nas albufeiras da península ibérica: (a) anelídeos – oligoquetas (b) hirudíneos (c) bivalvos e (d) quironómídeos (Insecta: Dípteros). Os referidos grupos possuem uma taxonomia complicada, dificultando a sua identificação além de níveis taxonómicos relativamente baixos. São tolerantes à condições de baixa luminosidade e pouco oxigénio ou períodos curtos de anoxia.

As zonas bem demarcadas das albufeiras (zona litoral, pelágica, profunda) suportam comunidades de macroinvertebrados relativamente distintas devido às diferenças nas suas propriedades físico-químicas (tipos de substrato, o declivo, fluxo de água, a penetração da luz, níveis de oxigénio dissolvido, duração de períodos de anóxia) e as formas de alimento disponíveis. Em geral, na zona profunda ocorrem apenas oligoquetas e quironómídeos (Ferreira e Godinho 2002). O carácter distinto de cada tipo de habitat exige métodos diferentes de amostragem; nas zonas litorais utiliza-se a rede de mão ou outros tipos de rede enquanto nas zonas profundas utiliza-se as dragas (dispositivos que amostram um volume fixo do substrato do fundo – Figura 9.2). Claramente, a utilização de métodos de amostragem diferentes efectuados sobre comunidades em habitats distintos da albufeira dará resultados diferentes, tendo implicações sobre a exactidão na determinação do estado ecológico do meio.

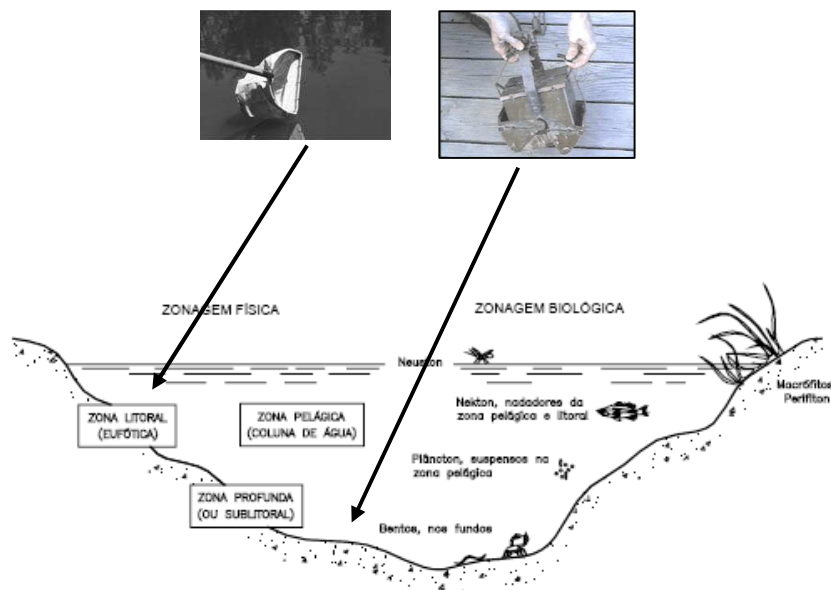


Figura 9.2. O carácter distinto das diferentes zonas das albufeiras exige a utilização de métodos diferentes de amostragem das comunidades de macroinvertebrados. Na zona litoral utiliza-se as redes de mão enquanto nas zonas profundas utiliza-se as dragas. Adaptado de Ferreira (2000).

Os quironómídeos constituem um dos elementos da fauna macroinvertebrada de maior abundância e riqueza nos ecossistemas aquáticos, quer degradados quer prístinos. As larvas e as pupas dos quironómídeos (Figura 9.3) ambas fases aquáticas no ciclo da vida deste grupo, ocorrem nas zonas litorais e também nas zonas profundas das albufeiras, embora que, a composição específica da comunidade dos quironómídeos deve divergir devido às condições distintas destes habitats. Os ovos são depositados pela fêmea adulta (fase voadora) à superfície do meio aquático (Pennak 1978; Silva Pontes 2002). A duração dos estádios de ovo e larva (este com quatro instares) variam substancialmente entre e dentro das espécies (Armitage et al. 1995), pelo que certas formas têm uma única geração em dois anos, ao passo que outras têm várias gerações num único ano (Pennak 1978). A duração da fase pupal é curta, quando comparada com a fase larvar (1- 5 dias). Contudo, envolve um número de mudanças morfológicas superior às metamorfoses ocorridas na larva (Armitage, Cranston et al. 1995; Silva Pontes 2002). A exuviae da fase pupal (a “pele” da pupa – ver Figura 9.3) permanece na superfície da água após a eclosão do adulto).

As exúvias pupais são utilizadas em estudos de monitorização, devido à sua taxonomia bem conhecida (Wilson 1983; Langton 1991; Wilson 1996), à tolerância conhecida de muitas

espécies para condições adversas e à sua resposta às perturbações do habitat (Murray 1996; Hughes 2003), sendo assim bons indicadores da qualidade ecológica do habitat. Na zona sotavento das albufeiras - arrastados pelos ventos predominantes - formam aglomerações de exuviae provenientes de todos os tipos de habitat representados na albufeira. Assim, a colheita e análise deste material fornecem informação sobre esta comunidade permitindo comparações da mesma com o estado ecológico da albufeira.

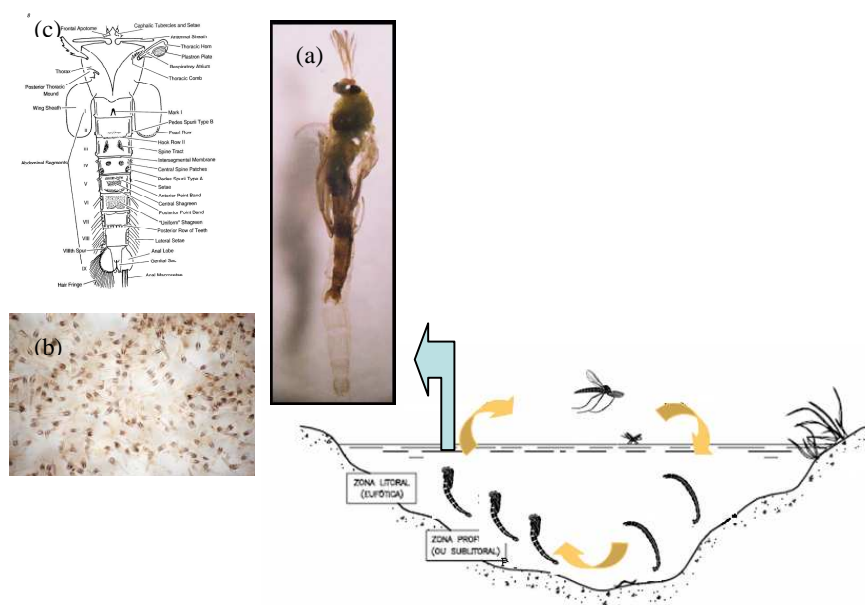


Figura 9.3. O ciclo da vida dos quironómídeos nas albufeiras (setas amarelas). As larvas e as pupas, ambas fases aquáticas deste grupo, ocorrem em quase todas os habitats do meio. A exuviae da fase pupal (seta azul) flutua na superfície da água após a eclosão do adulto (fotografia a). Na zona sotavento da albufeira as exuviae formam aglomerações (fotografia b) sendo provenientes de todos os tipos de habitat representados na albufeira. A taxonomia da exuviae é bem conhecida, permitindo a sua identificação até o género ou até a espécie (c).

Este capítulo pretende avaliar a reposta de várias comunidades de macroinvertebrados bentónicos (comunidades da zona litoral, comunidades da zona profunda e a comunidade dos quironómídeos através da colheita e estudo das exuviae) à perturbação nas albufeiras do território nacional, com o fim de identificar espécies indicadoras ou métricas a implementar num em programas de qualidade ecológica e na gestão integrada das massas de água lacustres artificiais – ou sejam as albufeiras.

9.2. Metodologia

9.2.1. Amostragem e tratamento laboratorial

Foram amostradas três comunidades de macroinvertebrados em cada albufeira utilizando diferentes métodos de amostragem (Figura 9.4 fotos a – c). Todas as amostras biológicas foram colocadas em frascos de plástico rígido e fixadas *in situ* em formalina 4%.

Zona litoral – arrastos (rede de mão)

As colheitas dos macroinvertebrados na zona litoral foram efectuadas em 2004 e 2005 seguindo o método desenvolvido pelo Pinto, Graça et al. 2006 para o INAG na avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais (implementação da DQA no território nacional). Foram efectuados 6 arrastos com uma rede de mão (malha 0.5 mm; 6 arrastos de 0.25m = 1.0m total) nos habitats predominantes da zona fluvial e da zona lacustre de cada albufeira.

Zona profunda - draga

As colheitas dos macroinvertebrados do fundo foram efectuadas utilizando uma draga Eckman (dimensão 20cm x 20cm x 20cm). Três colheitas foram efectuadas na zona mais profunda da albufeira (Z Max) na primavera e no verão de 2006.

Exuviae dos quironómídeos – rede de mão

Os exuviae dos quironómídeos foram recolhidos na primavera e no verão de 2006 de forma qualitativa (sem limite de tempo nem área/volume predeterminado) com uma rede de mão (malha 0.5 mm) na zona sotavento de cada albufeira onde, devido a influência dos ventos e dos correntes predominantes, acumulam-se materiais flutuantes (folhas, troncos, exuviae de insectos aquáticos após eclosão). Foi recolhido, um número mínimo de 500 exuviae (o número mínimo necessário para obter a maioria (>70%) das espécies presentes no meio segundo (European Standard 2006: Norma Europeia prEN 15196). A abundância foi determinada visualmente, colocando a amostra numa bandeja de plástico com fundo

branco (Wilson e McGill 1979). As vantagens da amostragem dos exuviae são: 1- É um método rápido sem qualquer impacto físico sobre o meio sujeito a amostragem; 2- Os exuviae acumulados na zona sotavento provêm de quase todos os habitats da albufeira – tendendo a fornecer um “retrato” integral do meio sob estudo.

Trabalho laboratorial

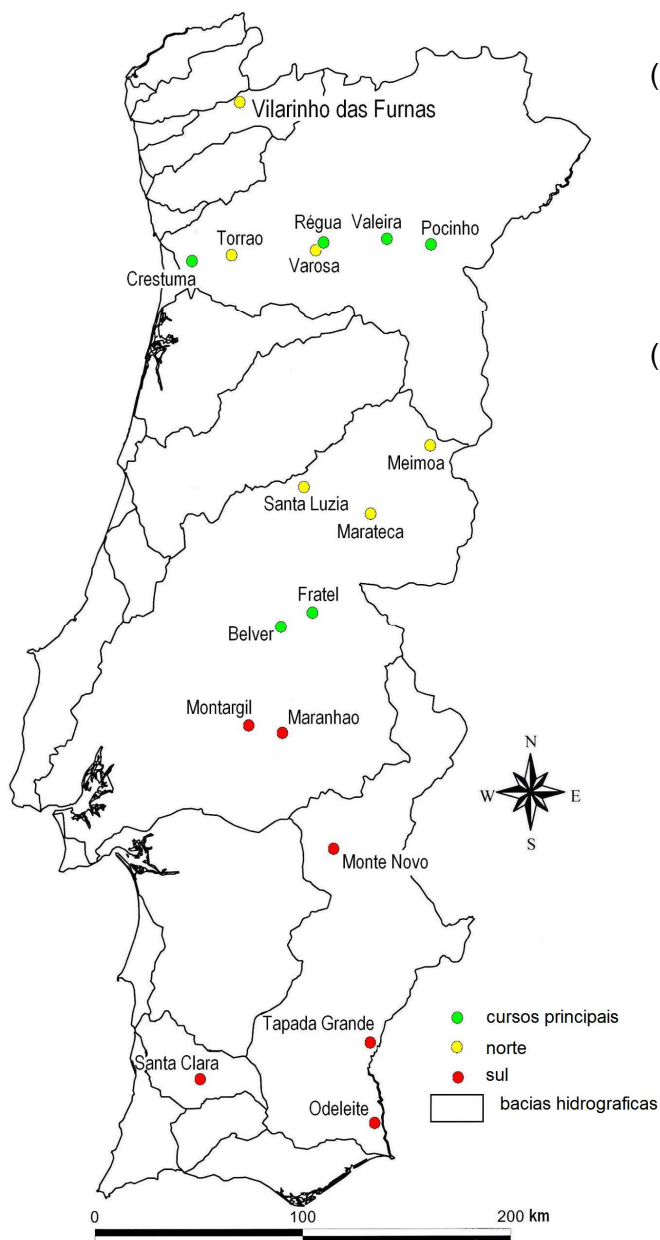
No laboratório, o material biológico foi lavado e passado por crivos (malha calibrada de 1 e 0,5 mm) e colocado em tabuleiros de plástico branco com uma pequena porção de água. Procedeu-se a uma análise minuciosa do mesmo, retirando todos os organismos presentes com o auxílio de uma pinça. Os organismos retirados do material colhido foram identificados até vários níveis taxonómicos e conservados em álcool a 70°, dentro de frascos devidamente etiquetados.

No caso das amostras de exuviae foi tirada uma sub-amostra de 500 exuviae (a norma europeia prEN 15196 recomenda a recolha dum número mínimo de 500 exuviae quando for efectuado uma só amostra e de 200 exuviae se for possível efectuar uma série de pelo menos 4 amostras em lagos ou albufeiras).

Os dados provenientes da identificação dos macroinvertebrados foram posteriormente inseridos em folhas de MS Excel™. A ocorrência, distribuição, sistemática e nomenclatura das espécies identificadas foi verificada com ferramentas informáticas disponíveis na base de dados no website de Fauna Europaea (<http://www.faunaeur.org/>).

9.2.2. Tratamento de dados

Os objectivos deste estudo são: 1- Uma análise geral da composição biológica para as três comunidades amostradas (redes, dragas, exuviae); 2- Uma análise da composição biológica de cada tipo de albufeira com o fim de determinar o grau de diferenciação/similaridade entre as comunidades das albufeiras de referência e de não referência; 3- A identificação de espécies indicadoras e o comportamento das mesmas face às várias pressões antrópicas previamente mencionadas.



(a)



(b)



(c)



(d)



Figura 9.4. Mapa do território nacional e a distribuição das 18 albufeiras amostradas. As fotografias (de cima para o baixo) mostram as técnicas de amostragem utilizadas em cada albufeira; (a) colheita quantitativa das exuviae dos quironómídeos acumuladas na zona sotavento da albufeira; (b) amostragem de macroinvertebrados com uma rede de mão na zona litoral da albufeira; (c) amostragem de macroinvertebrados de fundo com uma draga tipo Eckman e (d) fixação *in situ* das amostras com formalina (4%).

Os objectivos deste estudo são: 1- Uma análise geral da composição biológica para as três comunidades amostradas (redes, dragas, exuviae); 2- Uma análise da composição

biológica de cada tipo de albufeira com o fim de determinar o grau de diferenciação/similaridade entre as comunidades das albufeiras de referência e de não referência; 3- A identificação de espécies indicadoras e o comportamento das mesmas face às várias pressões antrópicas previamente mencionadas.

Para a análise dos dados dos macroinvertebrados foram usados (i) os arrastos da zona litoral, quer realizados em zona dita lacustre quer em zona dita fluvial (ii) as amostras de primavera e verão das dragas e (iii) as amostras de primavera e verão dos exuviae (dados dos macroinvertebrados padronizados e transformados $\log(n+1)$, dados de exuviae padronizados e transformados raiz quadrado. Foram excluídos taxones com abundância de 1 e albufeiras com abundância total <5 indivíduos.

Foi efectuada (i) uma análise de similaridade (distância Bray Curtis), (ii) uma análise multidimensional não-paramétrica (n-MDS - método de ordenação não paramétrico, que permite uma rápida e simples interpretação gráfica dos dados) e uma Análise Classificatória Hierárquica (ACH- método UPGMA - Unweighted Pair-Group Average) por cada grupo de macroinvertebrados entre albufeiras de referência e de não referência e por tipo (global e por tipo; PRIMER 6; distância Bray Curtis). A correspondência entre a matriz de similaridade e o gráfico é explicada pelo "stress" obtido através de um teste de k permutações. Valores de stress $\leq 0,05$ representam um ajustamento perfeito entre as distâncias reais e as distâncias nos eixos. Valores de stress $\geq 0,20$ são críticos e deve ser usada alguma cautela na interpretação dos resultados, enquanto que valores $\geq 0,30$ não são de todo interpretáveis.

Com o intuito de verificar estatisticamente a significância de diferenças entre grupos visualizados na n-MDS e no ACH/UPGMA, foi efectuada uma análise de similaridade ANOSIM (999 permutações) entre albufeiras de referência e de não referência (global e por tipo por cada tipo de comunidade) e uma análise não-paramétrica para testar a veracidade da hipótese nula de não haver diferenças entre grupos. Foram exploradas as diferentes comparações entre pares de grupos, de acordo com o respectivo valor de R associado.

A análise SIMPER (o valor de Bray- Curtis) foi aplicada entre albufeiras de referência e de não referência (global e por tipo) com o fim de identificar táxones indicadores e determinar a contribuição de cada táxone para os valores de similaridade e de dissimilaridade.

entre albufeiras de referência e de não referência (global e por tipo). A correlação de Spearman foi utilizada entre abundância dos táxones indicadores (identificados pelo SIMPER) e os indicadores de pressão, individuais e somados.

Codificação dos dados

Dado a complexidade do universo de dados a analisar (tomando em conta os diferentes tipos de amostragem, a gradiente de qualidade nas albufeiras, os 3 tipos de albufeira, a sazonalidade e as zonas diferentes amostradas nas albufeiras), foi desenvolvido um sistema de codificação das amostras. O Anexo III contém uma lista completa dos códigos desenvolvidos e utilizados para cada de amostra efectuada nas albufeiras.

Definição dos níveis taxonómicos aplicados às comunidades

Como já foi referido, a taxonomia difícil da maior parte dos elementos da fauna macroinvertebrada das albufeiras dificulta a sua identificação além de níveis taxonómicos relativamente baixos (família, sub família, tribo) resultando numa perda de informação que podia servir para melhor distinguir entre as comunidades ao longo do gradiente de qualidade. Todavia, existem alguns taxones com características fáceis de detectar até com o olho nu que permitam a sua identificação para níveis mais elevados (género ou até espécie). Exemplos incluem – as larvas do *Chiromonus thummi* e *Chironomus plumosus* e do tribo tanytarsini (Diptera: Chironomidae). No caso dos exuviae pupais foi possível identificar o material até o nível de género utilizando as chaves de identificação de Wiederholm 1986; Langton 1991; Wilson 1996.

No Anexo III, os Quadros contém uma lista completa dos códigos desenvolvidos e utilizados para cada táxone utilizada nas análises

9.3. Resultados

9.3.1. Descrição geral da composição das amostras macroinvertebrados

Foram recolhidos e identificados um total de 6.920 macroinvertebrados (5.041 indivíduos provenientes das amostras da rede e 1.879 indivíduos provenientes das amostras de draga) e 11,611 exuviae de quironomídeos. A Figura 9.5 mostra os taxa de macroinvertebrados mais abundantes recolhidos na zona litoral (amostragem tipo rede de mão).

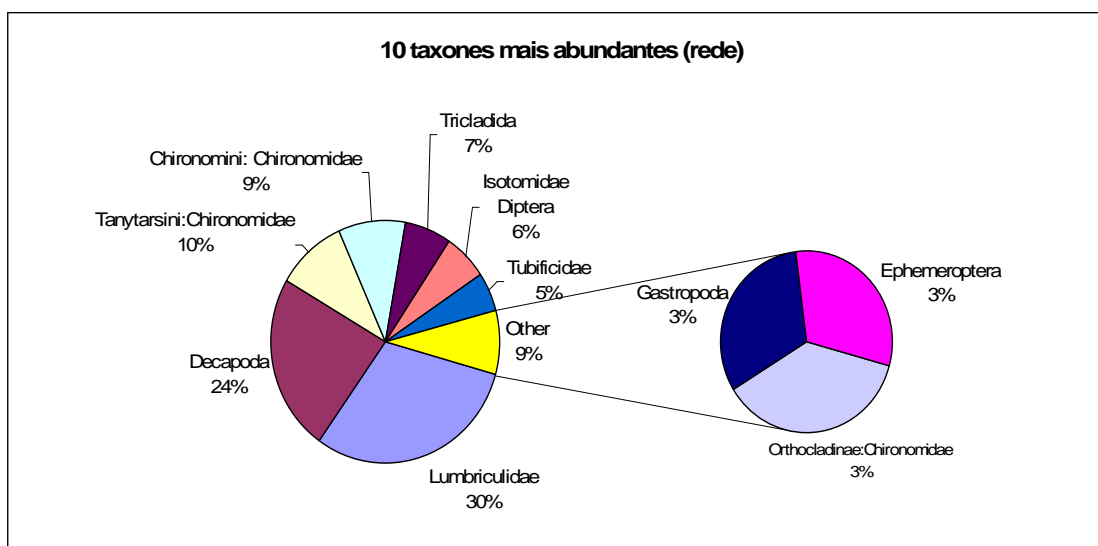


Figura 9.5. Os 10 taxones de macroinvertebrados bentônicos mais abundantes recolhidos através do método de amostragem rede de mão na zona litoral das albufeiras.

As comunidades litorais (arrastos da rede de mão) são dominadas por oligoquetas (Lumbricidae), o camarão de água doce *Atyaephyra desmarestii* Millet (1831) (Decapoda: Atyidae) e larvas de quironomídeos (subfamília Chironominae, tribos Chironomini e Tanytarsini), formando 73% dos organismos recolhidos. A taxonomia complicada da fase larvar dos quironomídeos dificulta a sua identificação além dos níveis acima referidos.

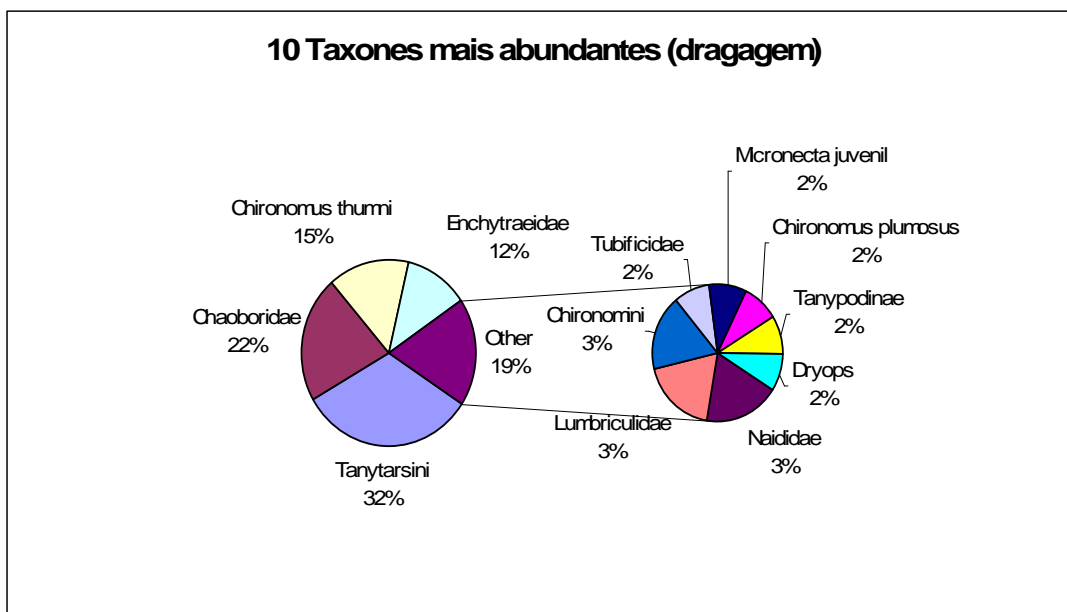


Figura 9.6. Os 10 taxones de macroinvertebrados bentônicos mais abundantes recolhidos através do método de draga na zona profunda das albufeiras

No caso das amostras de draga (Figura 9.6), é notável a predominância (54%) de larvas de quironómídeos (em ordem decrescente: tribo Tanytarsini, *Chironomus thummi*, Chironomini, *Chironomus plumosus*, subfamília Tanypodinae). As larvas da família Chaoboridae (Insecta:Díptera), organismos fortemente migratórios na coluna de água e conhecidos predadores do zooplânkton, formam 22% do material recolhido enquanto as oligoquetas formam 20% do material recolhido nas zonas profundas das albufeiras.

A maioria dos quironómídeos recolhidos (Figura 9.7) pertence à subfamília Chironominae (62.92% total; tribo Chironomini 35.84%, Tribo Tanytarsini 27.08%) seguido pela subfamília Tanypodinae (21.89%) e Orthocladinae (15.14%). As subfamílias Diamesinae (contêm espécies normalmente associadas com águas frias) e Buchonomyiinae (novo registo ao nível nacional) são extremamente raras e excluídas das análises efectuadas.

Ao contrário das amostras de macroinvertebrados (rede de mão e dragas) onde um número reduzido dos taxones identificados abundam (demonstrando uma falta de equitabilidade e as limitações impostas pelas altos níveis de identificação taxonómica) os géneros de quironómídeos identificados a partir dos exuviae demonstram (Figura 9.8) um bom nível de equitabilidade – ou seja – o número de indivíduos entre os taxones é

semelhante, sem a predominância de um ou poucos taxones. Dos 10 taxones mais abundantes, 60% pertencem à subfamília Chironominae (tribo Chironomini). Os membros desta subfamília são normalmente associados com as condições lânticas.

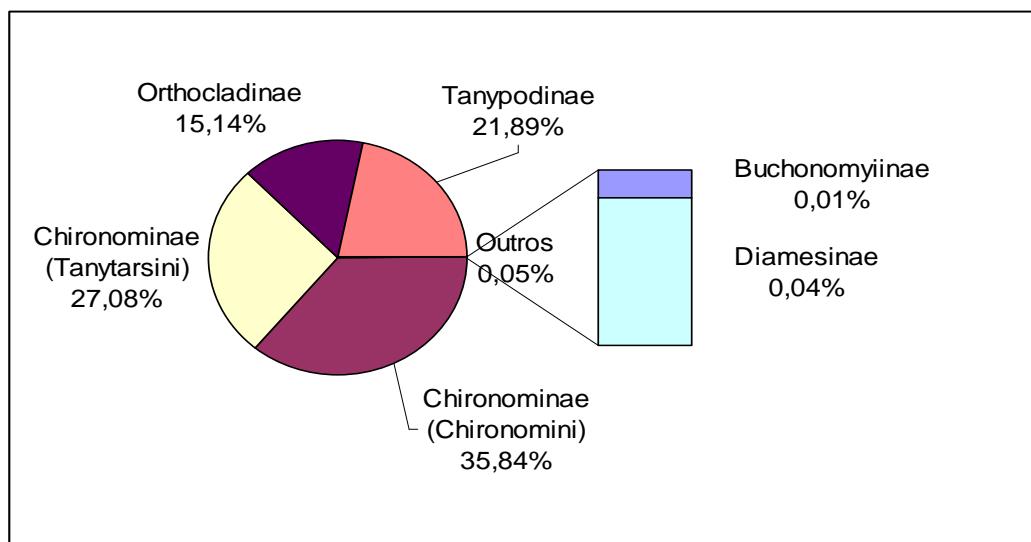


Figura 9.7. Abundância relativa (percentagem) dos quatro subfamílias principais de quironómídeos (exuviae pupais) recolhidos das albufeiras. A recolha do material pertencendo à subfmília Buchonomyiinae constitui um novo registo nacional para a família Quironomidae.

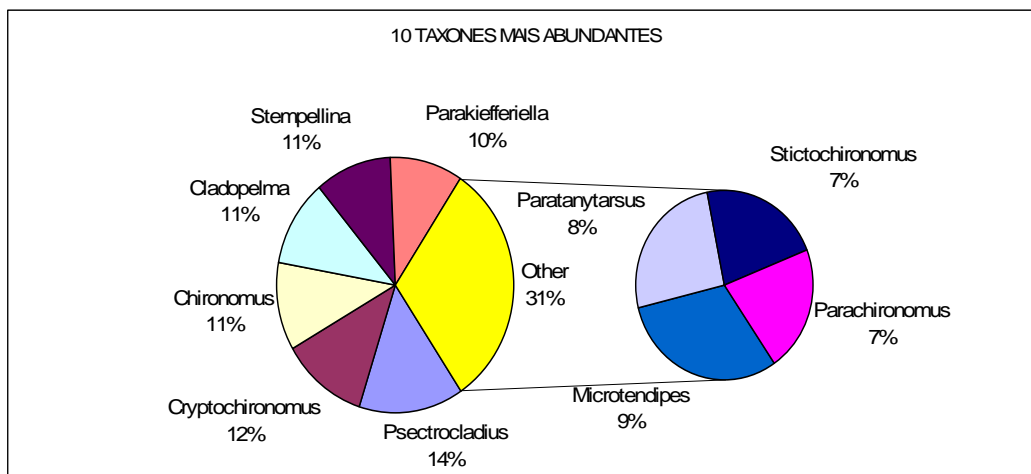


Figura 9.8. Os 10 géneros de quironómídeos (exuviae pupais) mais abundantes nas albufeiras; 60% destes géneros pertencem à subfamília Chironominae, tribo Chironomini.

Quadro 9.1. Dados somatórios das colheitas de exuviae. Adaptada de Verdaguer, 2006 (coluna 1 N = Norte, CP = Cursos Principais, S = Sul). A albufeira Varosa (N R) foi excluída das análises posteriores, devido aos níveis demasiado baixos de abundância e de diversidade.

Tipo	Albufeira	Código	primavera		verão		conjunto	
			nº géneros	Nº exúvias	nº géneros	Nº exúvias	nº géneros	Nº exúvias
N	Vilarinho das Furnas	VF N R PX	10	580	10	448	14	1028
	Meimoa	ME N R PX	14	78	9	501	17	579
	Santa Luzia	SL N R PX	11	25	13	441	18	466
	Marateca	MT N N PX	13	504	10	363	15	867
	Varosa	VA N N PX	1	5	6	13	7	18
	Torrão	TO N N PX	10	77	6	551	12	628
CP	Belver	BE C R PX	21	481	16	541	26	1022
	Pocinho	PO C R PX	11	120	19	511	20	631
	Valeira	VL C R PX	19	521	16	518	23	1039
	Crestuma	CR C N PX	11	34	13	545	18	579
	Régua	RE C N PX	7	88	14	514	18	602
	Fratel	FR C N PX	6	42	14	472	14	514
S	Odeleite	OD S R PX	13	301	10	312	16	613
	Santa Clara	SC S R PX	20	554	17	583	23	1137
	Tapada Grande	TG S R PX	17	216	12	100	24	316
	Monte Novo	MN S N PX	13	133	0	0	13	133
	Maranhão	MA S N PX	9	52	16	461	19	513
	Montargil	MO S N PX	14	499	11	427	17	926
TOTAL			43	4,310	29	7,301	43	11,611

Os dados descritivos (Quadro 9.1) demonstram os baixos níveis de abundância na albufeira de Varosa (NR\N) em ambas as campanhas; esta albufeira foi excluída das análises estatísticas. Uma das causas dos baixos números recolhidos é a amplitude mensal considerável no nível de água (aproximadamente 43m) que, em conjunto com o tamanho relativamente pequeno da albufeira (12.943 milhares de metros cúbicos) resultam numa zona litoral bastante instável, dificultando o estabelecimento de comunidades de macroinvertebrados (Richardson, Hanson et al. 2002; Verdaguer 2006)

Não foi recolhida uma única exuviae na albufeira de Monte Novo na campanha estival, possivelmente devido a selecção dum sítio impróprio para amostragem (Verdaguer 2006) em

conjunto com factores fenológicos (fortes padrões temporais na eclosão de gerações diferentes de quironómídeos).

Quadro 9.2. Dados de diversidade sumarizados das amostras de exuviae pupais

	nº géneros Primavera	nº géneros Verão	nº géneros conjunto	Valor Média H'
Norte total	59	54	83	2.42
Norte Ref	35	32	49	2.37
Norte N Ref	24	22	34	2.47
CP total	75	92	119	2.91
CP Ref	51	51	69	3.14
CP N Ref	24	41	50	2.68
Sul total	86	66	112	2.83
Sul Ref	50	39	63	2.83
Sul N Ref	36	27	49	2.83

O maior valor do índice de diversidade Shannon Wiener H' (Quadro 9.2) foi obtido na albufeira de Santa Clara (S\R, $H'=3.32$) e o mínimo na albufeira de Torrão (N\NR, $H'=1.90$). As albufeiras tipo “Norte” (N) são nitidamente mais empobrecidas (83 géneros total) comparadas com as albufeiras CP (CP; total de 199 géneros) e S (S; total de 112 géneros), com um valor média de $H' = 2.42$, comparado com 2.91 para as albufeiras CP e 2.83 para as albufeiras S. Todavia o número de géneros recolhido nas duas campanhas nas albufeiras N é relativamente constante (Quadro 9.4). O H' média das albufeiras N\NR é ligeiramente superior do valor obtido para as albufeiras N\R devido à influência do H' derivado da Varosa (amostras poucas representativas devido a falta de abundância).

As albufeiras CP são as mais diversas com um total de 119 géneros recolhidos (Tabela 3). Existe um aumento notável no número total de géneros recolhidos entre as campanhas de primavera e de verão no grupo CP, embora que o aumento provém das CP\NR. Todavia, as albufeiras CP\R ($H' = 3.14$) têm um valor médio de H' superior às CP\NR ($H'= 2.68$), indicando maior equitabilidade das comunidades CP\R - ou seja não há predominância de poucas espécies.

As albufeiras S possuem valores intermédios de diversidade comparada com as N e CP. Tal como as albufeiras N R\NR o número de géneros recolhidos é superior na primavera

embora o decréscimo é mais notável nas albufeiras S. Os valores H' são indistinguíveis entre S\R e S\NR.

A Verdaguer (2006) concluiu que a gama dos valores de H' obtida parece-se aos valores obtidos pelo (Ruse e Wilson 1995) em 30 sítios de amostragem no Rio Tamisa (Reino Unido) que contemplavam um forte gradiente de qualidade. A Verdaguer, 2006 verificou que foi possível obter entre 71 e 87% da riqueza total da comunidade de quironómídeos a partir das amostras da primavera (com pelos menos 500 exuviae) e entre 50 à 95% da riqueza total da comunidade de quironómídeos a partir das amostras de verão (com pelos menos 500 exuviae).

Os dados somatórios do Quadro 9.4 claramente demonstram que as amostras de exuviae contêm maiores taxas de abundância e diversidade (em particular nas albufeiras de referência comparadas com as albufeiras de não referência) quando comparadas com as amostras dos macroinvertebrados (rede de mão e de draga). Todos os tipos de amostragem revelam que as albufeiras N têm níveis de abundância e diversidade inferiores às albufeiras CP e S respectivamente.

No que respeita os dois tipos de amostragem dos macroinvertebrados bentónicos, os valores média da abundância, o número média de taxones e o H' são nitidamente superiores nos arrastos litorais (Quadro 9.3). Todavia, os valores de abundância e de diversidade (n° de taxones e H') provenientes dos arrastos litorais são nitidamente superiores em todas as albufeiras tipo NR, ao contrário das amostras tipo draga onde os valores superiores foram encontrados em quase todas as albufeiras tipo R (com a exceção das albufeiras S\R). Nas amostras tipo draga o gama de valores de H' é bastante reduzida, ou seja, existe pouca diferença entre os valores H' das albufeiras de referência e não referência por tipo.

Quadro 9.3. Dados somatórios das amostras provenientes dos 3 tipos de amostragem por tipo de albufeira (R = Referência; NR= Não Referência; N = Norte; CP = Cursos Principais; S = Sul).

		ABUNDÂNCIA				Nº TAXONES				SHANNON WIENER (H')			
		MAX	MIN	MÉDIA	SD	MAX	MIN	MÉDIA	SD	MAX	MIN	MÉDIA	
REDE MÃO	R	326	6	91,33	98,02	13	2	6	3,81	2,46	0,45	1,44	0,70
	NR	1096	14	456,44	389,72	20	6	14,11	5,44	2,75	1,73	2,27	0,38
	N	511	6	109,50	197,65	16	2	6,5	4,89	2,40	0,45	1,54	0,64
	CP	1096	54	412,67	447,94	19	2	10,33	6,31	2,46	0,48	1,77	0,83
	S	772	33	299,50	286,90	20	6	13,33	6,15	2,75	1,72	2,25	0,43
	N R	49	6	25,67	21,73	5	2	3,67	1,53	1,56	0,45	1,11	0,58
	N NR	511	14	193,33	275,87	16	6	9,33	5,77	2,40	1,73	1,97	0,38
	CP R	326	54	160,33	145,38	13	2	6,33	5,86	2,46	0,48	1,32	1,02
	CP NR	1096	62	665,00	538,03	19	11	14,33	4,16	2,46	1,90	2,22	0,29
	S R	146	33	88,00	56,56	11	6	8	2,65	2,17	1,72	1,90	0,23
	S NR	772	249	511,00	261,50	20	17	18,67	1,53	2,75	2,41	2,61	0,18
DRAGA	R	765	9	162,56	240,59	11	3	5,78	2,64	1,31	0,85	1,06	0,17
	NR	96	12	45,56	31,46	8	3	5,11	1,54	1,75	0,72	1,17	0,32
	N	96	12	34,83	31,50	9	3	5,50	2,17	1,53	0,72	1,13	0,30
	CP	765	49	223,00	278,82	11	5	6,17	2,40	1,27	0,96	1,13	0,12
	S	127	9	54,33	45,70	8	3	4,67	1,86	1,75	0,79	1,09	0,35
	N R	96	13	47,67	43,15	9	5	6,33	2,31	1,31	0,86	1,13	0,24
	N NR	34	12	22,00	11,14	7	3	4,67	2,08	1,53	0,72	1,13	0,41
	CP R	765	49	364,67	365,43	11	5	7,33	3,21	1,25	0,96	1,09	0,15
	CP NR	96	53	81,33	24,54	5	5	5,00	0,00	1,27	1,12	1,18	0,09
	S R	127	9	75,33	60,35	5	3	3,67	1,15	1,10	0,85	0,97	0,13
	S NR	49	17	33,33	16,01	8	4	5,67	2,08	1,75	0,79	1,20	0,50
EXUVIAE	R	1105	316	754,78	293,38	23	14	19,00	3,04	2,772	2,05	2,55	0,26
	NR	926	18	528,33	297,16	19	7	14,33	3,77	2,631	2,057	2,41	0,19
	N	926	130	592,13	243,02	19	11	15,25	2,76	2,631	2,057	2,41	0,19
	CP	1039	514	730,00	233,74	23	14	19,00	3,63	2,772	2,362	2,59	0,19
	S	1105	130	600,50	366,22	20	12	17,33	3,08	2,771	2,273	2,55	0,21
	N R	1028	466	691,00	297,27	18	14	16,33	2,08	2,523	2,05	2,31	0,24
	N NR	867	18	497,33	434,99	15	7	11,00	4,00	2,482	2,057	2,27	0,30
	CP R	1039	631	895,33	229,21	23	20	22,00	1,73	2,772	2,742	2,76	0,02
	CP NR	601	514	564,67	45,24	17	14	16,00	1,73	2,485	2,362	2,42	0,06
	S R	1105	316	678,00	398,50	20	16	18,67	2,31	2,771	2,317	2,60	0,25
	S NR	926	130	523,00	398,09	19	12	16,00	3,61	2,631	2,273	2,50	0,20

9.3.2. Análises gerais – n-MDS e UGPMA

9.3.2.1. Macroinvertebrados

A utilização da nMDS em conjunto com a ACH (método UPGMA) permite uma rápida e simples interpretação gráfica dos dados e a identificação de agrupamentos de albufeiras baseado nos dados biológicos provenientes de cada método de amostragem.

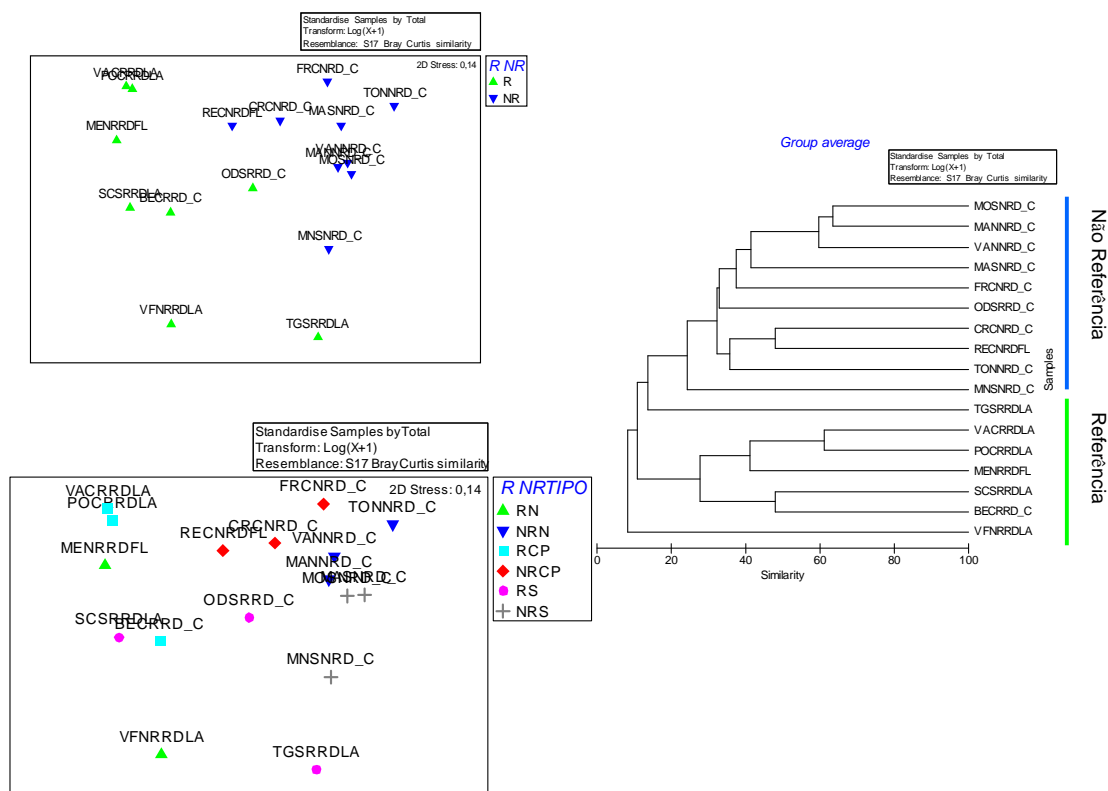


Figura 1. Análise nMDS e ach/UPGMA dos arrastos litorais (amostras da rede de mão) das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos habitats litorais (referência, não referência global e referência não referência por tipo).

As análises nMDS e ACH dos arrastos litorais (Figura 9.9) demonstram uma nítida separação entre as albufeiras tipo R e NR. Embora os sítios R/NR claramente ocupam áreas distintas do espaço de ordenação, as albufeiras R são espalhados no espaço de ordenação e os níveis de similaridade são relativamente baixos dentro de cada grupo (R e NR), evidenciando alguma heterogeneidade na composição faunística nos locais com melhor potencial

ecológica. A maior homogeneidade das albufeiras NR indica que as albufeiras degradadas, sejam de tipo N, CP ou S, tendem a ter comunidades de macroinvertebrados semelhantes.

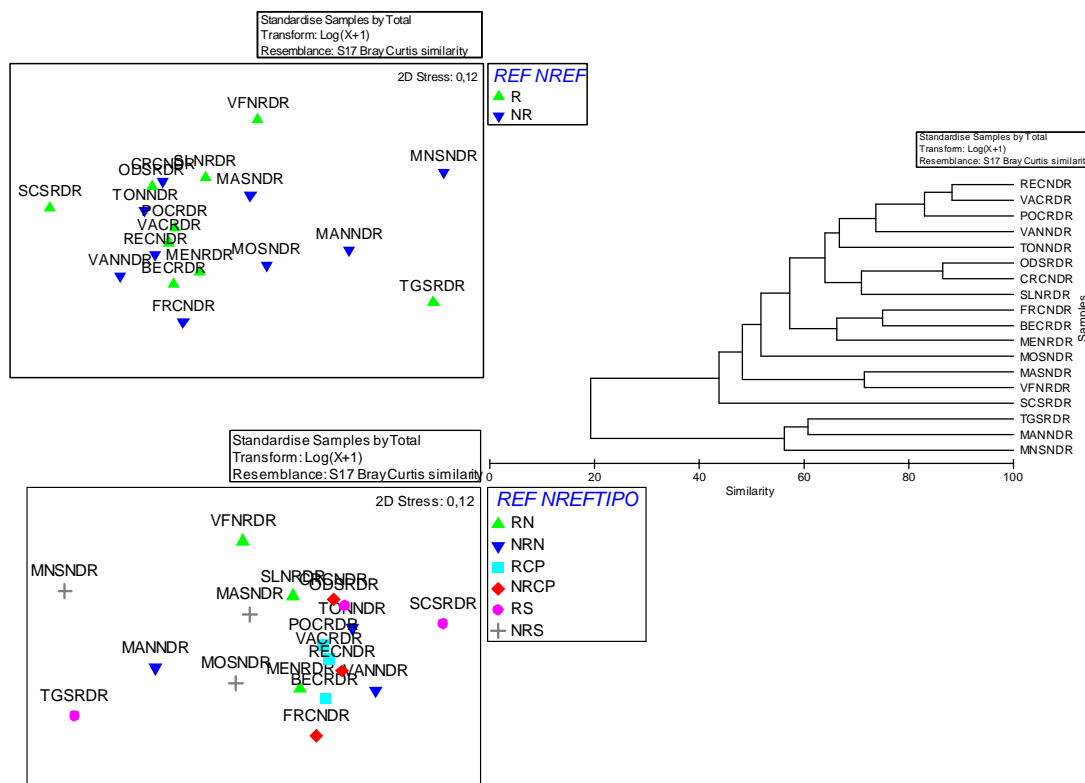


Figura 9.10. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras tipo draga (macroinvertebrados bentônicos, habitats do fundo).

No caso das das amostras de draga (Figura 9.10) as análises nMDS e ACH demonstram que, devido a falta de abundância e iversidade já mencionada, dificilmente distinguem-se entre as albufeiras R NR quer em termos globais quer por tipo de albufeira. Estes resultados demonstram que as amostras tipo draga não são indicadas para avaliação o potencial ecológico das albufeiras; assim não serão contempladas mais na expressão dos resultados.

9.3.2.2. Amostras de exuviae

As análises das amostras de exuviae (abundância relativa) permitem distinguir (Figura 9.11) entre albufeiras tipo R e NR não só em termos globais mais também entre o tipo de

albufeira. Existe uma nitida diferenca nas comunidades de quironomídeos nas albufeiras N (R\NR), S (R\NR).

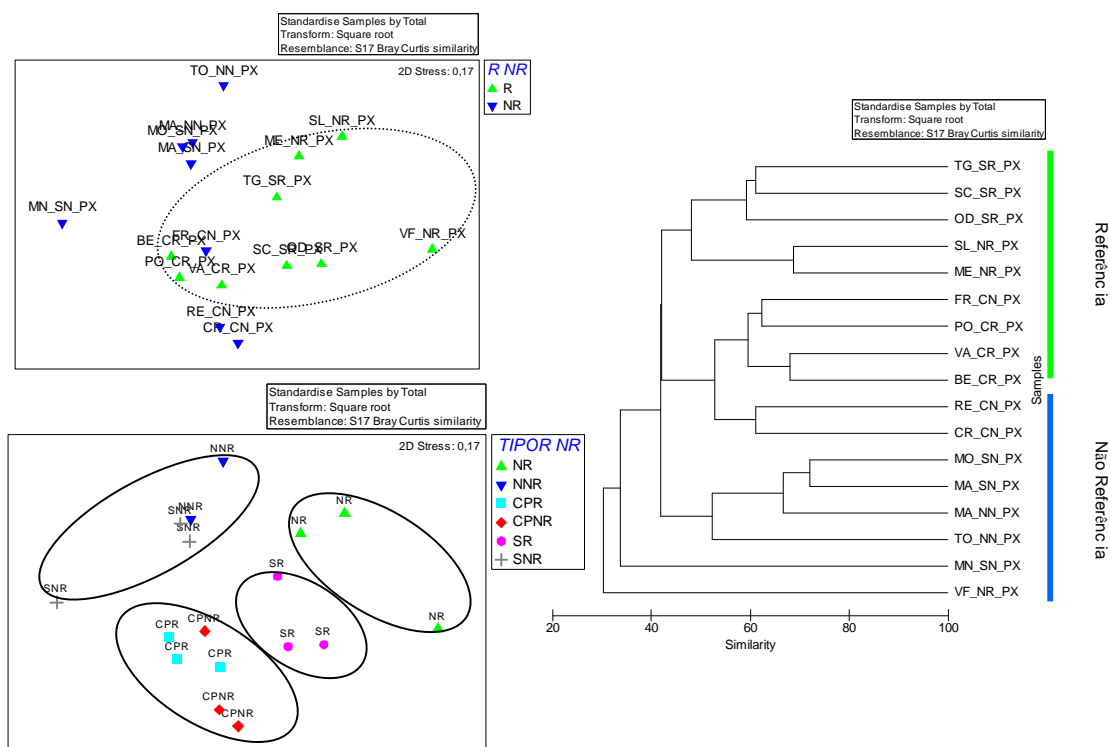


Figura 9.11. Análise nMDS e UPGMA das amostras de exuvias (abundância relativa)

A presença de comunidades distintas em albufeiras R e NR por cada tipo de albufeira, que deve ter tomada em conta na elaboração e implementação de métricas na avaliação do potencial ecológica

As análises sobre os dados de presença ausência das exuviae também demonstram alguma separação de albufeiras R e NR (Figura 9.12) embora a sua distribuição no espaço de ordenação é muito mais dispersa comparada com as análises baseadas nos dados de abundância relativa. As albufeiras tipo CP também formam um grupo distinto no espaço de ordenação embora é menos coeso que o grupo formado através de análise de dados de abundância relativa.

Estes resultados indicam que, na avaliação do potencial ecológico das albufeiras, análises da abundância relativa dos taxones de Quironomídeos recolhidos na forma de exuvias fornecem um retrato mais informativo do estado ecológico da albufeira. Todavia as

comunidades por cada tipo de albufeira, principalmente CP vs N e S, são relativamente distintas, implicando o desenvolvimento de métricas diferentes na avaliação de cada um.

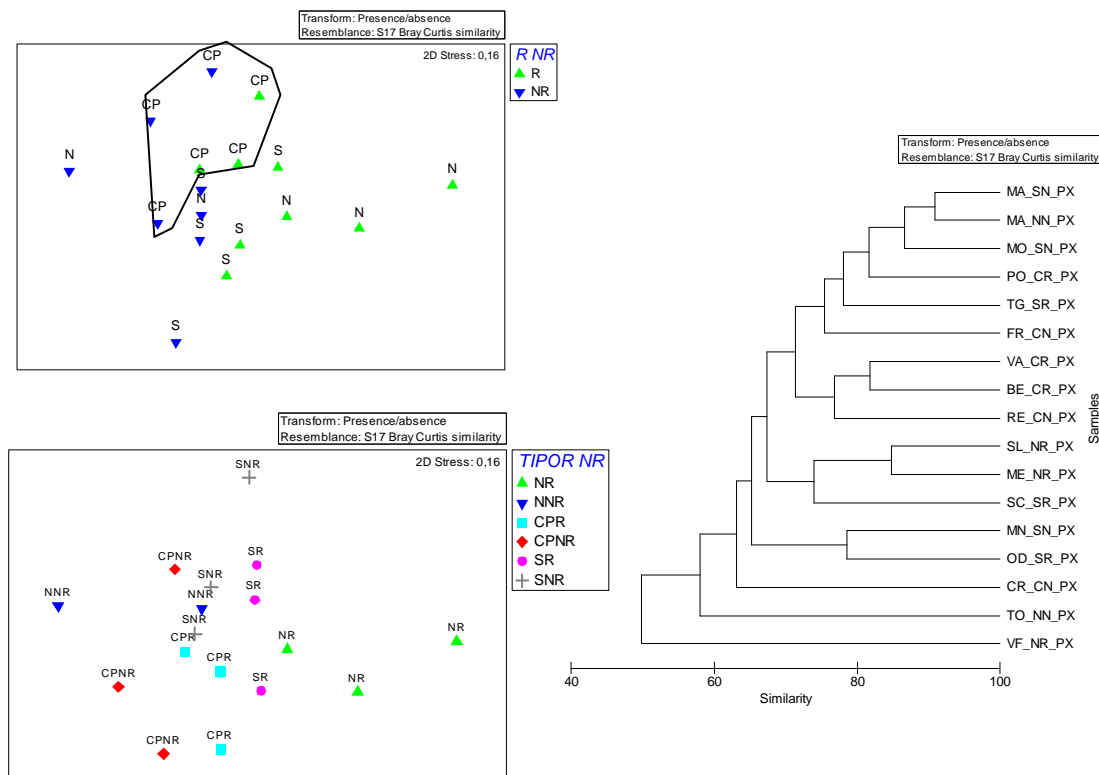
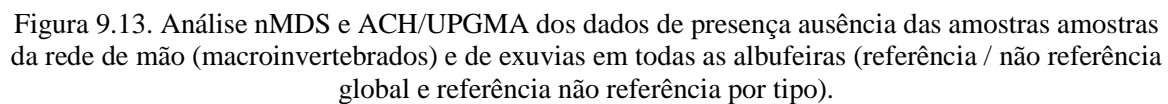


Figura 9.12. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de exuvias (presença/ausência) em todas as albufeiras (referência / não referência).

9.3.2.3. Amostras conjuntas de macroinvertebrados e exuviae

As análises nMDS e ACH/UPGMA dos dados integrados de macroinvertebrados bentônicos da rede de mão e das exuvias (Figura 9.13), revelam dois grandes grupos de albufeiras, nomeadamente R e NR (46.87% similaridade). Com a exceção das albufeiras do Norte (N) que partilham baixos níveis de similaridade entre si, é possível distinguir sub-grupos relativamente coesos de albufeiras tipo CP e S dentro dos grupos R/NR, sugerindo a existência de diferenças entre as comunidades R\NR por tipo de albufeira. Estas análises iniciais sugerem uma abordagem metodológica que abranja a comunidade de macroinvertebrados (arratos litorais) e as exuviae.



9.3.3. Análises nMDS e UPGMA por tipo de albufeira

9.3.3.1. Albufeiras do Norte, dos Cursos Principais e do Sul

Macroinvertebrados - Amostras da rede de mão

Como já foi referido, os níveis de diversidade e abundância nas albufeiras tipo N são inferiores às albufeiras CP e S. As análises preliminares indicavam pouca similaridade entre as albufeiras R\NR deste grupo. Estes factores dificultam a avaliação do potencial ecológico.

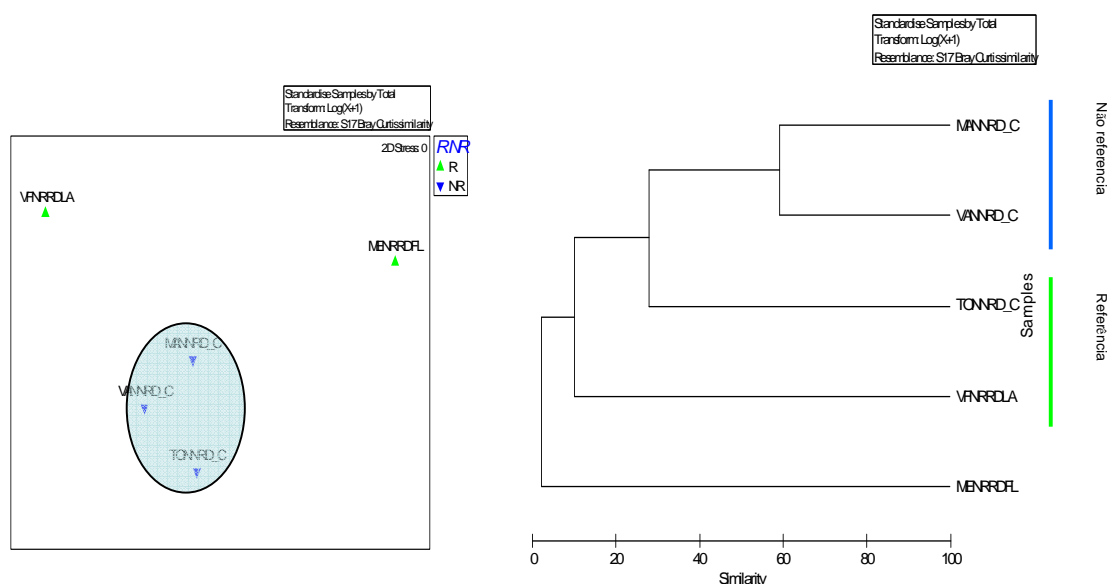


Figura 9.14. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (amostras rede de mão) das albufeiras tipo N (referência / não referência).

As análises nMDS ACH/UPGMA (Figura 9.14) demonstram que as albufeiras tipo N\R (Vilarinho das Furnas, Meimosa) não partilham qualquer elemento da fauna macroinvertebrada recolhida na zona litoral com a rede da mão – ou seja – as suas comunidades de macroinvertebrados são completamente distintas. No entanto, as albufeiras N\NR são mais semelhantes na sua composição da fauna macroinvertebrada, em particular as albufeiras de Marateca e Varosa (60% similaridade) seguido pela albufeira Torrão (33% similaridade)

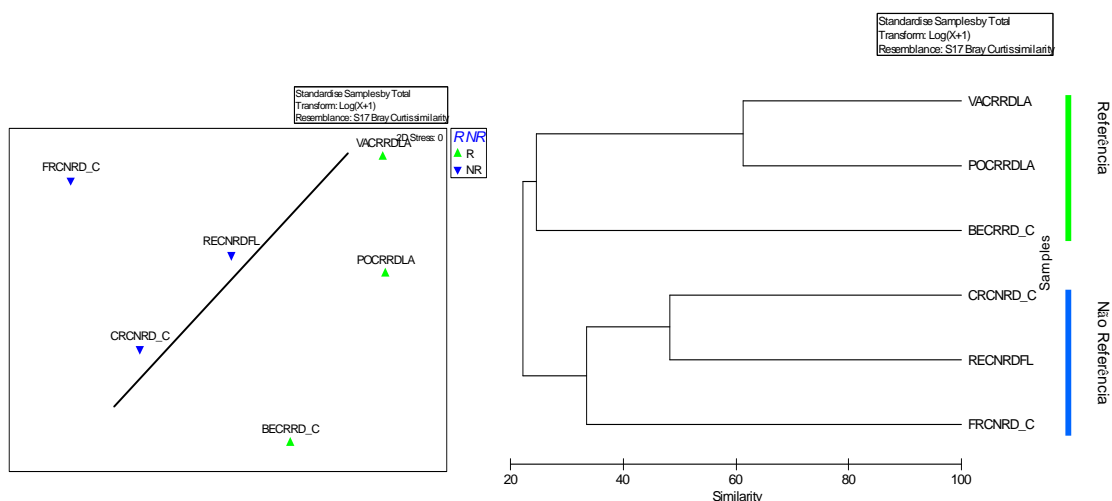


Figura 2. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (amostras rede de mão) das albufeiras tipo CP (referência / não referência).

As albufeiras R\NR dos cursos principais (Figura 9.15) ocupam, no sensu lato, áreas distintas no espaço de ordenação do nMDS embora a sua distribuição é bastante dispersa – indicando baixos níveis de similaridade nas albufeiras dentro de cada grupo (R\NR). O dendrograma da UPGMA reforça os resultados obtidos pelo nMDS – nomeadamente a presença de dois grandes grupos (R\NR) com baixos níveis de similaridade entre as albufeiras que pertencem ao cada grupo. As albufeiras CP\R Valera e Pocinho partilham o maior nível de similaridade (61%).

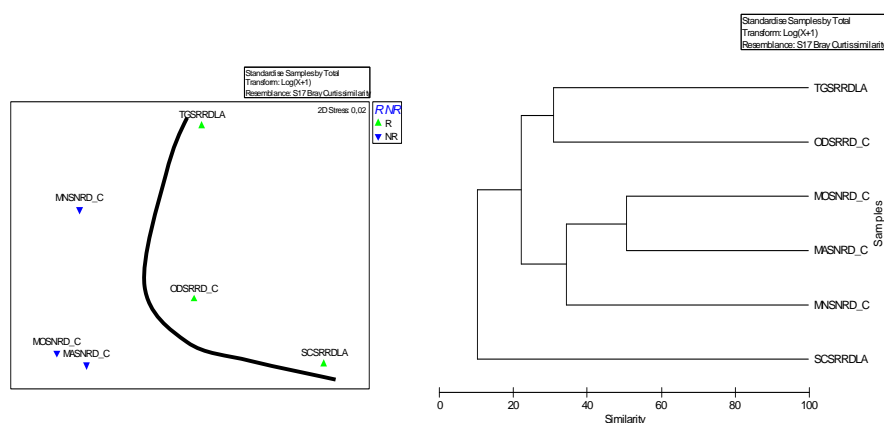


Figura 9.16. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (amostras rede de mão) das albufeiras tipo S (referência / não referência)

No caso das albufeiras tipo S (Figura 9.16), as albufeiras R\NR também tendem a ocupar áreas diferentes do espaço de ordenação nMDS, embora as albufeiras R são muitas dispersas, indicando pouca semelhança entre elas (valores S\R entre 8,25 – 24% similaridade). A albufeira S\R Santa Clara possui uma fauna macroinvertebrada claramente distinta das outras albufeiras (quer referência quer não referência). Tal como as albufeiras tipo N, existe maior similaridade entre as albufeiras S\NR (valores entre 33-51%).

Exuviae dos quironomídeos

Foram efectuadas análises nMDS e ACH/UPGMA sobre os dados de abundância relativa e presença ausência das amostras de exuvias por cada tipo e albufeira.

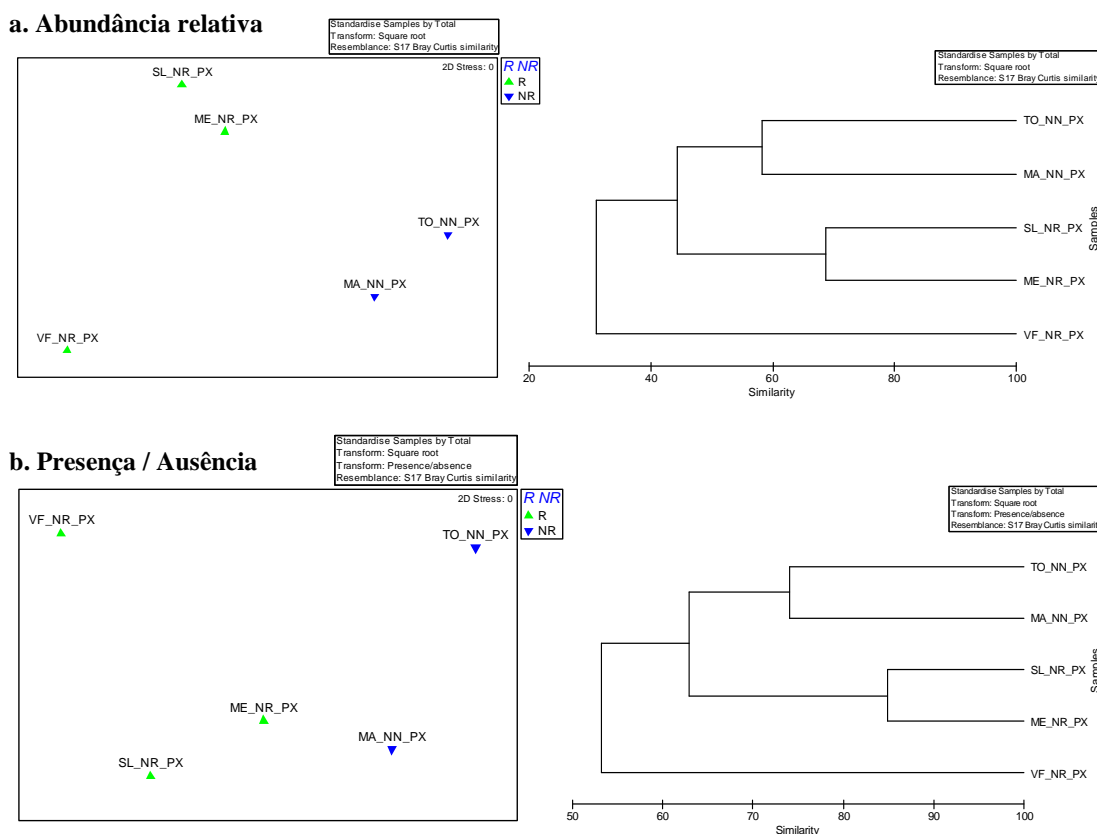


Figura 9.17. Análise nMDS e ACH/UPGMA de dados de (a) abundância relativa e (b) presença ausência das amostras de exuviae das albufeiras tipo N (referência / não referência).

Os dados de abundância relativa (Figura 9.17a) e de presença ausência (Figura 9.17b) ambos conferem alguma separação entre as albufeiras N (R\NR), embora os níveis de

similaridade dentro de cada grupo estão diferentes conforme o tipo de dados aplicados. O carácter fortemente distinta da albufeira Vilarinho das Furnas sobressai em ambas as análises (30.96% similaridade com as restantes albufeiras – abundância relativa; 53.24% similaridade com as restantes albufeiras – presença ausência) enquanto as restantes albufeiras NR (Marateca e Torrão) e R (Meimoa e Santa Luzia) partilham um maior grau de semelhança (albufeiras R dados presença ausência = 84.85% similaridade, albufeiras NR dados presença ausência = 74.07% similaridade; albufeiras R dados abundância relativa = 68.76% similaridade, albufeiras NR dados abundância relativa = 58.27% similaridade).

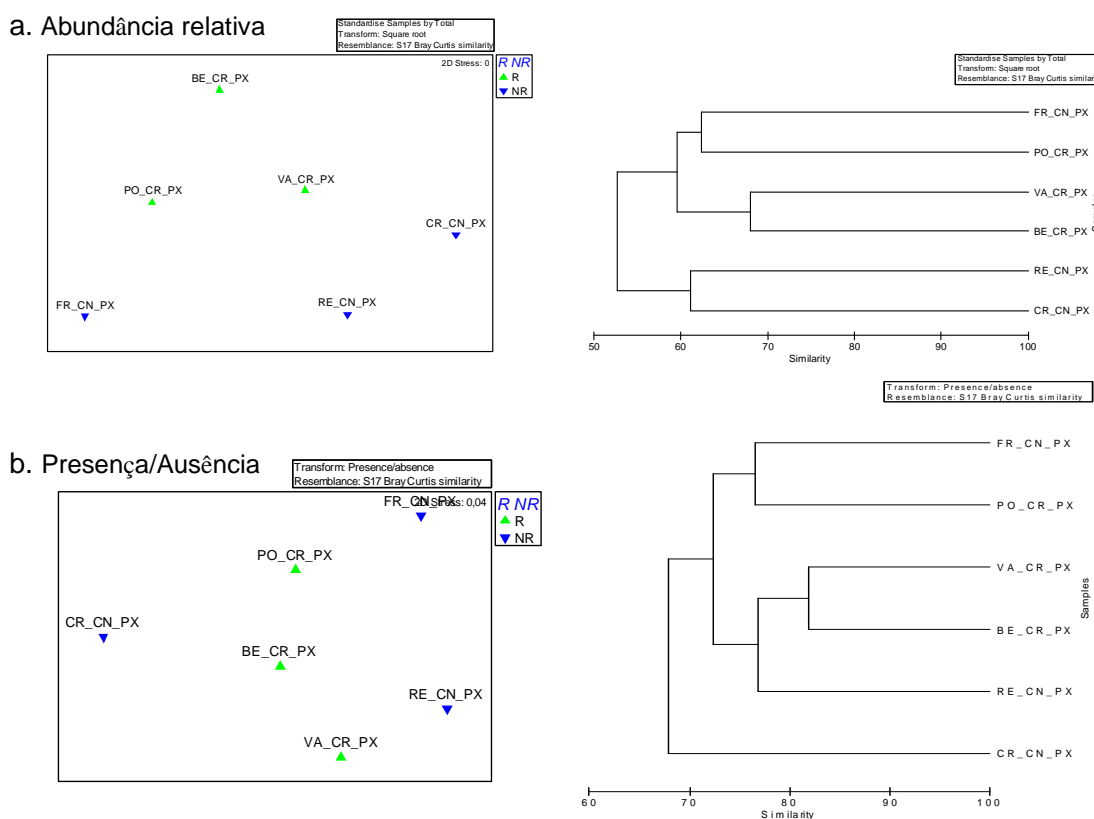


Figura 9.18. Análise nMDS e ACH/UPGMA de dados de (a) abundância relativa e (b) presença ausência das amostras de exuviae das albufeiras tipo CP (referência / não referência).

Análises nMDS e UPGMA das albufeiras dos cursos principais (Figura 9.18) nitidamente demonstram a forte dissimilaridade entre as albufeiras NR, em particular entre a

Crestuma e a Fratel e alguma similaridade entre as albufeiras R, embora esta associação está enfraquecida pela forte dissimilaridade entre as albufeiras NR deste grupo.

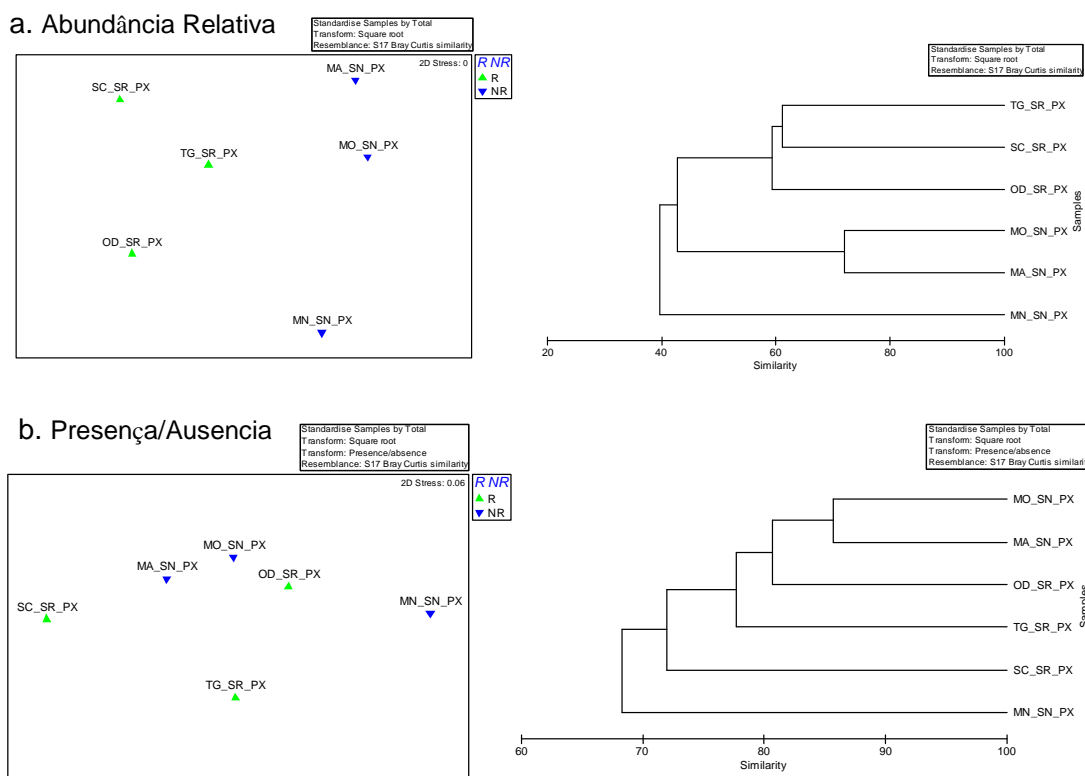


Figura 9.19. Análise nMDS e ACH/UPGMA de dados de (a) abundância relativa e (b) presença ausência das amostras de exuviae das albufeiras tipo S (referência / não referência).

Análises nMDS e UPGMA das albufeiras tipo S demonstram resultados diferentes a partir dos dados de abundância relativa e de presença ausência (Figura 9.19). As análises nMDS e UPGMA demonstram uma maior separação entre albufeiras R versus NR baseada nos dados de abundância relativa e uma fraca separação baseada nos dados de presença ausência, indicando a importância de tomar em consideração as proporções relativas de determinados géneros de quironómídeos. A comunidade de quironómídeos da albufeira de Monte Novo é nitidamente distinta.

Dados integrados de macroinvertebrados e exuviae

As análises nMDS ACH/UPGMA dos dados biológicos em conjunto por tipo de albufeira tendem a melhorar (i) a distinção entre albufeiras de referência e de não referência e (ii) o agrupamento de abufeiros dentro de de cada grupo (R\NR) embora algumas albufeiras R ou NR são fortemente diferentes.

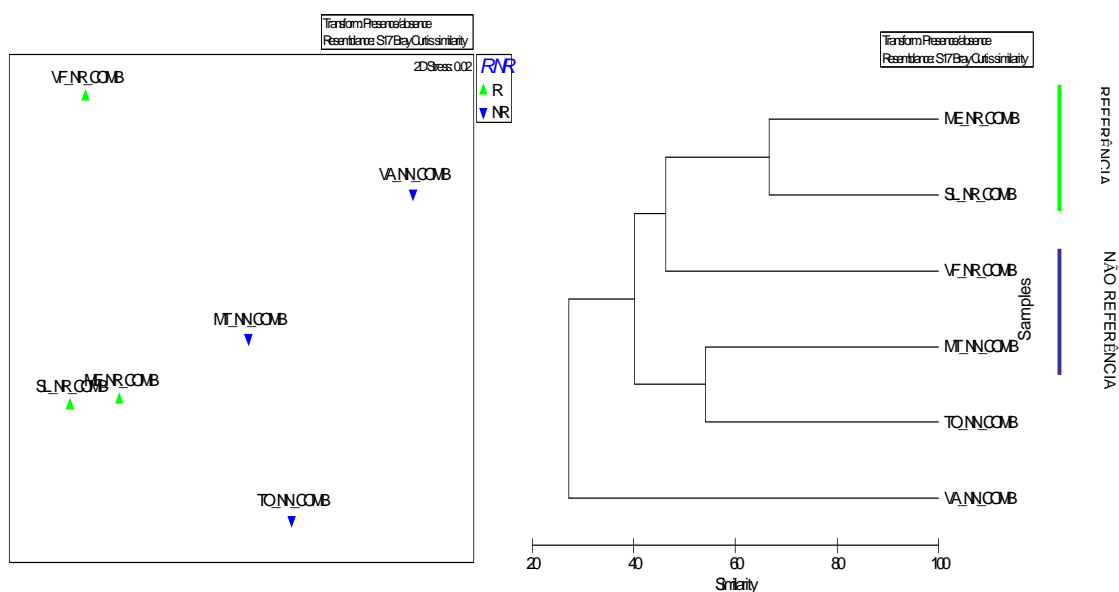


Figura 9.20. Análise nMDS e ACH/UPGMA dos dados de presença ausência dos arrastos litorais (macroinvertebrados) e de exuvias em albufeiras tipo N (referência / não referência).

No caso das albufeiras N (Figura 9.20) – caracterizadas por baixos níveis de abundância e de diversidade - a utilização de dados integrados permita a análise de todas as albufeiras neste grupo (foi excluída a albufeira Santa Luzia na análise das amostras dos macroinvertebrados devido o numero bastante reduzido de indivíduos recolhidos). Embora o carácter bastante distinta das albufeiras Vilarinho das Furnas (R) e Varosa (NR) mantém-se, os resultados do ACH/UPGMA claramente demonstram um maior grau de similaridade dentro dos grupo R e NR.

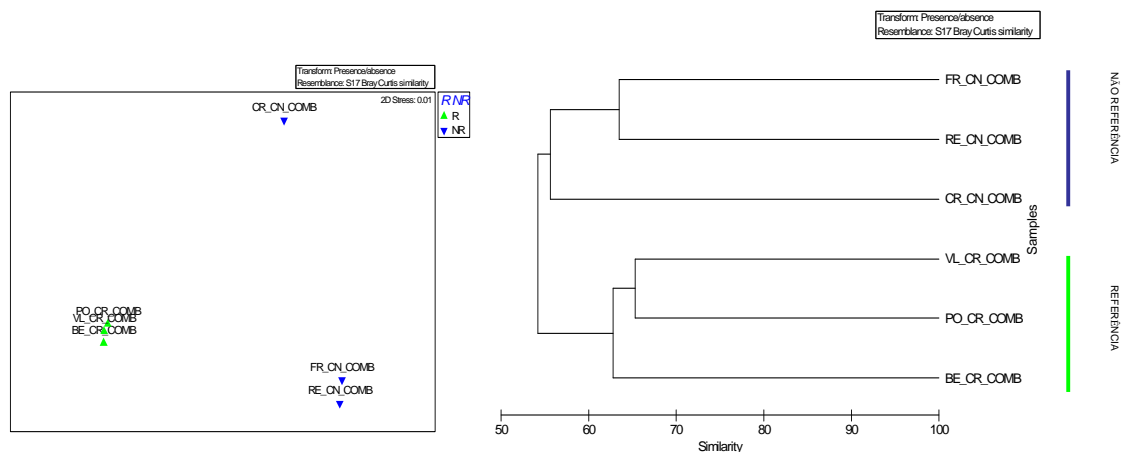


Figura 9.21. Análise nMDS e ACH/UPGMA dos dados de presença ausência dos arrastos litorais (macroinvertebrados) e de exuvias em albufeiras tipo CP (referência / não referência).

A melhoria no grau de similaridade entre as albufeiras R e algumas albufeiras NR (valores de similaridade $> 60\%$) do grupo CP utilizando os dados integrados é notável (Figura 9.21). Todavia o carácter fortemente distinto da albufeira Crestuma (NR) mantém-se.

No caso das albufeiras tipo S a natureza dispersa e distinta das albufeiras de R e de NR mantém-se, demonstrando fortes diferenças dentro de cada grupo quer na comunidade de macroinvertebrados quer na comunidade dos quironómídeos (Figura 9.22).

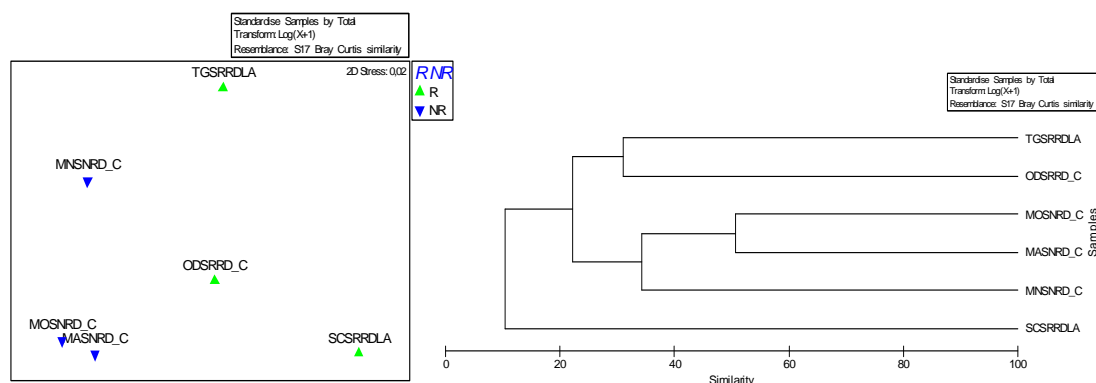


Figura 9.22. Análise nMDS e ACH/UPGMA dos dados de presença ausência dos arrastos litorais (macroinvertebrados) e de exuvias em albufeiras tipo S (referência / não referência).

9.3.3.2. Albufeiras de Referência e de Não Referência

As análises de nMDS e ACH/UPGMA entre todas as albufeiras de referência e das albufeiras de não referência facilitam a visualização e avaliação do grau de similaridade das comunidades biológicas dentro de cada grupo, assim facilitando o desenvolvimento de métricas na avaliação do potencial ecológico destas massas de água. A ocorrência de sub-grupos distintos de albufeiras dentro de grupo de referência ou de não referência indica comunidades de macroinvertebrados distintos e a necessidade de elaborar uma gama mais alargada de métricas na avaliação do potencial ecológico destas massas de água artificiais.

Macroinvertebrados - Amostras da rede de mão

Os resultados nMDS ACH/UPGMA (Figura 9.23a) revelam níveis de similaridade relativamente baixos entre as comunidades de macroinvertebrados (arrastos litorais) das albufeiras (grau de similaridade mais elevado = 61.29%) e que há uma fraca separação de albufeiras de referência por tipo.

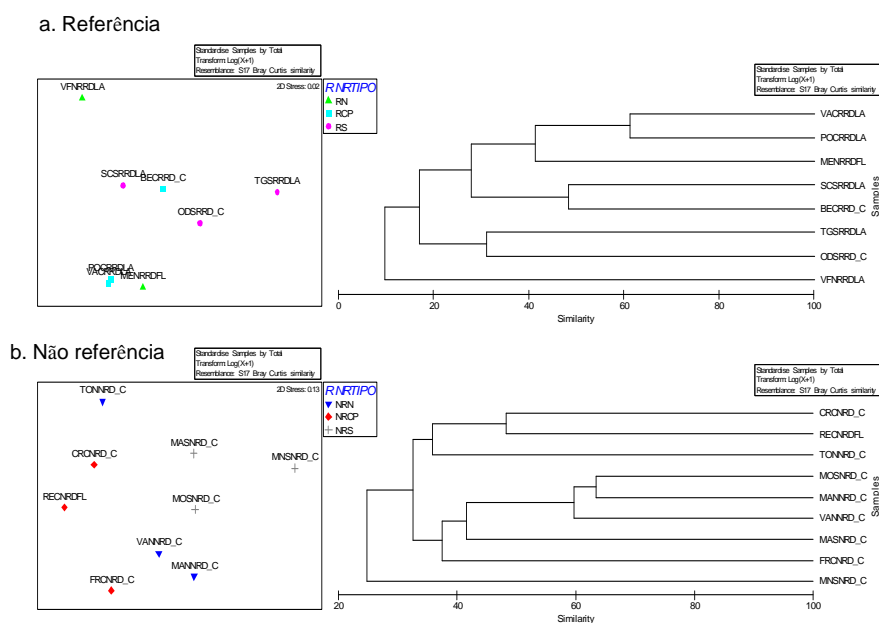


Figura 9.23. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras da rede de mão (macroinvertebrados) em albufeiras de referência e não referência.

No caso das albufeiras de não referência, o nMDS (Figura 9.23b) exibe uma fraca transição desde as albufeiras CP para as albufeiras N e finalmente as albufeiras do Sul, embora as albufeiras estejam algo dispersas no espaço de ordenação.

Exuviae de Quironomídeos

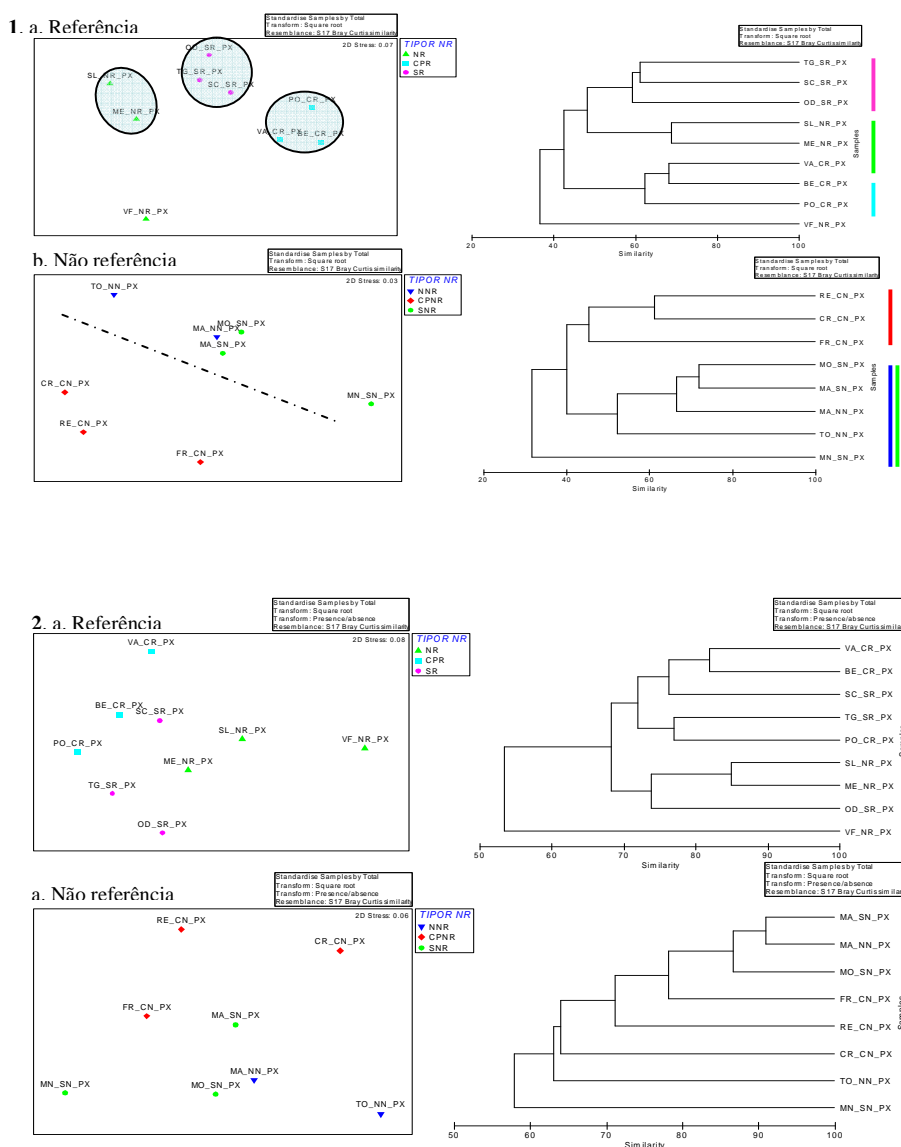


Figura 9.24. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de exuviae (1) abundância relativa e (2) presença ausência em albufeiras de referência e não referência.

Análises dos dados de abundância relativa dos exuviais dos quironómídeos (Figura 9.24(1a)) revelam uma forte agrupamento das albufeiras de referência por tipo – ou seja – as comunidades de quironómídeos nas albufeiras R\N, R\CP e R\S são distintas no que respeita a abundância relativa de determinados géneros. A albufeira Vilarinho das Furnas (R\N) possui uma comunidade de quironómídeos bastante distinta das restantes albufeiras de referência. No caso das albufeiras de não referência (Figura 9.24(1b)) as análises dos dados das exuviais revelam dois grandes grupos, nomeadamente as albufeiras NR\CP e as albufeiras NR\N-S. A separação entre tipos de albufeira (N\CP\S) não está tão evidente na análise dos dados de presença ausência quer para as albufeiras R quer NR 9.24(2a, 2b)).

Dados integrados de macroinvertebrados e exuviais

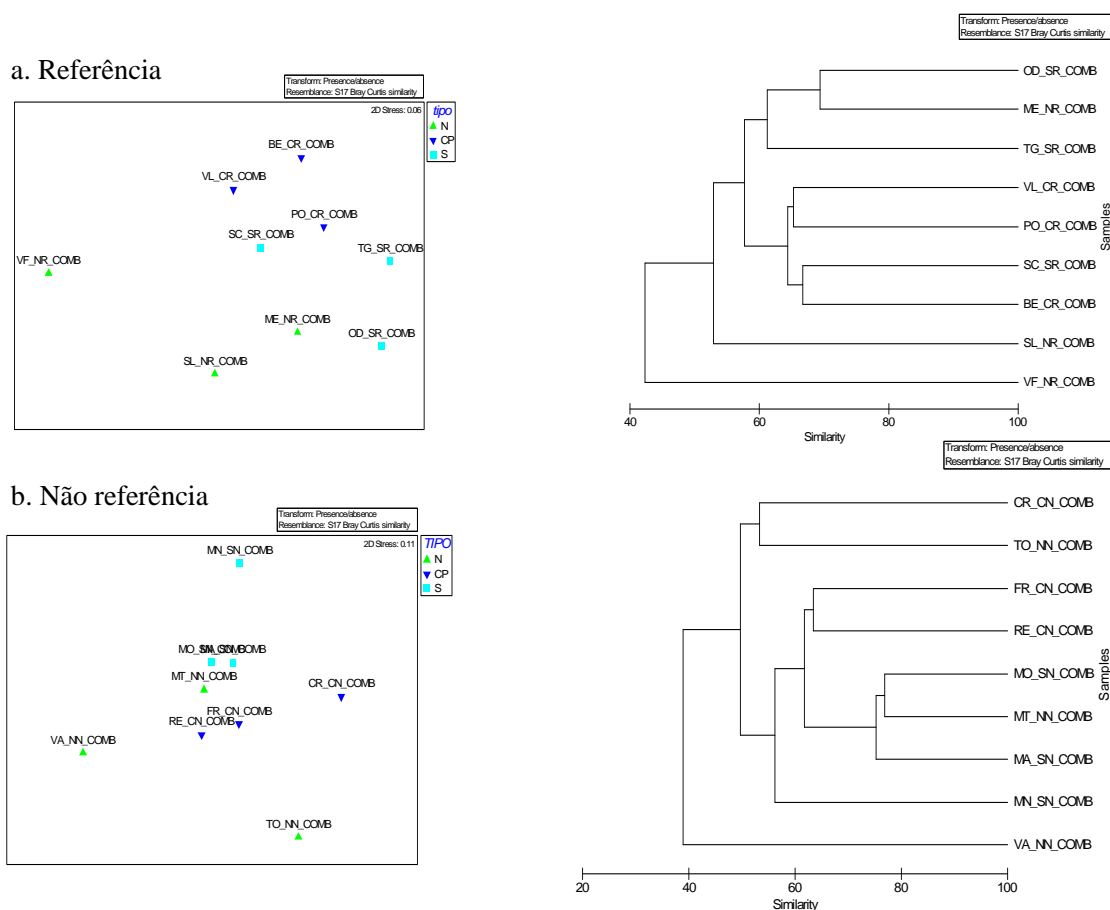


Figura 9.25. Análise nMDS e ACH/UPGMA das amostras de macroinvertebrados (rede de mão) e de exuviais (dados de presença ausência) em albufeiras de referência e não referência

A análise de dados integrados apresenta uma situação intermédia na avaliação do grau de similaridade entre albufeiras R por tipo e NR por tipo (Figura 9.25 a, b) comparada com as análises anteriores (macroinvertebrados- rede de mão e exuviae).

9.3.4. Testes ANOSIM

Tal como a análise ANOVA, a análise ANOSIM permite detectar diferenças entre determinados grupos de albufeiras (por exemplo R\NR ou tipo N\CP\S) baseado nos vários conjuntos de dados biológicos (macroinvertebrados – amostras da rede de mão, exuviae e dados integrados). É semelhante a uma análise de variância (ANOVA) o ANOSIM é um teste não-paramétrico, efectuado sobre a matriz de similaridade, que pretende testar a veracidade da hipótese nula de não haver diferenças entre grupos sob análise. O valor R obtido foi utilizado para analisar os resultados entre grupos de albufeiras da seguinte maneira (Clarke e Gorley 2006):

$R \geq 0,75$	grupos claramente distintos
$0,50 \leq R < 0,75$	grupos algo sobrepostos, mas distintos
$0,25 \leq R < 0,50$	grupos pouco distintos
$R < 0,25$	não há diferenciação entre grupos

Devido ao número reduzido de albufeiras contempladas nas análises ANOSIM, a maioria dos valores de P obtidos pelo software de PRIMER são derivados a partir dum número de permutações actuais inferior ao número inicial estipulado no teste (999 permutações) ou seja – são altamente influenciados pelo reduzido número de amostras (6 albufeira por tipo, 3 de referência ou de não referência por tipo, e ainda algumas excluídas devido aos níveis de abundância ou diversidade bastante reduzidas) e assim devem ser interpretados com alguma cautela.

Os valores R derivados a partir dos dados dos arrastos litorais dos macroinvertebrados (Quadro 9.4) indicam comunidades distintas mas algo sobrepostas entre albufeiras de referência e de não referência (os resultados do teste global, baseado em 999 permutações, revelam um resultado altamente significativo) mas pouca ou nenhuma diferença entre os tipos de albufeira (embora o número de permutações actuais efectuadas por análises pairwise = 462, indica cálculos efectuados a partir de poucas amostras) surgendo alguma

uniformidade nas comunidades de referência e de não referência irrespectivamente do tipo de albufeira.

Quadro 9.4. Resultados de ANOSIM entre (i) albufeiras de referência e de não referência e (ii) tipos de albufeira (Norte, Cursos Principais e Sul) para dados provenientes dos arrastos litorais (Rede de mão = RD) de macroinvertebrados, exuviae de quironomídeos e dados integrados dos dois grupos.

AR = abundância relativa e PA = presença ausência. Valores de $R > 0,5$ em negrito. Níveis de significância: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, $n = P < 0.1$.

Albufeiras	Grupo Biológico & dados analisados		R / NR		Tipo	
			R	P	R	P
Global	Macroinvertebrados (RD)	AR	0,601	0,001 ***	0,11	0,135
	Exuviae	AR	0,144	0,051 *	0,424 ¹	0,001 ***
	Exuviae	PA	0,107	0,065 ⁿ	0,335	0,001 ***
	Macroinvertebrados (RD) + Exuviae	PA	0,499	0,001 ***	0,227	0,01 **
Norte	Macroinvertebrados (RD)	AR	0,625	0,1		
	Exuviae	AR	0,583	0,1		
	Exuviae	PA	0,5	0,2		
	Macroinvertebrados (RD) + Exuviae	PA	0,63	0,1		
Curso Principais	Macroinvertebrados (RD)	AR	0,556	0,1		
	Exuviae	AR	0,222	0,2		
	Exuviae	PA	-0,222	0,8		
	Macroinvertebrados (RD) + Exuviae	PA	0,778	0,1		
Sul	Macroinvertebrados (RD)	AR	0,556	0,1		
	Exuviae	AR	0,667	0,1		
	Exuviae	PA	-0,222	0,9		
	Macroinvertebrados (RD) + Exuviae	PA	0,889	0,1		

Testes entre pares de grupos

Grupos	R	P	Nº Permutações efectuadas	Nº valores R observados \geq R calculado
N, CP	0.648	0.2	462	1
N, S	0.184	8.7	462	40
CP, S	0.439	0.2	462	1

No caso dos exuviae, os valores R obtidos dos dados de abundância relativa, quer da presença/ausência revelam somente uma relação de fraca significância entre as albufeiras de referência e de não referência. Existe uma maior (mas ainda fraca) diferenciação entre as comunidades das albufeiras N\CP\S baseada nos dados de abundância relativa. Os testes entre os pares de albufeiras por tipo demonstram (embora baseada num número reduzido – 462 - de permutações) que as comunidades das albufeiras N e CP são sobrepostos mas distintos. Entre as albufeiras de referência e de não referência divididas por tipo, todos os

tipos de dados demonstram alguma diferenciação entre albufeiras R\NR do Norte e do Sul (com a exceção dos exuviae dados de presença/ausência). No caso das albufeiras dos Cursos Principais as amostras de macroinvertebrados e os dados integrados melhor distinguem entre as albufeiras R e NR.

Quadro 9.5. Resultados de ANOSIM entre os tipos de albufeira (Norte, Curso Principais, Sul) de referência e de não referência baseados em (i) amostras da macroinvertebrados (rede de mão), (ii) exuviae de quironomídeos e (iii) dados integrados destes dois grupos. Valores de $R > 0,5$ em negrito. Níveis de significância: *** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, $n = P < 0.1$.

		R	P
REFERÊNCIA	Macroinvertebrados Rede Mão (Abundância Relativa)		
	Global	0,034	0,429
	Pairwise		
	N, CP	0,125	0,3
	N, S	-0,292	0,9
	CP, S	0,185	0,4
	Exuviae (Abundância Relativa)		
	Global	0,72	0,004 **
	Pairwise		
	N, CP	0,815	0,1
	N, S	0,481	0,1
	CP, S	1	0,1
NÃO REFERÊNCIA	Macroinvertebrados Rede Mão + Exuviae (Presença Ausência)		
	Global	0,292	0,043 **
	Pairwise		
	N, CP	0,463	0,1
	N, S	0,241	0,2
	CP, S	0,093	0,3
	Macroinvertebrados Rede Mão (Abundância Relativa)		
	Global	0,218	0,1
	Pairwise		
	N, CP	0,037	0,4
	N, S	0	0,7
	CP, S	0,667	0,1
NÃO REFERÊNCIA	Exuviae (Abundância Relativa)		
	Global	0,51	0,021 **
	Pairwise		
	N, CP	0,667	0,1
	N, S	0,083	0,5
	CP, S	0,704	0,1
	Macroinvertebrados Rede Mão + Exuviae (Presença Ausência)		
	Global	0,309	0,011 ***
	Pairwise		
	N, CP	0,148	0,3
	N, S	0,185	0,1
	CP, S	0,63	0,1

As comunidade de macroinvertebrados (arrastos litorais) são, segundo as análises globais do ANOSIM, indistinguíveis entre as albufeira N, CP, S de referência e de não

referência, embora existe uma diferença relativamente forte entre as comunidades das albufeiras CP e S de não referência segundo os testes entre pares de albufeiras NR (Quadro 9.5). No caso das exuviae (Quadro 9.5; dados de abundância relativa; os dados de presença ausência não foram analisados), a análise global demonstra uma forte agrupamento entre as albufeiras de referência por tipo – em particular entre as albufeiras N e CP e de não referência (as albufeiras NR\CP são nitidamente distintas das albufeiras NR\N e NR\S).

Baseado nos dados integrados e os resultados do ANOSIM global, não é possível distinguir entre as albufeiras de referência por tipo, nem a maioria das albufeiras de não referência por tipo com excepção das albufeiras CP e S de não referência.

9.3.5. SIMPER

Os resultados das análises SIMPER fornecem informação sobre o a percentagem de similaridade e de dissimilaridade entre albufeiras sob análise bem como a contribuição dos taxones para os valores obtidos, assim permitindo a selecção de “espécies” indicadoras para a avaliação do potencial ecológico das albufeiras.

O Quadro 9.6 reforça os resultados do nMDS e do ACH/UPGMA, nomeadamente os (i) baixos níveis de similaridade entre as comunidades de macroinvertebrados provenientes dos arrastos litorais nas albufeiras de referência (ii) maior grau similaridade média entre as comunidades nas albufeiras de não referência (iii) um elevado grau de dissimilaridade global entre as albufeiras de referência e de não referência.

Os exuviae e em particular os dados integrados aumentam o grau de similaridade dentro dos grupos de albufeiras de referência e de não referência (global e por tipo). Todavia o grau de dissimilaridade global entre albufeiras de referência e a não referência diminui (valor media de diminuição no valor de similaridade média = 29.82).

Quadro 9.6. Dados somatórios dos valores de similaridade e de dissimilaridade para as análises efectuadas sobre os dados dos macroinvertebrados (arrastos litorais, abundância relativa), exuviae de quironomídeos (abundância relativa) e dados integrados (presença ausência).

Grupo Biológico & dados analisados		Tipo	Similaridade (S) ou Dissimilaridade (D) média	
REFERÊNCIA VS NÃO REFERÊNCIA GLOBAL	Macroinvertebrados (Abundância Relativa)	R	S	22,44
		NR	S	35,14
		R & NR	D	87,52
	Exuviae (Abundância Relativa)	R	S	46,08
		NR	S	43,39
		R & NR	D	58,68
	Dados Integrados (Presença Ausência)	R	S	55,09
		NR	S	52,84
		R & NR	D	56,72
REFERÊNCIA VS NÃO REFERÊNCIA POR TIPO E ENTRE TIPOS	Macroinvertebrados (Abundância Relativa)	R\N	S	0,00
		NR\N	S	38,36
		R\N & N\RN	D	93,47
		R\CP	S	36,88
		NR\CP	S	38,44
		R\CP & NR\CP	D	77,80
		R\S	S	21,06
		NR\S	S	39,76
		R\S & NR\S	D	83,03
		R\N & R\CP	D	77,96
		R\N & R\S	D	80,52
		R\CP & R\S	D	77,19
		NR\N & NR\CP	D	63,92
		NR\N & NR\S	D	62,52
		NR\CP & NR\S	D	71,85
REFERÊNCIA VS NÃO REFERÊNCIA POR TIPO E ENTRE TIPOS	Exuviae Abundância Relativa	R\N	S	49,00
		NR\N	S	58,27
		R\N & NR\N	D	62,89
		R\CP	S	64,19
		NR\CP	S	50,65
		R\CP & NR\CP	D	43,62
		R\S	S	59,84
		NR\S	S	52,13
		R\S & NR\S	D	58,94
		R\N & R\CP	D	64,68
		R\N & R\S	D	55,19
		R\CP & R\S	D	53,48
		NR\N & NR\CP	D	59,70
		NR\N & NR\S	D	52,16
		NR\CP & NR\S	D	64,52

Grupo Biológico & dados analisados		Tipo	Similaridade (S) ou Dissimilaridade (D) média	
REFERÊNCIA VS NÃO REFERÊNCIA POR TIPO E ENTRE TIPOS	Dados Integrados (Presença/Ausência)	R\N	S	53,10
		NR\N	S	42,80
		R\N & NR\N	D	66,38
		R\CP	S	63,62
		NR\CP	S	58,27
		R\CP & NR\CP	D	45,81
		R\S	S	60,03
		NR\S	S	69,13
		R\S & NR\S	D	49,35
		R\N & R\CP	D	49,49
		R\N & R\S	D	48,00
		R\CP & R\S	D	41,09
		NR\N & NR\CP	D	50,69
		NR\N & NR\S	D	49,39
		NR\CP & NR\S	D	45,28

Quadro 9.7. Análise SIMPER de dados de abundância relativa de macroinvertebrados (arrastos litorais, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência (global, ou seja sem discriminação entre tipo de albufeira). Taxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.

Grupo R: Similaridade média: 22,44						
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
Aty_des	2,70	13,47	0,84	60,02	60,02	
Chi_FAM	1,36	3,20	0,58	14,25	74,27	
Sph_FAM	0,73	1,25	0,45	5,55	79,83	
Grupo NR: Similaridade média:: 35,14						
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
Lumb_FAM	2,84	12,04	2,24	34,26	34,26	
Chn_TRIB	2,03	6,61	1,06	18,80	53,06	
Ort_SUBF	1,22	3,13	0,91	8,90	61,96	
Tub_FAM	1,13	2,88	0,74	8,20	70,15	
Nai_FAM	1,14	2,49	0,68	7,08	77,24	
Tan_TRIB	1,21	1,97	0,46	5,61	82,85	
Grupo R & NR: Dissimilaridade média:= 87,52						
	Group R	Group NR				
	Ab. média	Ab. Media	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Aty_des	2,70	0,84	7,95	1,24	9,08	9,08
Lumb_FAM	0,80	2,84	7,82	1,61	8,93	18,01
Chn_TRIB	0,00	2,03	6,57	1,44	7,50	25,51

No caso dos macroinvertebrados recolhidos com arrastos litorais (Quadro 9.7), o táxon mais abundante e mais fortemente associado com albufeiras de referência (global) é o camarão de água doce *Atyaephyra desmarestii* (Malacostraca, Decapoda), enquanto os dois táxones mais abundantes encontrados com mais frequência nas albufeiras degradadas são larvas do tribo Chironomini (Díptera, Quironomídeos) e oligoquetas da família Lumbriculidae. O número bastante reduzido de macroinvertebrados indicadores provém do nível de elevada dissimilaridade entre as albufeiras em cada grupo (ver Quadro 9.8), em particular as albufeiras da referência (p. ex R\N similaridade = 0 ou dissimilaridade 100).

Quadro 9.8. Análise SIMPER de abundância de macroinvertebrados (arrasto litoral, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência por tipo (Norte, Cursos Principais, Sul). Taxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.

Grupo R\N: todas as similaridades = 0					
Grupo NR\N Similaridade média: 38,36					
	Ab.média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Lumb_FAM	2,91	14,61	3,40	38,08	38,08
Chn_TRIB	2,37	6,55	0,58	17,07	55,15
Nai_FAM	1,68	6,13	1,00	15,98	71,13
Tan_TRIB	1,94	4,37	0,58	11,39	82,53
Ort_SUBF	1,64	3,90	0,58	10,15	92,68
Grupo R\CP Similaridade média: 36,88					
	Ab.média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Aty_des	3,99	33,53	1,39	90,92	90,92
Grupo NR\CP Similaridade média: 38,44					
	Ab.média	Sim. Média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Chn_TRIB	2,83	14,33	19,00	37,29	37,29
Lumb_FAM	2,69	9,20	1,37	23,93	61,22
Aty_des	2,47	6,31	0,82	16,42	77,64
Gyr_alb	1,43	2,96	0,58	7,70	85,34
Grupo R\S Similaridade média: 21,06					
	Ab.média	Sim. Média	Sim/SD	Contrib %	Cum.%
Aty_des	1,82	5,19	0,58	24,63	24,63
Hel_sta	1,84	3,36	0,58	15,95	40,58

Dug_GEN	1,48	3,06	0,58	14,54	55,12	
Lumb_FAM	1,77	2,87	0,58	13,63	68,75	
Chi_FAM	1,32	2,76	0,58	13,09	81,84	
Pro_cam	1,17	2,75	0,58	13,06	94,90	
Grupo NR\S Similaridade média: 39,76						
	Ab.média	Sim. Media	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
Lumb_FAM	2,91	10,28	6,37	25,86	25,86	
Ort_SUBF	1,50	4,37	5,00	11,00	36,85	
Psy_FAM	1,06	3,63	3,56	9,13	45,98	
Cox_FAM	1,16	3,48	1,00	8,75	54,73	
Chn_TRIB	0,89	3,30	7,94	8,29	63,03	
Nai_FAM	1,58	2,96	1,23	7,45	70,48	
Tub_FAM	1,28	2,67	0,58	6,71	77,19	
Grupos R\N & NR\N Dissimilaridade média = 93,47						
	Grupo R\N	Grupo NR\N				
	Ab.média	Ab. Media	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Lumb_FAM	0,00	2,91	10,07	3,77	10,77	10,77
Chn_TRIB	0,00	2,37	7,98	1,29	8,54	19,31
Pro_GEN	1,98	0,00	6,99	0,91	7,48	26,79
Aty_des	2,08	0,06	6,90	0,93	7,38	34,18
Chi_FAM	1,84	0,35	6,47	1,07	6,93	41,10
Tan_TRIB	0,00	1,94	6,44	1,25	6,89	47,99
Nai_FAM	0,00	1,68	5,92	1,67	6,34	54,33
Ort_SUBF	0,81	1,64	4,68	1,31	5,01	59,34
Grupos R\N & R\CP: Dissimilaridade média = 77,96						
	Grupo R\N	Grupo R\CP				
	Ab.média	Ab. Media	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Aty_des	2,08	3,99	10,66	0,95	13,67	13,67
Pro_GEN	1,98	0,00	9,12	0,85	11,70	25,37
Chi_FAM	1,84	1,08	8,39	0,96	10,77	36,14
Mic_GEN	1,34	0,00	5,64	0,86	7,24	43,38
Lum_FAM	0,00	1,07	5,17	0,64	6,63	50,01
Sph_FAM	1,16	0,53	4,90	0,91	6,29	56,30
Epm_GEN	1,16	0,00	4,86	0,86	6,24	62,53
Tan_SUBF	0,98	0,23	4,51	0,89	5,79	68,32
Phs_FAM	0,00	1,17	4,25	1,28	5,45	73,77
Grupos NR\N& NR\CP: Dissimilaridade média = 63,92						
	Grupo NR\N	Grupo NR\CP				
	Ab.média	Ab. Media	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Aty_des	0,06	2,47	6,64	1,42	10,39	10,39

Tan_TRIB	1,94	0,44	5,06	1,66	7,92	18,31
Gyr_alb	1,13	1,43	4,62	1,25	7,23	25,54
Nai_FAM	1,68	0,16	4,58	1,52	7,17	32,71
Ort_SUBF	1,64	0,53	4,30	1,48	6,73	39,43
Chn_TRIB	2,37	2,83	4,24	1,29	6,64	46,07
Enc_FAM	1,13	0,67	3,95	1,05	6,17	52,25
Lumb_FAM	2,91	2,69	3,69	1,51	5,77	58,02
Iso_FAM	0,00	1,03	3,41	0,67	5,33	63,35
Grupos R\CP & NR\CP: Dissimilaridade média = 77,80						
	Grupo R\CP	Grupo NR\CP				
	Ab.média	Ab. Media	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chn_TRIB	0,00	2,83	9,93	4,05	12,77	12,77
Lumb_FAM	0,36	2,69	9,16	1,23	11,77	24,54
Aty_des	3,99	2,47	7,19	0,89	9,24	33,78
Gyr_alb	0,00	1,43	4,71	1,16	6,05	39,83
Lum_FAM	1,07	0,25	4,45	0,84	5,72	45,55
Iso_FAM	0,00	1,03	4,34	0,63	5,57	51,12
Grupos R\N& R\S: Dissimilaridade média = 80,52						
	Grupo R\N	Grupo R\S				
	Ab.média	Ab. Media	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Aty_des	2,08	1,82	7,49	1,40	9,30	9,30
Pro_GEN	1,98	0,00	7,38	0,91	9,17	18,47
Chi_FAM	1,84	1,32	6,71	1,36	8,34	26,80
Hel_sta	0,00	1,84	6,64	1,02	8,24	35,05
Lumb_FAM	0,00	1,77	6,11	1,03	7,58	42,63
Dug_GEN	0,00	1,48	5,31	1,09	6,59	49,22
Cae_luc	0,00	1,36	5,13	0,64	6,37	55,59
Mic_GEN	1,34	0,50	4,74	1,14	5,89	61,48
Pro_cam	0,00	1,17	4,36	1,14	5,42	66,90
Sph_FAM	1,16	0,64	4,10	1,36	5,10	71,99
Epm_GEN	1,16	0,44	4,07	1,09	5,06	77,05
Grupos R\CP & R\S: Dissimilaridade média = 77,19						
	Grupo R\CP	Grupo R\S				
	Ab. Media	Ab. Media	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Aty_des	3,99	1,82	8,93	1,23	11,56	11,56
Hel_sta	0,00	1,84	7,00	0,99	9,07	20,63
Cae_luc	0,98	1,36	6,21	0,78	8,05	28,68
Lumb_FAM	0,36	1,77	6,12	0,98	7,93	36,61
Dug_GEN	0,46	1,48	5,23	0,99	6,78	43,39
Chi_FAM	1,08	1,32	4,94	1,14	6,40	49,79

Pro_cam	0,00	1,17	4,62	1,10	5,98	55,77
Lum_FAM	1,07	0,00	4,45	0,67	5,76	61,53
Grupos NR\N & NR\S: Dissimilaridade média = 62,52						
	Grupo NR\N	Grupo NR\S				
	Ab. média	Ab. Média	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
Chn_TRIB	2,37	0,89	5,32	2,31	8,50	8,50
Tan_TRIB	1,94	1,24	4,85	1,24	7,76	16,26
Enc_FAM	1,13	0,58	3,48	1,16	5,56	21,82
Nai_FAM	1,68	1,58	3,26	1,55	5,22	27,04
Ort_SUBF	1,64	1,50	3,23	1,63	5,17	32,22
Dug_GEN	0,00	1,29	3,12	0,67	5,00	37,21
Grupos NR\CP & NR\S: Dissimilaridade média = 71,85						
	Grupo NR\CP	Grupo NR\S				
	Ab. média	Ab. média	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
Aty_des	2,47	0,00	6,04	1,46	8,41	8,41
Chn_TRIB	2,83	0,89	4,87	5,87	6,78	15,19
Nai_FAM	0,16	1,58	3,81	1,13	5,30	20,49
Tan_TRIB	0,44	1,24	3,71	0,96	5,17	25,66
Grupos R\S & NR\S: Dissimilaridade média = 83,03						
	Grupo R\S	Grupo NR\S				
	Ab. média	Ab. média	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
Lumb_FAM	1,77	2,91	5,10	1,50	6,14	6,14
Aty_des	1,82	0,00	4,88	1,30	5,88	12,02
Dug_GEN	1,48	1,29	4,73	1,29	5,70	17,71
Hel_sta	1,84	0,26	4,73	1,13	5,69	23,41
Nai_FAM	0,00	1,58	4,32	1,22	5,21	28,62

Quadro 9.9. Análise SIMPER da abundância relativa de exuviae de quironomídeos (similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência. Somente os gêneros que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.

Grupo R Similaridade média: 46.08					
	Ab. média	Sim média	Sim/SD	Contrib%	Cum. %
<i>Procladius</i>	4.05	9.20	1.52	19.95	19.95
<i>Tanytarsus</i>	2.73	4.77	1.27	10.35	30.31
<i>Ablabesmyia</i>	2.24	3.34	1.16	7.25	37.56
<i>Cricotopus</i>	2.08	3.15	1.26	6.84	44.40
<i>Cladotanytarsus</i>	2.03	2.79	0.92	6.06	50.46

<i>Microtendipes</i>	1.09	2.40	1.56	5.21	55.67	
Grupo NR Similaridade média: 43.39						
	Ab. média	Sim médi	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Cladotanytarsus</i>	3.79	6.78	0.92	15.63	15.63	
<i>Procladius</i>	2.58	4.47	1.22	10.31	25.95	
<i>Microchironomus</i>	2.40	3.80	0.79	8.77	34.71	
<i>Cricotopus</i>	2.28	3.75	1.45	8.65	43.36	
<i>Chironomus</i>	1.75	3.21	1.25	7.39	50.75	
<i>Psectrocladius</i>	1.48	2.42	1.19	5.57	56.32	
<i>Microtendipes</i>	1.39	2.37	1.03	5.45	61.78	
Grupo R & NR Dissimilaridade média = 58.68						
	Grupo R	Grupo NR				
	Ab.média	Ab.média	Dis. média	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cladotanytarsus</i>	2.03	3.79	4.92	1.29	8.39	8.39
<i>Procladius</i>	4.05	2.58	4.42	1.63	7.52	15.92
<i>Tanytarsus</i>	2.73	1.38	3.52	1.10	6.01	21.92
<i>Microchironomus</i>	1.02	2.40	3.48	1.15	5.93	27.85
<i>Cricotopus</i>	2.08	2.28	3.20	1.09	5.45	33.30
<i>Harnischia</i>	1.90	0.05	3.13	0.81	5.34	38.64
<i>Ablabesmyia</i>	2.24	1.04	3.11	1.05	5.29	43.93
<i>Polypedilum</i>	1.62	1.75	3.03	1.16	5.17	49.10

O número de géneros de quironómídeos (Quadro 9.9) seleccionado como potenciais indicadores de pressão é nitidamente superior ao número de indicadores de macroinvertebrados. Todavia a (ii) natureza distinta de alguns géneros nas colheitas de exuviae por tipo de albufeira - em particular as albufeiras CP - e a ubiquidade de outros géneros exercem uma influência forte sobre os resultados globais. Membros dos géneros *Procladius* e *Tanytarsus* são nitidamente mais abundantes nas albufeiras tipo R do Norte e do Sul (Quadro 9.11). Todavia são mais abundantes nas albufeiras NR dos Cursos Principais, junto com exuviae do género *Dicrotendipes*. Os géneros mais abundantes nas albufeiras NR são do género *Cladotanytarsus* (Quadro 9.10, análise global), todavia uma análise mais pormenorizada (Quadro 9.10 análises R e RN por tipo) revela que os géneros mais abundantes por cada tipo de albufeira NR são distintos.

Quadro 9.10. Análise SIMPER de dados de abundância relativa de exuviae (similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência por tipo (Norte, Cursos Principais, Sul). Taxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade ou de dissimilaridade média são listados.

Grupo R\N: Similaridade média: 49,00					
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Procladius</i>	3,85	12,23	16,24	24,97	24,97
<i>Tanytarsus</i>	4,56	10,19	1,80	20,80	45,77
<i>Harnischia</i>	3,73	4,41	0,58	9,01	54,78
<i>Cladotanytarsus</i>	3,05	3,72	0,58	7,58	62,36
<i>Corynoneura</i>	1,26	3,69	2,72	7,52	69,88
<i>Psectrocladius</i>	1,96	2,71	1,01	5,54	75,42
<i>Parakiefferiella</i>	1,75	2,43	1,87	4,96	80,37
<i>Cryptochironomus</i>	1,04	1,98	3,77	4,03	84,41
<i>Polypedilum</i>	0,47	1,56	7,91	3,18	87,59
<i>Ablabesmyia</i>	0,60	1,53	10,25	3,13	90,72
Grupo NR\N: Similaridade média: 58,27					
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cladotanytarsus</i>	6,45	19,73	9,26	33,86	33,86
<i>Microchironomus</i>	4,14	10,75	4,98	18,45	52,31
<i>Cryptochironomus</i>	3,12	7,11	8,97	12,20	64,51
<i>Chironomus</i>	1,84	6,51	5,97	11,18	75,69
<i>Cricotopus</i>	2,22	3,18	8,18	5,45	81,14
<i>Microtendipes</i>	1,93	2,84	16,32	4,88	86,02
<i>Procladius</i>	1,49	2,70	9,26	4,64	90,66
Grupo R\CP: Similaridade média: 64,19					
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cricotopus</i>	4,01	8,00	4,20	12,46	12,46
<i>Dicrotendipes</i>	3,75	7,83	16,92	12,20	24,66
<i>Polypedilum</i>	3,19	7,12	3,77	11,09	35,75
<i>Cladopelma</i>	2,78	6,80	6,93	10,59	46,34
<i>Tanytarsus</i>	2,64	5,80	2,43	9,04	55,38
<i>Microchironomus</i>	2,33	5,35	14,17	8,33	63,71
Grupo NR\CP: Similaridade média: 50,65					
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Procladius</i>	4,93	12,62	2,41	24,92	24,92
<i>Dicrotendipes</i>	3,23	8,37	6,04	16,53	41,45
<i>Polypedilum</i>	3,64	6,50	1,65	12,83	54,28
<i>Cricotopus</i>	1,20	3,29	3,27	6,49	60,77

<i>Microchironomus</i>	2,75	3,11	0,58	6,15	66,92	
<i>Cladotanytarsus</i>	1,68	2,95	6,91	5,83	72,75	
<i>Chironomus</i>	2,41	2,75	0,58	5,44	78,19	
<i>Parachironomus</i>	0,98	2,59	2,86	5,12	83,31	
<i>Ablabesmyia</i>	1,84	2,55	0,58	5,03	88,34	
Grupo R\S: Similaridade média: 59,84						
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Procladius</i>	5,54	15,28	9,26	25,53	25,53	
<i>Ablabesmyia</i>	4,09	8,49	4,98	14,19	39,73	
<i>Cricotopus</i>	1,79	4,80	8,97	8,01	47,74	
<i>Harnischia</i>	1,59	4,54	5,97	7,59	55,33	
<i>Paratanytarsus</i>	1,42	4,20	8,18	7,03	62,36	
<i>Microtendipes</i>	1,24	3,54	16,32	5,92	68,28	
Grupo NR\S: Similaridade média: 52,13						
	Ab. média	Sim. média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
<i>Paratanytarsus</i>	2,67	7,83	20,62	15,02	15,02	
<i>Parachironomus</i>	2,40	6,32	10,13	12,13	27,15	
<i>Cladotanytarsus</i>	4,12	5,98	0,58	11,47	38,62	
<i>Psectrocladius</i>	2,54	4,82	6,09	9,25	47,87	
<i>Glyptotendipes</i>	2,06	4,18	1,82	8,01	55,88	
<i>Cricotopus</i>	3,40	4,15	0,87	7,97	63,85	
<i>Microtendipes</i>	1,39	3,02	1,64	5,79	69,64	
Grupos R\N & NR\R: Dissimilaridade média= 62,89						
	Grupo R\N	Grupo NR\N				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Microchironomus</i>	0,55	4,14	6,67	2,02	10,61	10,61
<i>Cladotanytarsus</i>	3,05	6,45	6,64	1,23	10,56	21,17
<i>Harnischia</i>	3,73	0,00	6,59	1,11	10,49	31,65
<i>Tanytarsus</i>	4,56	1,48	6,02	1,31	9,56	41,22
<i>Procladius</i>	3,85	1,49	4,21	2,28	6,70	47,91
<i>Cryptochironomus</i>	1,04	3,12	3,57	1,57	5,67	53,58
<i>Parakiefferiella</i>	1,75	0,00	3,25	1,08	5,17	58,76
Grupos R\N & R\CP: Dissimilaridade média= 64,68						
	Grupo R\N	Grupo R\CP				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Dicrotendipes</i>	0,00	3,75	5,92	2,74	9,15	9,15
<i>Cricotopus</i>	0,46	4,01	5,64	2,18	8,72	17,87
<i>Harnischia</i>	3,73	0,38	5,63	1,23	8,71	26,58
<i>Polypedilum</i>	0,47	3,19	4,29	3,16	6,64	33,21

<i>Cladotanytarsus</i>	3,05	0,83	4,27	1,60	6,60	39,81
<i>Procladius</i>	3,85	2,76	4,07	2,08	6,29	46,10
<i>Tanytarsus</i>	4,56	2,64	3,99	1,39	6,17	52,27
Grupos NR\N & NR\CP: Dissimilaridade média= 59,70						
	GrupoNR\N	GrupoNR\CP				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cladotanytarsus</i>	6,45	1,68	8,38	2,65	14,04	14,04
<i>Procladius</i>	1,49	4,93	5,87	1,98	9,84	23,88
<i>Dicortendipes</i>	0,00	3,23	5,57	3,35	9,34	33,22
<i>Polypedilum</i>	0,68	3,64	5,21	1,27	8,73	41,95
<i>Cryptochironomus</i>	3,12	0,20	4,92	2,72	8,24	50,18
<i>Microchironomus</i>	4,14	2,75	3,99	1,17	6,68	56,86
<i>Chironomus</i>	1,84	2,41	3,12	1,66	5,23	62,09
<i>Ablabesmyia</i>	0,24	1,84	3,03	1,35	5,07	67,16
Grupos R\CP & NR\CP: Dissimilaridade média= 43,62						
	GrupoR\CP	GrupoNR\CP				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Procladius</i>	2,76	4,93	4,56	1,38	10,44	10,44
<i>Cricotopus</i>	4,01	1,20	4,29	1,78	9,84	20,28
<i>Cladopelma</i>	2,78	0,60	3,34	4,51	7,65	27,93
<i>Chironomus</i>	1,05	2,41	3,17	1,55	7,27	35,20
<i>Microchironomus</i>	2,33	2,75	3,16	1,67	7,25	42,45
<i>Polypedilum</i>	3,19	3,64	2,91	1,47	6,67	49,11
<i>Tanytarsus</i>	2,64	1,13	2,75	1,55	6,29	55,41
<i>Ablabesmyia</i>	2,05	1,84	2,60	1,65	5,97	61,37
Grupos R\N & R\S: Dissimilaridade média= 55,19						
	GrupoR\N	GrupoR\S				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Tanytarsus</i>	4,56	0,99	6,07	1,45	11,00	11,00
<i>Ablabesmyia</i>	0,60	4,09	6,04	1,61	10,94	21,94
<i>Harnischia</i>	3,73	1,59	5,31	1,65	9,62	31,56
<i>Cladotanytarsus</i>	3,05	2,20	4,33	1,54	7,85	39,40
<i>Stempellina</i>	0,75	2,06	2,90	1,08	5,25	44,66
<i>Procladius</i>	3,85	5,54	2,86	1,52	5,18	49,83
<i>Parakiefferiella</i>	1,75	1,76	2,77	1,43	5,02	54,85
Grupos R\CP & R\S: Dissimilaridade média= 53,48						
	GrupoR\CP	GrupoR\S				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Dicortendipes</i>	3,75	0,48	4,83	2,18	9,03	9,03

<i>Procladius</i>	2,76	5,54	4,78	1,44	8,93	17,96
<i>Ablabesmyia</i>	2,05	4,09	3,87	1,31	7,24	25,20
<i>Cladopelma</i>	2,78	0,27	3,72	3,60	6,95	32,14
<i>Polypedilum</i>	3,19	1,20	3,33	1,60	6,22	38,36
<i>Cricotopus</i>	4,01	1,79	3,29	1,38	6,16	44,52
<i>Microchironomus</i>	2,33	0,19	3,17	2,95	5,92	50,44
<i>Stempellina</i>	0,34	2,06	2,73	1,09	5,10	55,54
Grupos NR\N & NR\S: Dissimiliaridade média= 52,16						
	GrupoNR\N	GrupoNR\S				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Microchironomus</i>	4,14	0,88	5,67	1,97	10,88	10,88
<i>Cladotanytarsus</i>	6,45	4,12	4,90	0,89	9,40	20,28
<i>Cricotopus</i>	2,22	3,40	4,45	1,15	8,54	28,82
<i>Parachironomus</i>	0,00	2,40	4,03	4,26	7,73	36,55
<i>Paratanytarsus</i>	0,29	2,67	4,02	4,28	7,71	44,25
<i>Endochironomus</i>	0,00	1,85	3,27	0,76	6,27	50,53
<i>Cryptochironomus</i>	3,12	1,40	3,00	1,19	5,76	56,28
<i>Psectrocladius</i>	1,07	2,54	2,69	1,03	5,15	61,43
Grupos NR\CP & NR\S: Dissimiliaridade média= 64,52						
	GrupoNR\CP	GrupoNR\S				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Procladius</i>	4,93	0,96	6,48	2,48	10,04	10,04
<i>Cladotanytarsus</i>	1,68	4,12	5,70	2,01	8,83	18,87
<i>Polypedilum</i>	3,64	0,59	4,95	1,37	7,67	26,54
<i>Dicrotendipes</i>	3,23	0,42	4,58	2,47	7,10	33,64
<i>Cricotopus</i>	1,20	3,40	4,55	1,16	7,05	40,69
<i>Microchironomus</i>	2,75	0,88	4,06	1,30	6,29	46,98
<i>Paratanytarsus</i>	0,53	2,67	3,48	2,52	5,39	52,36
<i>Chironomus</i>	2,41	1,04	3,37	1,54	5,22	57,59
Grupos R\S & NR\S: Dissimiliaridade média= 58,94						
	GrupoR\S	GrupoNR\S				
	Ab. média	Ab. média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Procladius</i>	5,54	0,96	7,25	3,80	12,30	12,30
<i>Ablabesmyia</i>	4,09	0,78	5,36	1,53	9,10	21,40
<i>Cladotanytarsus</i>	2,20	4,12	5,26	1,61	8,92	30,32
<i>Cricotopus</i>	1,79	3,40	4,05	1,23	6,87	37,19
<i>Parachironomus</i>	0,27	2,40	3,30	3,78	5,60	42,79

Os resultados SIMPER dos dados integrados (Quadros 9.11 e 9.12) realçam (i) a importância das exuviae na identificação e caracterização das albufeiras de referência, embora (ii) a importância das comunidades litorais de macroinvertebrados na caracterização das albufeiras de não referência

Quadro 1.11 Análise SIMPER de dados de presença ausência de dados integrados (macroinvertebrados – arrasto litoral e exuviae de quironomídeos, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência (global). Somente os táxones que contribuem $\geq 5\%$ ao valor de similaridade e 2% de dissimilaridade média são listados.

Grupo R Similaridade média: 55.09						
	Ab. média	Sim média	Sim/SD	Contrib %	Cum.%	
<i>Psectrocladius</i>	1.00	4.07	7.57	7.39	7.39	
<i>Ablabesmyia</i>	1.00	4.07	7.57	7.39	14.78	
<i>Tanytarsus</i>	0.89	3.19	1.77	5.79	20.56	
<i>Polypedilum</i>	0.89	3.19	1.77	5.79	26.35	
<i>Procladius</i>	0.89	3.12	1.77	5.66	32.01	
<i>Cricotopus</i>	0.89	3.05	1.79	5.53	37.54	
<i>Cladotanytarsus</i>	0.89	3.05	1.79	5.53	43.07	
<i>Microtendipes</i>	0.89	3.05	1.79	5.53	48.60	
Grupo NR Similaridade média: 52.84						
	Ab.média	Sim média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
Lumb_FAM	1.00	3.66	4.45	6.93	6.93	
Chironomus	0.89	2.84	1.65	5.37	12.30	
Ort_SUBF	0.89	2.68	1.72	5.07	17.37	
Chn_TRIB	0.89	2.68	1.72	5.07	22.45	
Grups R & NR Dissimilaridade média: 56.72						
	GrupoR	GrupoNR				
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Chn_TRIB	0.00	0.89	1.67	2.42	2.95	2.95
Nai_FAM	0.00	0.78	1.51	1.68	2.67	5.61
Enc_FAM	0.00	0.78	1.44	1.75	2.54	8.15
Lumb_FAM	0.33	1.00	1.35	1.33	2.38	10.53
Ort_SUBF	0.22	0.89	1.34	1.48	2.37	12.90
Tub_FAM	0.11	0.78	1.34	1.50	2.37	15.27
<i>Parakiefferiella</i>	0.67	0.00	1.33	1.33	2.35	17.62
<i>Corynoneura</i>	0.78	0.22	1.29	1.28	2.28	19.90
<i>Harnischia</i>	0.67	0.11	1.24	1.23	2.18	22.08
<i>Glyptotendipes</i>	0.33	0.78	1.13	1.14	2.00	24.08

Quadro 9.12. Análise SIMPER da presença ausência de dados integrados (macroninvertebrados – arrastos litorais - e exuviae de quironomídeos, similaridade Bray Curtis) entre albufeiras de referência e de não referência por tipo (N, CP, S).

Grupo R\N Similaridade média: 53.10					
	Ab.média	Sim.média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Procladius</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	9.43
<i>Psectrocladius</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	18.86
<i>Tanytarsus</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	28.30
<i>Ablabesmyia</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	37.73
<i>Polypedilum</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	47.16
<i>Cryptochironomus</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	56.59
<i>Corynoneura</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	66.02
<i>Parakiefferiella</i>	1.00	5.01	19.98	9.43	75.46
<i>Phaenopsectra</i>	0.67	1.75	0.58	3.30	78.76
<i>Stempellinella</i>	0.67	1.75	0.58	3.30	82.06
Grupo NR\N Similaridade média: 42.80					
	Ab.média	Sim.média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Lumb_FAM	1.00	5.13	3.80	11.98	11.98
Nai_FAM	1.00	5.13	3.80	11.98	23.95
<i>Chironomus</i>	1.00	5.13	3.80	11.98	35.93
<i>Tanytarsus</i>	1.00	5.13	3.80	11.98	47.91
<i>Stictochironomus</i>	1.00	5.13	3.80	11.98	59.88
Ort_SUBF	0.67	1.52	0.58	3.54	63.42
Chn_TRIB	0.67	1.52	0.58	3.54	66.96
Tan_TRIB	0.67	1.52	0.58	3.54	70.50
Glyptotendipes	0.67	1.52	0.58	3.54	74.04
Tub_FAM	0.67	1.39	0.58	3.24	77.29
<i>Cricotopus</i>	0.67	1.39	0.58	3.24	80.53
<i>Procladius</i>	0.67	1.39	0.58	3.24	83.78
<i>Psectrocladius</i>	0.67	1.39	0.58	3.24	87.02
<i>Cladotanytarsus</i>	0.67	1.39	0.58	3.24	90.27
Grupo R\CP Similaridade média: 63.62					
	Ab.média	Sim.média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Aty_des	1.00	3.57	7.67	5.61	5.61
<i>Cricotopus</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	11.22
<i>Psectrocladius</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	16.83
<i>Chironomus</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	22.43

<i>Cladotanytarsus</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	28.04
<i>Microtendipes</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	33.65
<i>Tanytarsus</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	39.26
<i>Ablabesmyia</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	44.87
<i>Polypedilum</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	50.48
<i>Parachironomus</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	56.08
<i>Stictochironomus</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	61.69
<i>Microchironomus</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	67.30
<i>Stempellina</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	72.91
<i>Cladopelma</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	78.52
<i>Dicortendipes</i>	1.00	3.57	7.67	5.61	84.13
Grupo NR\CP Similaridade média: 58.27					
	Ab.média	Sim.média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Ort_SUBF	1.00	3.31	11.74	5.68	5.68
Chn_TRIB	1.00	3.31	11.74	5.68	11.37
Aty_des	1.00	3.31	11.74	5.68	17.05
Lumb_FAM	1.00	3.31	11.74	5.68	22.74
Enc_FAM	1.00	3.31	11.74	5.68	28.42
Tub_FAM	1.00	3.31	11.74	5.68	34.11
<i>Cricotopus</i>	1.00	3.31	11.74	5.68	39.79
<i>Procladius</i>	1.00	3.31	11.74	5.68	45.47
<i>Cladotanytarsus</i>	1.00	3.31	11.74	5.68	51.16
<i>Polypedilum</i>	1.00	3.31	11.74	5.68	56.84
<i>Parachironomus</i>	1.00	3.31	11.74	5.68	62.53
<i>Cladopelma</i>	1.00	3.31	11.74	5.68	68.21
<i>Dicortendipes</i>	1.00	3.31	11.74	5.68	73.89
Grupo R\S Similaridade média: 60.03					
	Ab.média	Sim.média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cricotopus</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	6.25
<i>Procladius</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	12.50
<i>Psectrocladius</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	18.74
<i>Chironomus</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	24.99
<i>Cladotanytarsus</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	31.24
<i>Microtendipes</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	37.49
<i>Ablabesmyia</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	43.73
<i>Paratanytarsus</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	49.98
<i>Corynoneura</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	56.23
<i>Harnischia</i>	1.00	3.75	92.95	6.25	62.48

Grupo NR\S Similaridade média: 69.13						
	Ab.média	Sim.média	Sim/SD	Contrib%	Cum.%	
Hydracarina	1.00	2.89	22.37	4.18	4.18	
Cer_FAM	1.00	2.89	22.37	4.18	8.36	
Ort_SUBF	1.00	2.89	22.37	4.18	12.54	
Chn_TRIB	1.00	2.89	22.37	4.18	16.71	
Psy_FAM	1.00	2.89	22.37	4.18	20.89	
Smi_FAM	1.00	2.89	22.37	4.18	25.07	
Cox_FAM	1.00	2.89	22.37	4.18	29.25	
Lumb_FAM	1.00	2.89	22.37	4.18	33.43	
Enc_FAM	1.00	2.89	22.37	4.18	37.61	
Nai_FAM	1.00	2.89	22.37	4.18	41.78	
Cricotopus	1.00	2.89	22.37	4.18	45.96	
Procladius	1.00	2.89	22.37	4.18	50.14	
Psectrocladius	1.00	2.89	22.37	4.18	54.32	
Chironomus	1.00	2.89	22.37	4.18	58.50	
Microtendipes	1.00	2.89	22.37	4.18	62.68	
Parachironomus	1.00	2.89	22.37	4.18	66.85	
Glyptotendipes	1.00	2.89	22.37	4.18	71.03	
Paratanytarsus	1.00	2.89	22.37	4.18	75.21	
Grupos R\N & NR\N Dissimilaridade média = 66.38						
	Grupo R\N	Grupo NR\N				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Lumb_FAM	0.00	1.00	2.57	5.21	3.87	3.87
Nai_FAM	0.00	1.00	2.57	5.21	3.87	7.74
Corynoneura	1.00	0.00	2.57	5.21	3.87	11.61
Parakiefferiella	1.00	0.00	2.57	5.21	3.87	15.48
Grupos R\N & R\CP Dissimilaridade média = 49.49						
	Grupo R\N	Grupo R\CP				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Dicrotendipes	0.00	1.00	2.10	7.74	4.24	4.24
Grupos NR\N & NR\CP Dissimilaridade média = 50.69						
	Grupo NR\N	Grupo NR\CP				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Cladopelma	0.00	1.00	2.03	5.74	4.01	4.01
Grupos R\CP & NR\CP Dissimilaridade média = 45.81						
	Grupo R\CP	Grupo NR\CP				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%

Ort_SUBF	0.00	1.00	1.73	7.96	3.77	3.77
Chn_TRIB	0.00	1.00	1.73	7.96	3.77	7.55
Enc_FAM	0.00	1.00	1.73	7.96	3.77	11.32
Tub_FAM	0.00	1.00	1.73	7.96	3.77	15.10
Grupos R\N & R\S Dissimilaridade média = 48.00						
	Grupo RN	Grupo RS				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Paratanytarsus</i>	0.00	1.00	2.15	25.83	4.47	4.47
Grupos R\CP & R\S Dissimilaridade média = 41.09						
	Grupo R\CP	Grupo R\S				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Corynoneura</i>	0.33	1.00	1.31	1.33	3.18	3.18
<i>Hel_sta</i>	0.00	0.67	1.23	1.31	2.99	6.17
<i>Pro_cam</i>	0.00	0.67	1.23	1.31	2.99	9.16
<i>Endochironomus</i>	0.00	0.67	1.23	1.31	2.99	12.15
Grupos NR\N & NR\S Dissimilaridade média = 49.39						
	Grupo NR\N	Grupo NR\S				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Psy_FAM</i>	0.00	1.00	1.86	6.76	3.76	3.76
<i>Smi_FAM</i>	0.00	1.00	1.86	6.76	3.76	7.52
Grupos NR\CP & NR\S Dissimilaridade média = 45.28						
	Grupo NR\CP	Grupo NR\S				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Hydracarina</i>	0.00	1.00	1.55	13.29	3.42	3.42
<i>Smi_FAM</i>	0.00	1.00	1.55	13.29	3.42	6.83
<i>Aty_des</i>	1.00	0.00	1.55	13.29	3.42	10.25
Grupos R\S & NR\S Dissimilaridade média = 49.35						
	Grupo R\S	Grupo NR\S				
	Ab.média	Ab.média	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cer_FAM</i>	0.00	1.00	1.63	23.09	3.31	3.31
<i>Chn_TRIB</i>	0.00	1.00	1.63	23.09	3.31	6.62
<i>Psy_FAM</i>	0.00	1.00	1.63	23.09	3.31	9.93
<i>Smi_FAM</i>	0.00	1.00	1.63	23.09	3.31	13.24
<i>Cox_FAM</i>	0.00	1.00	1.63	23.09	3.31	16.55
<i>Enc_FAM</i>	0.00	1.00	1.63	23.09	3.31	19.86
<i>Nai_FAM</i>	0.00	1.00	1.63	23.09	3.31	23.17
<i>Harnischia</i>	1.00	0.00	1.63	23.09	3.31	26.48

Quadro 9.13. Resultados de análise Spearman Rank Order Correlations entre os “táxones indicadores” (táxones contribuindo a maior percentagem de dissimilaridade entre albufeiras de referência e de não referência nas análises SIMPER) e os pressões contemplados na avaliação do grau de impacto sobre as albufeiras contempladas neste estudo. Somente táxones com significâncias $p < 0.05000$ são listados.

Táxon		Indicador de pressão	Spearman	t(N-2)	P
MACROINVERTEBRADOS –ARRASTO LITORAL	Gyr_alb	Área urbana (bacia)	0.576	2.817	0.012
	Chi_FAM	Estradas	-0.585	-2.882	0.011
	Chi_FAM	Área urbana (bacia)	-0.573	-2.798	0.013
	Chi_FAM	Agricultura extensiva (bacia)	-0.535	-2.530	0.022
	Chi_FAM	Valor total	-0.474	-2.153	0.047
	Ort_SUBF	CBO ₅	0.586	2.890	0.011
	Chn_TRIB	Agricultura intensiva (500m)	0.511	2.379	0.030
	Chn_TRIB	CBO ₅	0.504	2.336	0.033
	Chn_TRIB	Valor total	0.554	2.660	0.017
	Lumb_FAM	Agricultura extensiva (500m)	0.470	2.128	0.049
	Lum_FAM	Agricultura intensiva (bacia)	0.471	2.133	0.049
	Nai_FAM	Área urbana (500m)	0.528	2.487	0.024
	Nai_FAM	CBO ₅	0.620	3.164	0.006
	Nai_FAM	Valor total	0.607	3.056	0.008
	Dug_GEN	Estradas	-0.469	-2.125	0.050
EXUVIAE (QUIRONOMÍDOES)	<i>Cricotopus</i>	Hidrografia	-0.574	-2.803	0.013
	<i>Procladius</i>	Área urbana (500m)	-0.549	-2.626	0.018
	<i>Procladius</i>	Área urbana (500m)	-0.549	-2.626	0.018
	<i>Tanytarsus</i>	Valor total	-0.471	-2.138	0.048
	<i>Tanytarsus</i>	Valor total	-0.471	-2.138	0.048
	<i>Parachironomus</i>	Agricultura intensiva (500m)	0.803	5.390	0.000
	<i>Parachironomus</i>	Agricultura extensiva (500m)	0.488	2.235	0.040
	<i>Parachironomus</i>	Agricultura intensiva (bacia)	0.576	2.819	0.012
	<i>Parachironomus</i>	CBO ₅	0.468	2.120	0.050
	<i>Microchironomus</i>	Hidrografia	-0.570	-2.778	0.013
	<i>Microchironomus</i>	Área urbana (bacia)	0.607	3.058	0.008
	<i>Cladopelma</i>	Hidrografia	-0.532	-2.512	0.023
	<i>Cladopelma</i>	Agricultura intensiva (bacia)	0.487	2.228	0.041
	<i>Harnischia</i>	Área urbana (500m)	-0.584	-2.880	0.011
	<i>Parakiefferiella</i>	Área urbana (500m)	-0.500	-2.310	0.035
	<i>Parakiefferiella</i>	Agricultura intensiva (500m)	-0.537	-2.549	0.021
	<i>Parakiefferiella</i>	Valor Total	-0.549	-2.630	0.018

9.3.6. Correlação - táxones indicadores e indicadores de pressão

A abundância dos macroinvertebrados seleccionados (arrastos litorais) exhibe, maioritariamente, uma relação positiva com uma gama alargada das pressões – em particular *Gyraulus parvus* (Molusca) membros da subfamília Othocladinae (Diptera, Quironómídeos), membros do tribo Chironomini (Diptera, Quironómídeos) e oligoquetas da família Naididae. Ao nível da família, os quironómídeos (larvas) demonstraram uma relação negativa com várias pressões – um fenómeno relacionado com a falta de resolução taxonómica aplicada ofuscando a diversidade considerável desta família que concerteza alberga uma gama alargada de espécies, algumas das quais são intolerantes às pressões em análise (Quadro 9.13).

Ao contrário dos macroinvertebrados (arrasto litoral) a maioria dos géneros de exuviae seleccionados exibiram uma relação negativa com alguns das pressões em particular as relacionados com agricultura e urbanização. Exemplos incluem *Procladius*, *Harnischia* e *Parakiefferiella*. A abundância de exuviae do género *Parachironomus* e *Cladoplema* exhibe uma forte relação positiva com a área dedicada à agricultura (em particular a agricultura intensiva) e também (no caso de *Parachironomus*) enriquecimento, enquanto o género *Microchironomus* ocorrem em maior abundância nas albufeiras mais afectadas por urbanização.

Assim, os resultados da análise de correlações corroboraram o SIMPER indicando (i) a importância das exuviae na caracterização e separação das albufeiras de referência, e (ii) a importância das comunidades litorais de macroinvertebrados na caracterização e separação das albufeiras de não referência.

9.4. Conclusões

- As albufeiras degradadas são mais próximas taxonomicamente enquanto as albufeiras de boa qualidade diferem muito entre si;
- As dragas de fundo apresentam difícil recolha, muito poucos organismos e taxonomia problemática; os arrastos litorais são fáceis, pobres em organismos, com uma abundância muito variável; as recolhas de exúvias são fáceis, diversas em organismos, geralmente em número abundante;

- As dragas de fundo não fornecem indicações que possam indiciar a separação por tipos de albufeiras ou por qualidade ecológica;
- Tanto os arrastos litorais como as recolhas de exúvias apresentam separação das albufeiras de diferente qualidade ecológica (referência/não referência); no entanto, as exúviae separam melhor as albufeiras de referência enquanto as comunidades litorais separam melhor as albufeiras de não referência;
- A separação de albufeiras por tipos não é geralmente evidente baseado nos arrastos litorais no entanto é conseguida através da recolha das exúvias.
- A separação da qualidade ecológica (referência/não referência) é preferível baseada na abundância relativa, embora a presença-ausência também dê resposta.
- Com base na separação de qualidade encontrada (albufeiras de referência/não referência), tudo leva a crer que será possível obter classes de qualidade ecológica quando o número de albufeiras monitorizadas o permitir; os resultados obtidos ilustram tendências, pelo que desenvolvimentos futuros devem ser entendidos como probabilísticos e não como certezas;
- Recomenda-se: a utilização de macroinvertebrados na monitorização do potencial ecológico de albufeiras; a utilização de exúvias e arrastos litorais, não necessariamente conjugados; a abundância relativa como unidade de quantificação; o género como unidade taxonómica de identificação; e a amostragem em três estações do ano (Primavera, Verão e Outono) para abranger o máximo de diversidade destas comunidades.

9.5. Bibliografia

- Armitage, P., P. Cranston, et al. (1995). The Chironomidae. The biology e ecology of nonbiting midges.
- Clarke, K. e R. Gorley (2006). PRIMER v6: User Manual Tutorial.
- European e Standard (2006). Water quality - Guidance on sampling e processing of the pupal exuviaie of Chironomidae (Order Diptera) for ecological assessment. , CEN. ICS 13.060.45. Final Draft prEN 15196.

- Ferreira, M. e F. Godinho (2002). Comunidades biológicas de albufeiras. Ecossistemas Aquáticos e Ribeirinhos. Ecologia, Gestão e Conservação. . I. Moreira, M. Ferreira, R. Cortes, P. Pinto e P. Almeida. Lisboa, Instituto da Água. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente.: 10.1-10.25.
- Hughes, S. (2003). A Study of the Freshwater Macroinvertebrate Fauna of Madeira e their Application in a Regional Ecological Assessment System.thesis. King's College, Division of Life Sciences. London, University of London 390 pages.: 390.
- Langton, P. (1991). A key to the pupal exuviae of the West Palaearctic Chironomidae. Author's Edition. London.
- Murray, D. A. (1996). Chironomidae (Insecta: Diptera) in the surface waters of Madeira. , University College Dublin. : 21 pp.
- Pennak, R. W. (1978). Fresh-water Invertebrates of the United States. MacGraw-Hill. New-York.
- Pinto, P., M. Graça, et al. (2006). "Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água." Protocolo de amostragem e análise para os invertebrados bentónicos. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional: Instituto da Água. Direcção de Serviços de Utilizações do Domínio Hídrico Divisão de Estudos e Avaliação. Lisboa, 35pp.
- Richardson, S. M., J. M. Hanson, et al. (2002). "Effects of impoundment e water-level fluctuations on macrophyte e macroinvertebrate communities of a dammed tidal river. ." Aquatic Ecology, 36: 493-510 **36**: 493-510.
- Rivaes da Silva, R. (2005). Caracterização do Potencial Ecológico Máximo das albufeiras de Portugal Continental para o elemento biológico Ictiofauna. Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa: 49pp.
- Ruse, L. P. e R. S. Wilson (1995). Long-term assessment of water e sediment quality of the River Thames using chironomid pupal skins Chironomids. From genes to ecosystems. P. Cranston: 113-122.
- Silva Pontes, A. L. (2002). "Chironomid Pupal Exuviae Technique" (CPET) – Um estudo preliminar em duas ribeiras de zonas protegidas da RAM. Funchal, Universidade da Madeira, Departamento de Biologia: 45pp.

- Verdaguer, R. J. (2006). Utilización de exuvias de macroinvertebrados (Quironomidae: Díptera) en la evaluación de la calidad ecológica de los embalses. . Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa: 40pp.
- Wiederholm, T. (1986). Chironomidae of the Holarctic region. Part 2. The Pupae.
- Wilson, R. S. (1983). Biological classification of rivers using Chironomid pupal exuviae. Department of the Environment.. 48 pp.
- Wilson, R. S. (1996). A practical key to the genera of pupal exuviae of the British Chironomidae (Diptera:Insecta), Mudgley Elms Wedmore Somerset. .
- Wilson, R. S. e J. D. McGill (1979). The use of chironomid pupal exuviae for biological water quality., Department of the Environment, Water Data Unit.: 20pp.



CAPÍTULO X – ICTIOFAUNA E SUA RESPOSTA À PERTURBAÇÃO

Maria Teresa Ferreira, António Albuquerque, Paulo Pinheiro, Rui Rivaes, Luis Lopes & Pedro Segurado

10.1. Introdução

As albufeiras estão sujeitas a grande pressão resultante das actividades humanas, incluindo utilizações directas e indirectas do recurso água e da massa de água, bem como perturbações das bacias de drenagem. As populações de ictiofauna constituem uma das mais importantes componentes biológicas das albufeiras, postulando-se que respondam a variações da qualidade ecológica actuadas por pressões humanas. Entre as vantagens existentes na utilização destes organismos na monitorização da qualidade ecológica incluem-se o de apresentarem uma resposta à degradação de nível espacial superior (unidade albufeira-afluentes-bacia), uma identificação a nível da espécie relativamente fácil, e a sensibilidade das populações humanas para estas espécies. O principal problema da utilização destes organismos, resulta da falta de referencial ecológico natural, uma vez que não existem lagos naturais em Portugal; de facto, grande parte das espécies existentes em albufeiras são populações originadas em espécies lacustres introduzidas. Para além do seu valor ecológico intrínseco, as comunidades piscícolas são uma fonte importante de rendimento local, através da actividade piscatória, quer profissional quer recreacional.

Com base nos conhecimentos de ecologia piscícola e limnologia, podemos sistematizar as pressões humanas, e respectivos efeitos, que podem afectar as populações piscícolas de albufeiras, essencialmente em três grandes grupos:

- a) as relacionadas *com o aumento de carga nutritiva*, levando a aumento da biomassa de algas cianofíceas (com desenvolvimento de estirpes tóxicas), da turvação biogénica (menos transparência na captura de presas), menores dimensões médias do zooplâncton (menos presas), maior carga de sedimentos finos (aumento dos detritívoros, diminuição de presas bentónicas), maiores depósitos orgânicos nos fundos (anoxia hipolimnética com menor volume de água habitável);
- b) as relacionadas *com as variações do nível da água* durante a extracção para o seu uso, levando a maior mobilização dos nutrientes presentes nos sedimentos (aumento da eutrofização), margens erodidas e inestruturadas (menos alimento bentónico, posturas litorais afectadas), descidas abruptas de nível da água (corte de rotas de fuga para os afluentes) e erosão do volume epilimnético (e portanto da área de habitat disponível com oxigénio);
- c) as relacionadas *com actividades piscatórias ou de gestão da pesca*, comercial ou desportiva, incluindo a introdução de espécies exóticas adaptadas a condições lacustres (alterações na composição piscícola, competição por recursos alimentres e predação), repovoamentos resultantes dos interesses das associações de pescadores (alteração de partes das populações), o lançamento na água de iscos orgânicos (aumento potencial da eutrofização), a extracção de populações piscícolas para fins de gestão (alterações populacionais), a pesca dirigida aos tamanhos e espécies mais apetecíveis (desequilíbrios populacionais), e as actividades lúdicas associadas à pesca (interferência nos habitats marginais).

O primeiro tipo de pressão, que se desenvolve no âmbito do *primeiro objectivo do protocolo*, pode ser exercido na bacia de drenagem ou na massa de água e afecta as populações piscícolas de forma directa ou indirecta, sendo estudada a reacção destas neste capítulo, através da sua composição, componentes populacionais ou guildas. O segundo tipo de pressão, que se desenvolve no âmbito do *segundo objectivo do protocolo*, apresenta efeitos potenciais e ainda não explorados, cuja individualidade em relação aos efeitos eutrofizacionais não foi ainda demonstrada. Esta individualidade de resposta das comunidades piscícolas será explorada neste capítulo e, a existir, poderá conduzir a práticas de uso da água ajustadas à mitigação destes efeitos. A influência da componente piscatória não está incluída no âmbito deste protocolo, requerendo metodologias e meios próprios.

Em sumário, os objectivos deste capítulo incluem: a) conhecer a resposta das populações piscícolas à tipologia definida; b) definir uma metodologia de amostragem adequada à monitorização da qualidade ecológica; c) explorar as melhores formas de resposta biológica das populações piscícolas à degradação (composição e guildas), em cada tipo de albufeira; d) encontrar limiares da fronteira Good-Moderate para as características responsivas, e e) explorar a resposta das espécies piscícolas às variações de nível da água.

10.2. Metodologia

10.2.1. De campo

No início do protocolo, a metodologia de amostragem em albufeiras ibéricas encontrava-se ainda pouco clarificada, existindo experiência com base em redes de amostragem (emalhar ou tresmalho), redes suplementadas com armadilhas ou pesca eléctrica nas margens, ou apenas pesca eléctrica por utilização de barcos electrificados. Por outro lado, não era claro quais as zonas da albufeira necessárias para uma amostragem adequada conducente à determinação da qualidade ecológica, se apenas o regolfo, ou se toda a albufeira ou partes específicas.

Em lagos naturais, com uma zona litoral bem desenvolvida e cujas espécies piscícolas na generalidade dos casos realizam as posturas dentro da massa de água, a amostragem tradicional de peixes é feita por redes de malha múltipla dispostas perpendicularmente à zona litoral e na zona pelágica, referidas a toda a zona lacustre. Em albufeiras, as posturas viáveis das populações nativas realizam-se quase todas nos afluentes, enquanto nas margens se encontram populações dominadas por espécies exóticas. Assim, os métodos de amostragem em albufeiras ibéricas têm divergido das amostragens em lagos naturais, utilizando artes de pesca diferentes para zonas litorais (pesca eléctrica: Portugal, ou armadilhas: Andaluzia) e mesmo outras formas para além das redes de emalhar, em zonas pelágicas (barcos electrificados: Catalunha).

As albufeiras apresentam uma heterogeneidade muito superior à de um lago (cada braço pode comportar-se de forma diferente e ter características próprias), e duas zonas muito distintas, a de regolfo (tendencialmente de características lacustres) e a influenciada pelos afluentes (tendencialmente de características lóticas). Interessava comparar a resposta das comunidades piscícolas destas duas zonas à pressão humana.

Sendo um dos objectivos estudar que tipo de amostragem seria melhor para caracterizar a qualidade ecológica de populações piscícolas, o esforço de pesca foi exercido na zona lacustre (regolfo) e na zona fluvial (afluente principal) de cada albufeira recorrendo à pesca eléctrica na zona litoral e a redes passivas de emalhar colocadas na zona pelágica e profunda, em vários locais (Figura 10.1). A amostragem por redes é muito morosa e dispendiosa, para além de matar praticamente todos os indivíduos capturados; geralmente está associada à necessidade de um conhecimento aprofundado das comunidades piscícolas. Dada a) a especificidade taxonómica das albufeiras portuguesas, sem referencial ecológico natural; b) a inestruturação e atipicidade das suas zonas litorais; e c) o objectivo claro de caracterização expedita das populações para determinação do potencial ecológico, pareceu-nos interessante testar a resposta da amostragem por pesca eléctrica às variações tipológicas e de qualidade ecológica.



Figura 10.1. Amostragem litoral e pelágica recorrendo a redes de emalhar (esquerda) e a pesca eléctrica (direita)

A amostragem foi realizada após uma fase inicial de reconhecimento da albufeira, de modo a prospectar os diferentes tipos de habitats existentes previamente à amostragem. Um outro aspecto importante consiste na melhor época de amostragem. Uma vez que a) a maior parte das espécies nativas sai da albufeira para desovar nos afluentes na época de Primavera; b) o inverno mediterrânico não apresenta temperaturas suficientes para comportamentos letárgicos; e c) durante o Verão grande parte da massa de água se encontra inacessível às populações piscícolas devido à sua inopacidade química, considerou-se que a melhor época de

amostragem seria o Outono-Inverno, em período de mistura térmica. No entanto, algumas albufeiras foram também amostradas na Primavera, para comparação de resultados.

A amostragem litoral foi realizada durante o dia com pesca eléctrica a partir de um barco pneumático semi-rígido a motor e um ânodo de mão de 40 cm de diâmetro. A tripulação foi composta em geral por três pessoas, uma à proa a pescar, outra com um camaroeiro a capturar e uma terceira a manobrar a embarcação. Foram realizados cerca de cinco pontos de pesca eléctrica em cada uma das áreas litorais a amostrar (ao longo da zona lacustre e da zona fluvial) representando os tipos de habitats existentes na albufeira. O número de pontos de pesca eléctrica foi inferior a cinco em albufeiras com grande homogeneidade de margem e por isso com muito pouca diversidade de habitats. A amperagem utilizada em acção de pesca foi de 5 A com corrente alterna (DC) e 1 A com corrente contínua (CC) no caso de albufeiras onde a água era muito pouco conductiva não tendo sido possível alcançar valores de amperagem superiores. A opção de usar corrente alterna ou contínua foi determinada pela maior ou menor condutividade da água. A amostragem realizou-se nos pontos seleccionados, com uma única passagem, sem reposição, durante aproximadamente 10 minutos, sendo a área amostrada proporcional ao tempo de pesca.

A zona pelágica foi amostrada com redes de emalhar (redes suecas, 1997), de monofilamento 0,19 mm, com 30 m de comprimento e 3 m de altura. Cada rede é constituída por segmentos de 6 m de comprimento de diferentes malhas, nomeadamente, 30, 40, 50, 65 e 95 mm. Em cada ponto de rede foram lançadas duas redes perpendiculares à margem, uma de superfície e outra de fundo tendo sido lançado apenas um pano em pontos onde a profundidade era inferior a 3 m, servindo assim para amostrar quer a superfície quer o fundo e sendo este tipo de rede denominado por “superfície/fundo”. Em cada zona da albufeira foram lançadas 1 a 4 redes, de acordo com a dimensão da albufeira. As redes foram lançadas ao fim da tarde e recolhidas na manhã do dia seguinte ficando na água por um período aproximado de 12 horas.

As duas campanhas de amostragem foram realizadas entre os meses de Setembro e Novembro de 2004 e 2005. Uma campanha suplementar de amostragem decorreu entre Fevereiro e Abril de 2005, em apenas 9 albufeiras. Todos os exemplares pescados foram identificados e medidos, e a maioria dos indivíduos pesados. Todos os peixes vivos foram devolvidos à água. Foi preenchida uma ficha de campo para cada ponto de amostragem e onde

ficaram igualmente registados o comprimento total, com precisão de 1mm, e o peso total, com precisão de 1g, bem como características da margem e da massa de água.

10.2.2. De tratamento de dados

Dos indivíduos para os quais se registaram os pesos foram construídos gráficos da relação comprimento/peso e ajustadas as curvas de regressão para cada espécie por albufeira. Com as curvas de regressão mais adequadas a cada situação foram extrapolados os valores de peso dos exemplares capturados não pesados.

Os dados foram calculados separadamente para a amostragem por pesca eléctrica e por redes, e para as zonas fluvial e lacustre. Foram calculados os valores do número de capturas por unidade de esforço (CPUE) e de biomassa por unidade de esforço (BPUE) para cada espécie e em cada albufeira, i) agregando todas as redes da mesma zona e dividindo a captura por espécie pela área total de redes, considerando 12 horas de submersão, e ii) agregando todos os pontos de pesca eléctrica por zona e dividindo o número total de capturas por espécie por tempo total de pesca eléctrica, considerando depois como unidade a hora.

Para obtenção dos padrões associados à tipologia e respostas à degradação, com base na composição/abundância piscícola, os dados de capturas foram sujeitos a análises de escalonamento multidimensional não paramétrico (nMDS), utilizando a distância de Gower, com os agrupamentos considerados testados multivariadamente através da concordância matricial de Kendall (teste ANOSIM), e nalguns casos obtidas as espécies identificadoras do grupo através da análise de semelhança intra-grupo vs. dissemelhança entre grupos (SIMPER), através do programa PRIMER, versão 6. Foram comparadas as capturas de Primavera e de Outono pelo mesmo procedimento.

Foram definidos parâmetros ou traços comunitários, e suas variantes quantitativas de percentagem, número e biomassa (adiante designados por métricas) representando a estrutura ecológica das comunidades piscícolas das albufeiras, para as capturas por pesca eléctrica e por redes separadamente, e incluindo métricas de composição, de tolerância, de alimentação, de reprodução, migratórias, relativas ao ciclo de vida, abundância das espécies potencialmente indicadoras e ainda índices de proporcionalidade de stocks ("Proportional Stock Density" - PSD) para o *Micropterus salmoides* e *Lepomis gibbosus*). No total, foram calculadas 106

métricas (Quadro 10.1 e 10.2). Foi ainda calculada a razão entre espécies de ciprinídeos nativos amostradas com a riqueza em ciprinídeos do rio original, bem como a distância taxonómica média (índice de Bray-Curtis) entre a amostragem de pesca eléctrica na zona lacustre e na zona fluvial, a primeira indicando a perda de diversidade natural do sistema fluvial e a segunda baseada na premissa que maior degradação resulta em maior homogeneização piscícola e em consequência, menores distâncias.

Quadro 10.1. Classificação das espécies presentes nas albufeiras amostradas pelas diferentes guildas ecológicas de acordo com o projecto europeu EFI+ (<http://efi-plus.boku.ac.at>). Guilda de habitat (grau de reofilia): E (euritópica), L (limnófila), R (reófila); Guilda de habitat (zona de alimentação): B (bentónica), P (pelágica); Guilda migratória: GM (grande migradora), PM (pequena migradora), P (potamódroma); Guilda reprodutiva: F (fitófila), FL (fitolitófila), L (litófila), V (vivípara), G (generalista); Guilda trófica: B (bentívora), I (invertívora), O (omnívora), P (piscívora), D (detritívora); Nível de tolerância: T (tolerante), IM (intermédia), IN (intolerante)

Espécies	Trófica	Habitat (posição)	Habitat (Alimentar)	Reprodutiva	Migração	Tolerância
<i>Ameiurus melas</i>	O	L	B	L	PM	T
<i>Anguilla anguilla</i>	B	E	B	G	GM	T
<i>Atherina boyeri</i>	I	L	P	F	GM	IM
<i>Australoheros facetus</i>	I	L	P	G	PM	T
<i>Barbus bocagei</i>	O	L	B	L	P	T
<i>Barbus sclateri</i>	O	L	B	L	P	T
<i>Carassius auratus</i>	O	L	B	F	PM	T
<i>Cobitis calderoni</i>	I	L	B	G	PM	IN
<i>Cobitis paludica</i>	I	L	B	G	PM	IM
<i>Cyprinus carpio</i>	O	L	B	F	PM	T
<i>Cyprinus carpio x C. auratus</i>	O	L	B	F	PM	T
<i>Esox lucius</i>	P	E	P	F	PM	IM
<i>Gambusia holbrooki</i>	I	L	P	V	PM	T
<i>Lepomis gibbosus</i>	I	L	P	G	PM	T
<i>Micropterus salmoides</i>	P	L	P	G	PM	T
<i>Mugil cephalus</i>	D	E	P	G	GM	T
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	I	R	P	L	P	IM
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	D	R	B	FL	P	IM
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	D	R	B	FL	P	IM
<i>Pseudochondrostoma wilkommii</i>	D	R	B	FL	P	IM
<i>Salaria fluviatilis</i>	I	L	B	L	PM	IM
<i>Salmo trutta</i>	I	R	P	L	P	IN
<i>Squalius alburnoides</i>	I	E	P	L	PM	IM
<i>Squalius carolitertii</i>	I	E	P	L	PM	IM
<i>Squalius pyrenaicus</i>	I	E	P	L	PM	IM
<i>Sander lucioperca</i>	P	E	P	FL	P	T

Quadro 10.2. Agrupamentos de espécies ou grupos funcionais utilizados na construção das 116 métricas

Abundância CPUE (17)	Trófica (12)	Habitat (posição) (9)
<i>Mugil cephalus</i>	Nº Indv. Omnívoros	Nº Ind. Euritópicos
<i>Barbus bocagei</i>	Nº Indv. Invertívoros	Nº Ind. Limnófilos
<i>Barbus sclateri</i>	Nº Indv. Detritívoros	Nº Ind. Reófilos
<i>Carassius auratus</i>	Nº Indv. Piscívoros	% Ind. Euritópicos
<i>Cyprinus carpio</i>	% Indv. Omnívoros	% Ind. Limnófilos
<i>Cyprinus carpio x C. auratus</i>	% Indv. Invertívoros	% Ind. Reófilos
<i>Ameiurus melas</i>	% Indv. Detritívoros	Nº Esp. Euritópicas
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	% Indv. Piscívoros	Nº Esp. Limnófilas
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Nº Esp. Omnívoras	Nº Esp. Reófilas
<i>Pseudochondrostoma wilkemmii</i>	Nº Esp. Invertívoras	Habitat (alimentação) (6)
<i>Esox lucius</i>	Nº Esp. Detritívoras	Nº Ind. Bentónicos
<i>Squalius carolitertii</i>	Nº Esp. Piscívoras	Nº Ind. Pelágicos
<i>Squalius pyrenaicus</i>		% Ind. Bentónicos
<i>Sander lucioperca</i>		% Ind. Pelágicos
<i>Lepomis gibbosus</i>		Nº Esp. Bentónicas
<i>Micropterus salmoides</i>		Nº Esp. Pelágicas
<i>Salmo trutta</i>		
Reprodutiva (12)	Migração (9)	Nativas(6)
Nº Ind. Fitófilos	Nº Ind. Grandes Migradores	Nº Ind. Exóticos
Nº Ind. Fitolitófilos	Nº Ind. Potamódramos	Nº Ind. Nativos
Nº Ind. Generalistas	Nº Ind. Residentes	% Ind. Exóticos
Nº Ind. Litófilos	% Ind. Grandes Migradores	% Ind. Nativos
% Ind. Fitófilos	% Ind. Potamódramos	Nº Esp. Exóticas
% Ind. Fitolitófilos	% Ind. Residentes	Nº Esp. Nativas
% Ind. Generalistas	Nº Esp. Grandes Migradores	
% Ind. Litófilos	Nº Esp. Potamódramos	
Nº Esp. Fitófilas	Nº Esp. Residentes	
Nº Esp. Fitolitófilas		
Nº Esp. Generalistas		
Nº Esp. Litófilas 56		
Populacionais I (16)	Populacionais II (16)	OUTRAS (13)
Nº Ind. Achigã <20	Nº Ind. Lucio-perca <20	Nº Total de espécies
Nº Ind. Achigã >20	Nº Ind. Lucio-perca >20	Nº Esp. Tolerantes
Nº Ind. Barbo <10	Nº Ind. Peixe gato <10	% Esp. Tolerantes
Nº Ind. Barbo >10 e <20	Nº Ind. Peixe gato >10 e <20	% Ind. Tolerantes
Nº Ind. Barbo >20	Nº Ind. Peixe gato >20	Biomassa de carp+pimp+tenca
Nº Ind. Boga <10	Nº Ind. Perca-sol <8	CPUE total
Nº Ind. Boga >10	Nº Ind. Perca-sol >8	Biomassa Barbos
Nº Ind. Caboz	Nº Ind. Pimpão <10	% Biomassa Barbos
Nº Ind. Carpa <10	Nº Ind. Pimpão >10 e <20	PSD achiga
Nº Ind. Carpa >10 e <20	Nº Ind. Pimpão >20	PSD perca
Nº Ind. Carpa >20	Nº Ind. Tainha <10	Biomassa total
Nº Ind. Escalos <7	Nº Ind. Tainha >10 e <20	Nº Sp. Ciprinídeos Nativos albufeira/rio original
Nº Ind. Escalos >7	Nº Ind. Tainha >20	Distância taxonómica média Lac-fluvial (só para pesca eléctrica)
Nº Ind. Lucio <20	Nº Ind. Truta <10	
Nº Ind. Lucio >20 e <50	Nº Ind. Truta >10 e <20	
Nº Ind. Lucio >50	Nº Ind. Truta >20	

Após a construção da matriz global, foram obtidas as métricas activas (*sensu* responsivas) por correlações de Spearman-rank entre cada métrica e a pré-classificação de pressão das albufeiras em estudo, após o que se descartaram as métricas activas redundantes por correlação de Spearman rank entre elas (0.94; $p > 0.01$). Comparou-se então a amplitude de distribuição dos valores das métricas finais seleccionadas entre albufeiras consideradas de referência e perturbadas, para cada tipo. Finalmente, em dois tipos de albufeiras (Norte e Centro), foi possível utilizar a distribuição de extremos das métricas mais responsivas para definir pericialmente fronteiras de classe de qualidade ecológica e compôr um valor final desta. No caso do Tipo Sul, foi possível obter bons resultados apenas com a métrica distância taxonómica entre zonas lacustre e fluvial.

Os conjuntos de métricas e respectivos valores de qualidade ecológica daí resultantes não constituem uma proposta de índice, nem resultaram de tratamentos estatísticos adequados, devido ao reduzido número de albufeiras por tipo, servindo apenas como confirmação da possibilidade de realizar a avaliação da qualidade ecológica das albufeiras portuguesas através das comunidades piscícolas.

Finalmente, foi analisada a possibilidade de as variações do nível da água afectarem as espécies com base da mesma matriz de presença/ausência para 69 albufeiras, oriunda de capturas várias, e já utilizada no capítulo II deste trabalho. Para testar se as variações anuais de nível apresentavam um efeito significativo sobre a ocorrência dos *taxa* considerados mais relevantes, foram ajustados modelos de regressão logística para cada taxa (Hosmer & Lemeshow, 2000). Os 8 *taxa* considerados referem-se a espécies (pimpão, truta, carpa, achigã, perca-sol) ou agregados de espécies (barbos *Barbus* ssp, bogas *Pseudochondrostomas* ssp. e escalos *Squalius* ssp.). Os modelos de regressão logística relacionaram uma variável resposta binária, neste caso a presença-ausência das espécies, com um conjunto de variáveis preditoras. Como variáveis preditoras usaram-se a variação anual do nível de água e cinco outros factores: temperatura média na bacia, precipitação média, altitude, bacia de drenagem e latitude. Procedeu-se a uma selecção de variáveis com base no "Akaike Information Criterion" (AIC, Akaike, 1974). No caso da variação anual do nível de água ser incluída no modelo final após o processo de selecção, então considerava-se que a variável possuía um efeito significativo sobre a ocorrência das espécies.

10.3. Resultados

10.3.1. Composição piscícola

Nas 18 albufeiras amostradas foram capturados indivíduos de 28 espécies diferentes, 15 nativas e 13 exóticas. Os exemplares capturados em maior número foram: perca-sol (*Lepomis gibbosus*) com 2291 indivíduos, bogas (*Pseudochondrostoma duriense*, *P. polylepis*, e *P. wilkommii*) com 1764 exemplares capturados, achigã (*Micropterus salmoides*) com 548 capturas e barbos (*Barbus bocagei*, *B. comiza* e *B. sclateri*) com 769 exemplares.

As espécies mais frequentes foram o achigã, capturado em 16 albufeiras, e a perca-sol, que apenas não foi capturada em três (do tipo Norte). Com frequência considerável, mas inferior a estes dois *taxa*, apresentaram-se as vulgarmente denominadas boga de “boca recta” (englobando as espécies *Pseudochondrostoma duriense*, *P. polylepis* e *P. wilkommii*) em 15 massas de água, e os barbos (*Barbus bocagei*, *B. comiza* e *B. sclateri*), amostrados em 12 albufeiras. A carpa *Cyprinus carpio* foi amostrada em 10 albufeiras, sendo as restantes espécies capturadas em menos de 8 albufeiras (Quadro 10.3 e Quadro 10.4). Das cinco espécies mais frequentes (achigã, perca-sol, bogas, barbos e carpas), três são exóticas. Localmente, por troço de pesca eléctrica ou local de redes, as capturas apresentam em geral pequena riqueza.

Cada albufeira apresenta grande heterogeneidade espacial da fauna piscícola segundo os gradientes longitudinal (zonas lacustre e fluvial) e transversal (zonas litoral e pelágica). Na zona fluvial, é encontrada uma maior proporção de espécies de comportamento reofílico comparativamente à zona lacustre (Figuras 10.2 e 10.3). Do mesmo modo, é habitual as comunidades das zonas litoral e pelágica das massas de água serem bastante distintas, tal como ilustrado no exemplo da Figura 10.4.

10.3.2. Composição por tipo das albufeiras de referência

As albufeiras dos CURSOS PRINCIPAIS compostas por populações de centrarquídeos e ciprinídeos nativos (perca-sol, achigã, barbo e boga). A perca-sol é a espécie presente em maior proporção, aproximadamente 50%, seguida dos barbos e bogas, cada uma com menos de 25% de representatividade. Apresentam também o achigã com valores percentuais de indivíduos capturados inferiores a 10%. Este grupo de albufeiras exhibe uma proporção idêntica entre espécies piscívoras e insectívoras. Presença de espécies diádromas.

A característica mais marcante das albufeiras de referência do grupo NORTE é a presença da truta-de-rio, bem como a ausência de perca-sol. Apesar de serem as únicas albufeiras com *taxa* salmonícolas nativos, são compostas maioritariamente por espécies ciprinícolas (cerca de 70% dos indivíduos capturados), sendo que a população *Salmo trutta* não chega em média a 15% dos indivíduos. Na situação de referência ocorrem cerca de 20% de escalos no total dos indivíduos capturados. As albufeiras de referência exibem aproximadamente a mesma proporção de indivíduos das várias espécies, com a exceção da boga e do escalo, que apresentam populações um pouco maiores (cerca de 20%) e do barbo, com uma proporção inferior a 2%. Aqui, as espécies omnívoras (barbo e a carpa) não ultrapassam os 14% de indivíduos capturados sendo estas massas de água caracterizadas pela dominância de espécies piscívoras e insectívoras (aproximadamente 60% das capturas).

Quadro 10.3. Sumário das capturas obtidas na pesca elétrica no Outono, em CPUE (ver métodos), para os três tipos de albufeiras separadas por melhor (referência) e pior qualidade (não referência), incluindo a média, mínimo e máximo

	Cursos Principais						Norte						Sul					
	Referência			Não referência			Referência			Não referência			Referência			Não referência		
Espécies	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
<i>Anguilla anguilla</i>	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
<i>Atherina boyeri</i>	0,23	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	0,17	0,14	0,20	1,10	0,00	2,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis calderoni</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis paludica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,34
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,20	0,04	0,00	0,13	0,50	0,11	0,70
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,02	0,00	0,07	0,05	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,10
<i>Herichthys facetum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	5,16	1,76	7,47	23,29	15,61	34,65	0,00	0,00	0,00	14,71	1,65	34,95	5,65	1,68	11,29	6,52	0,56	9,61
<i>Micropterus salmoides</i>	0,72	0,37	1,04	2,06	0,10	3,84	0,61	0,25	1,33	5,42	0,20	12,27	7,64	1,05	17,29	6,22	1,40	8,74
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polyepes</i>	0,42	0,00	1,26	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma wilkemmii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
<i>Salarias fluviatilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius alburnoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,10	0,57	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Quadro 10.4. Sumário das capturas obtidas nas redes no Outono, em CPUE (ver métodos), para os três tipos de albufeiras separadas por melhor (referência) e pior qualidade (não referência), incluindo a média, mínimo e máximo

	Cursos Principais						Norte						Sul					
	Referência			Não referência			Referência			Não referência			Referência			Não referência		
Espécies	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max	med	min	max
<i>Ameiurus melas</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,57
<i>Barbus bocagei</i>	7,03	5,00	8,44	6,57	0,00	11,88	0,25	0,00	0,75	10,68	0,00	18,16	0,00	0,00	0,00	3,51	0,00	8,57
<i>Barbus sclateri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,26	0,00	21,77	2,42	0,00	7,27
<i>Carassius auratus</i>	0,48	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,56
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,71	6,21	0,00	18,62	1,99	0,00	4,85	3,87	0,91	5,71
<i>Cyprinus carpio x C. auratus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,57
<i>Esox lucius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	16,21	2,25	43,26	8,74	3,51	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59	0,67	5,15	15,65	2,29	41,94
<i>Micropterus salmoides</i>	0,07	0,00	0,22	1,17	0,00	1,88	0,09	0,00	0,27	0,09	0,00	0,26	1,52	0,91	2,50	1,90	0,00	4,55
<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	7,19	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	3,95	0,00	9,11	11,82	0,00	22,50	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polyepis</i>	22,42	0,00	67,26	5,27	0,00	15,82	4,31	2,17	6,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,89	0,00	6,94
<i>Pseudochondrostoma wilkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,14	0,00	24,51	20,71	0,00	62,12
<i>Salmo trutta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,51	0,00	4,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,41	0,00	16,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
<i>Sander lucioperca</i>	0,10	0,00	0,31	2,80	0,00	7,57	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Na situação de referência do tipo NORTE ocorrem cerca de 20% de escalos no total dos indivíduos capturados. As albufeiras de referência exibem aproximadamente a mesma proporção de indivíduos das várias espécies, com a exceção da boga e do escalo, que apresentam populações um pouco maiores (cerca de 20%) e do barbo, com uma proporção inferior a 2%. Aqui, as espécies omnívoras (barbo e a carpa) não ultrapassam os 14% de indivíduos capturados sendo estas massas de água caracterizadas pela dominância de espécies piscívoras e insectívoras (aproximadamente 60% das capturas).

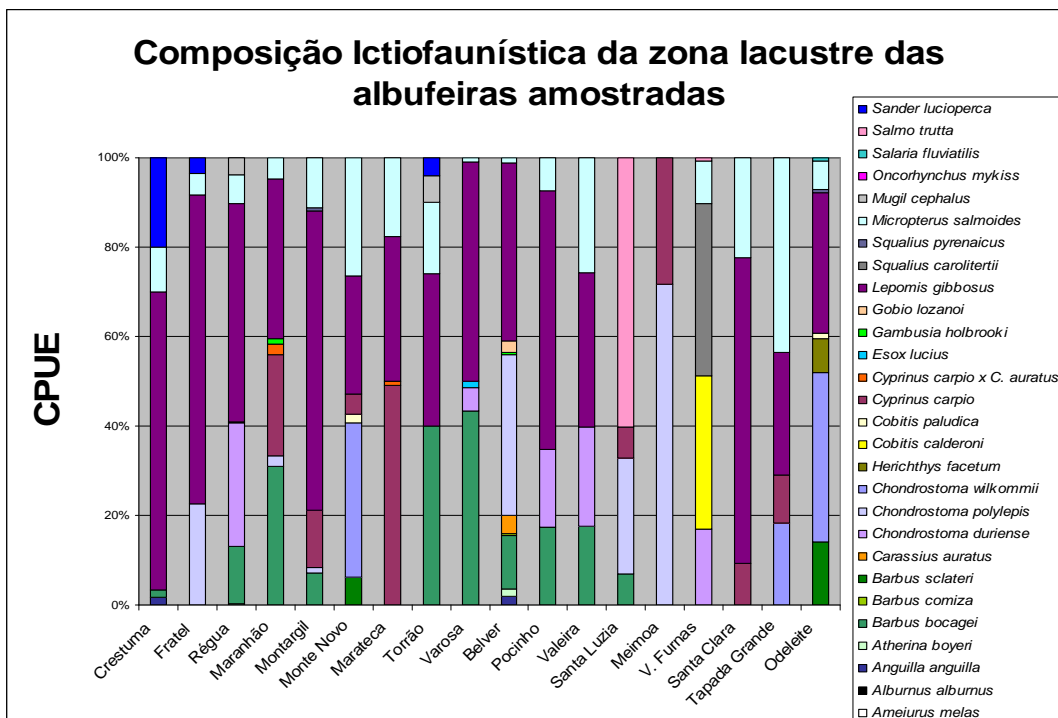


Figura 10.2. Caracterizaç3o da zona lacustre das 18 albufeiras amostradas.

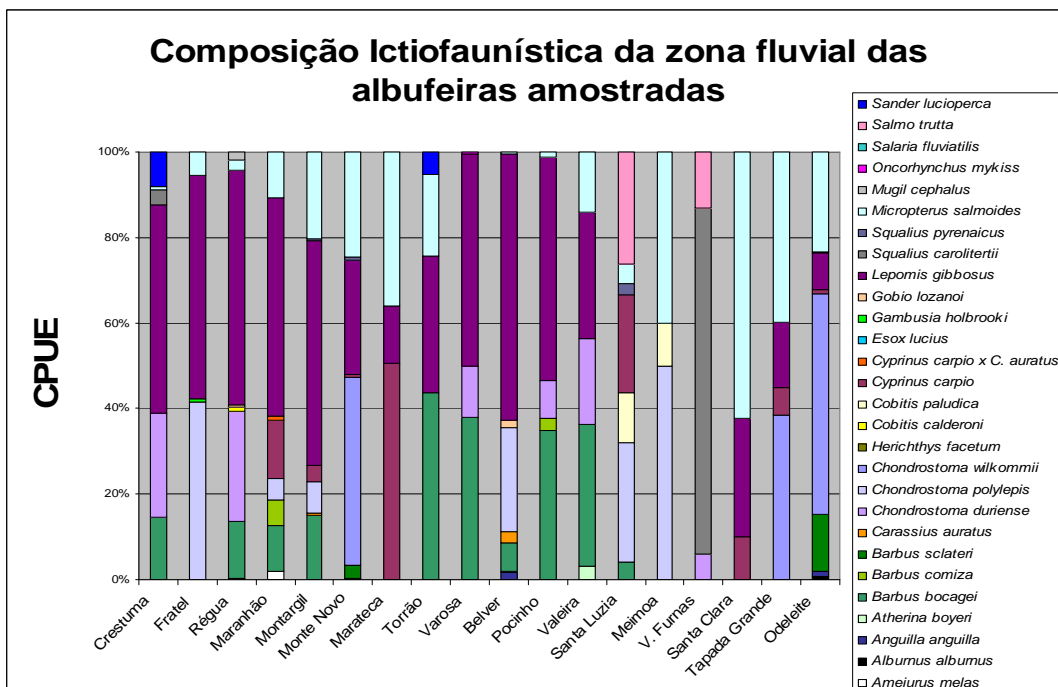


Figura 10.3. Caracterizaç3o da zona fluvial das 18 albufeiras amostradas.

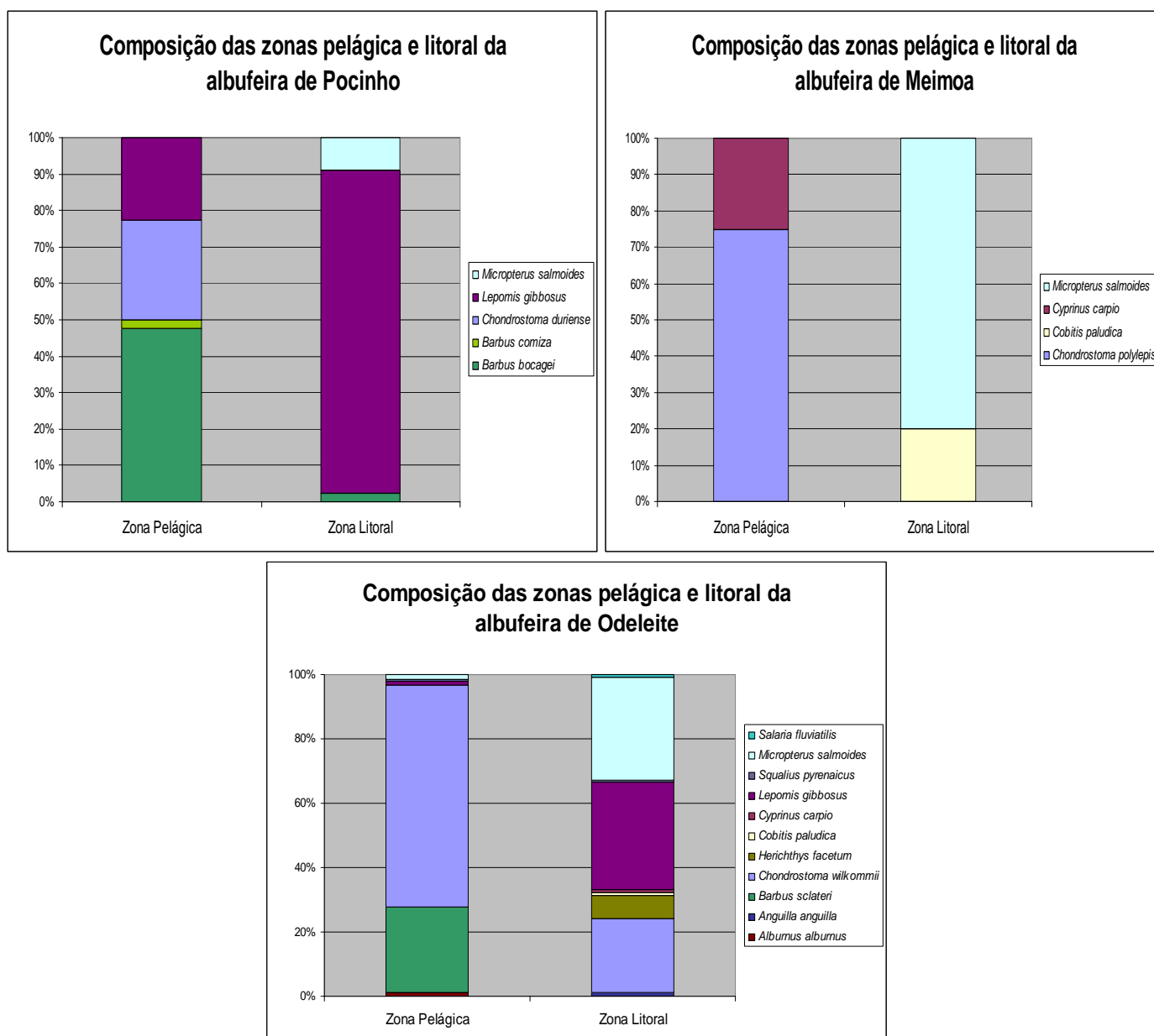


Figura 10.4. Variação de capturas nas zonas litoral e pelágica de três albufeiras amostradas

A situação de referência das albufeiras do grupo SUL é caracterizada por apresentar dominância quantitativa de espécies de centrarquídeos. Neste caso, ao contrário dos outros tipos, o achigã apresenta uma proporção aproximadamente idêntica (ou numericamente inferior) à da perca-sol. Estas duas espécies perfazem aproximadamente 60% dos indivíduos capturados. As massas de água do grupo Sul apresentam também uma população considerável de bogas (cerca de 26%) e pequena população de barbos, com valor inferior aos 5%. Na condição de referência, as espécies omnívoras não ultrapassam os 12% de indivíduos capturados comparativamente os aproximadamente 62% de espécies piscívoras e insectívoras.

10.3.3. Resposta composicional à tipologia

Os resultados deste sub-capítulo referem-se apenas a colheitas de Outono e utilizam apenas as capturas das albufeiras menos perturbadas (referências), analisando a separação dos tipos (Quadro 10.5 e Figuras 10.5 e 10.6). Globalmente verifica-se que as capturas de redes distinguem os tipos de albufeiras, sobretudo quando referidos às capturas integrais, embora também às capturas lacustres, e sobretudo com destaque para o tipo Norte, bastante diferente dos outros. As capturas de pesca eléctrica não distinguem os tipos de albufeiras, possivelmente porque a variação intra-locais de amostragem perturba a variação intra-tipos.

Quadro 10.5. R global do teste multivariado ANOSIM e respectivo nível de significado, para os vários agrupamentos testados. Capturas em CPUE (ver métodos), de Outono, só com albufeiras de baixa perturbação (referência)

TIPO DE CAPTURAS	AGREGAÇÃO	R Global	p
Redes	Toda a albufeira	0.575	0.02
Todos os tipos	Apenas zona lacustre	0.547	0.04
	Apenas zona fluvial	0.432	0.04
Redes, por tipo	CP vs. N	0.491	0.06
	N vs. S	0.663	0.01
	CP vs. N	0.669	0.01
Pesca eléctrica	Toda a albufeira	0.359	0.01
Todos os tipos	Zona lacustre	0.074	0.01
	Zona fluvial	0.251	0.03

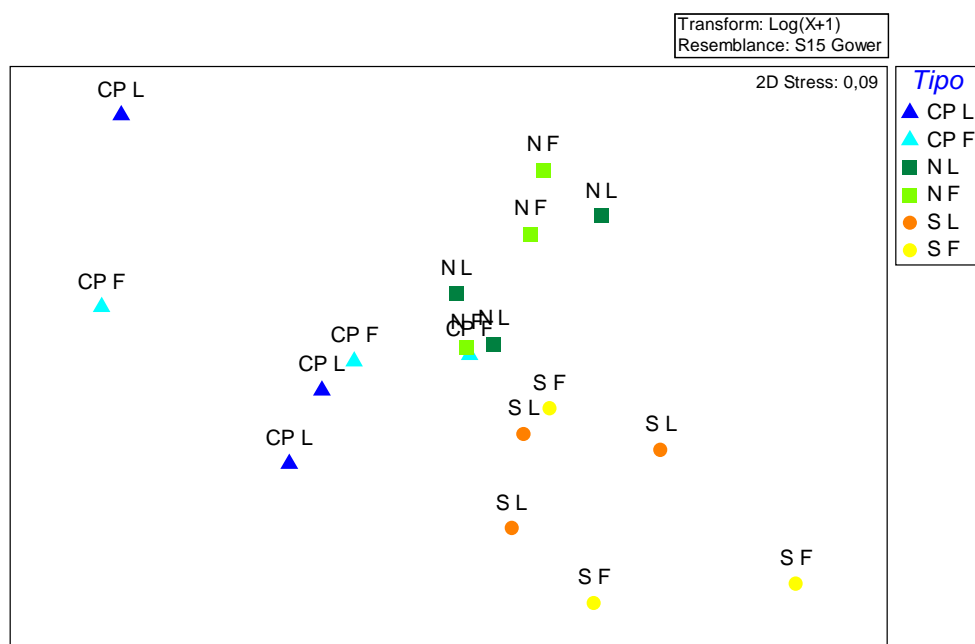


Figura 10.5. n-MDS utilizando todas as albufeiras pouco perturbadas dos três tipos, com capturas de redes

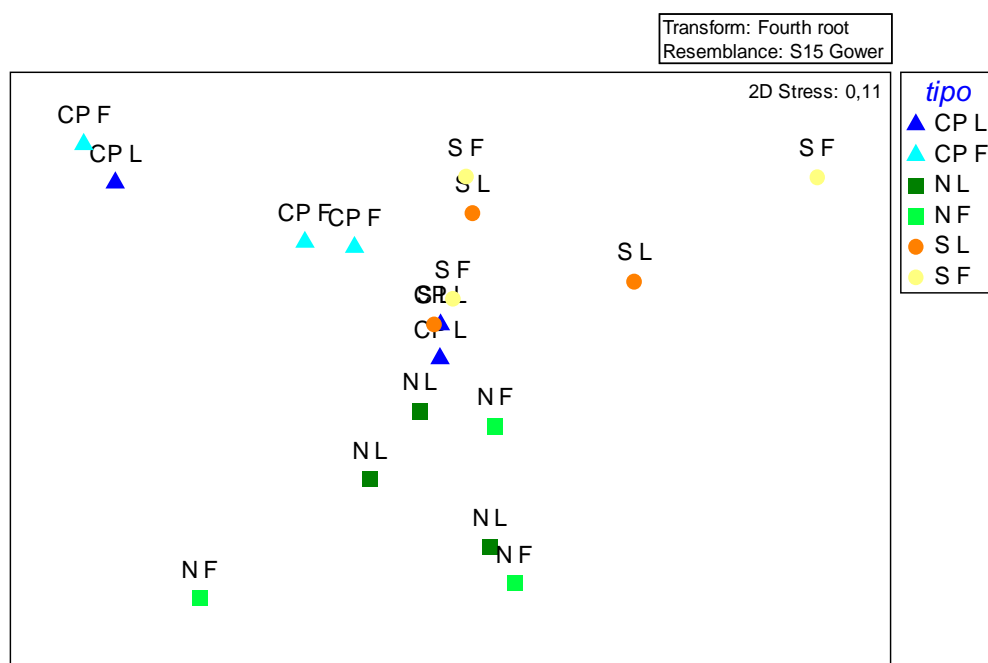


Figura 10.6. n-MDS utilizando todas as albufeiras pouco perturbadas dos três tipos, com capturas de pesca eléctrica

As espécies que mais significativamente contribuem para a coesão dos grupos (rotina SIMPER) foram: Tipo CP – *B. bocagei* (47.9%), *L. gibbosus* (32.8%) e *P. duriensis* (12.9%); Tipo N – *P. polylepis* (72.3%) e *S. trutta* (17.8%); e Tipo S - *P. wilkommii* (33%), *M. salmoides* (31.4%), *L. gibbosus* (16.2%) e *C. carpio* (13.3%).

10.3.4. Resposta composicional à perturbação

Pela observação das capturas, é possível encontrar algumas características que distinguem a composição íctica as albufeiras de referência das perturbadas. Nas albufeiras CURSOS PRINCIPAIS, a degradação das massas de água apresenta uma tendência para a diminuição de espécies potamódromas, como o barbo-comum e o barbo trombeteiro, e um incremento dos *taxa* exóticos como perca-sol e lucioperca. No caso das albufeiras NORTE, a pressão antrópica sobre a massa de água exerce uma acção mais contrastante, há uma tendência para o desaparecimento de espécies intolerantes nativas, como é o caso da truta, do escaló e da verdemã, à abundância de exóticas como a perca-sol e a lucioperca, e ao aumento de espécies nativas tolerantes, como o barbo. A degradação deste tipo de massas de água reflecte-se também num aumento da riqueza específica e da biomassa total, o que não se verificava nos Cursos Principais. A composição de referência das albufeiras do SUL é bastante menos marcada comparativamente à das albufeiras mais degradadas, observando-se contudo um acréscimo de perca-sol e achigã, bem como uma diminuição do barbo.

Nenhuma destas tendências é suficientemente robusta por forma à obtenção de grupos bem separados e confirmáveis através do teste matricial ANOSIM. Nas Figuras 10.7. a 10.10 mostram-se as ordenações não paramétricas obtidas no caso da amostragem com redes para cada tipo de albufeiras (no caso das redes, uma distinção de tipos tinha sido demonstrada no sub-capítulo anterior) e para o conjunto dos dados no caso da pesca eléctrica. Tão pouco se demonstrou existirem dois grupos distintos para diferentes níveis de perturbação, quando se separam as amostragens lacustres e fluviais, para qualquer dos métodos de pesca, dos tipos de albufeira e das zonas de amostragem.

O Quadro 10.6 sumariza os resultados obtidos pelo teste matricial ANOSIM. Apenas o tipo Norte apresenta separação composicional relevante.

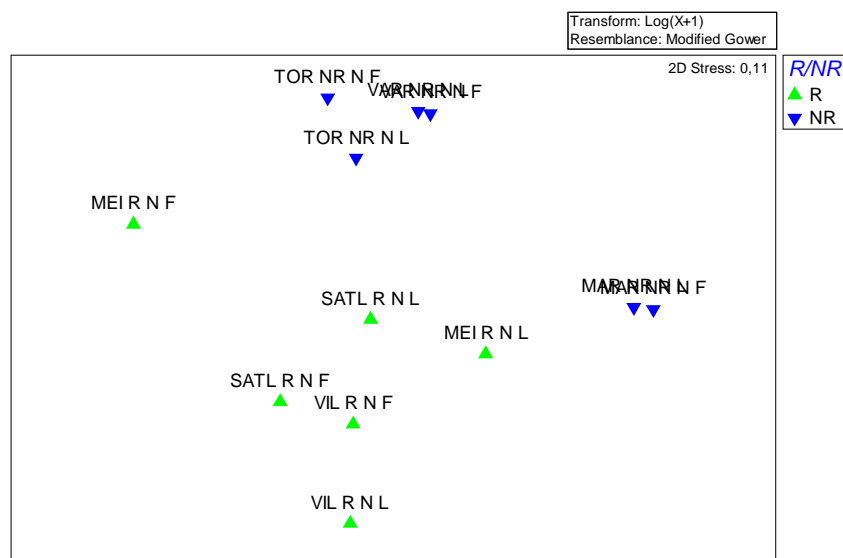


Figura 10.7. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, para o Tipo Norte, capturas de redes. $R=0,419$, $p>0.01$ (teste ANOSIM)

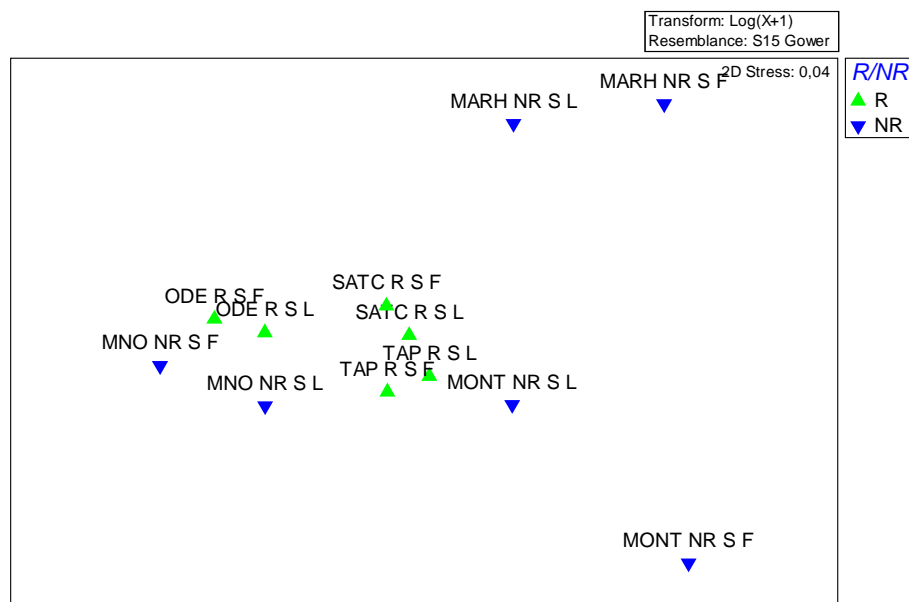


Figura 10.8. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, para o Tipo Sul, capturas de redes. $R=0,109$, $p>0.02$ (teste ANOSIM)

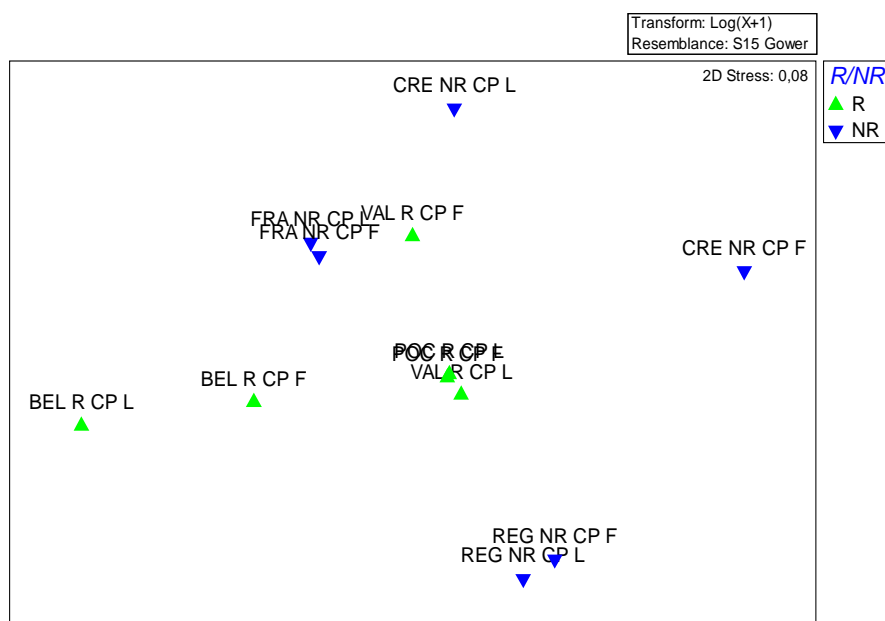


Figura 10.9. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, para o Tipo Cursos Principais, capturas de redes. $R=-0,015$, $p>0.01$ (teste ANOSIM)

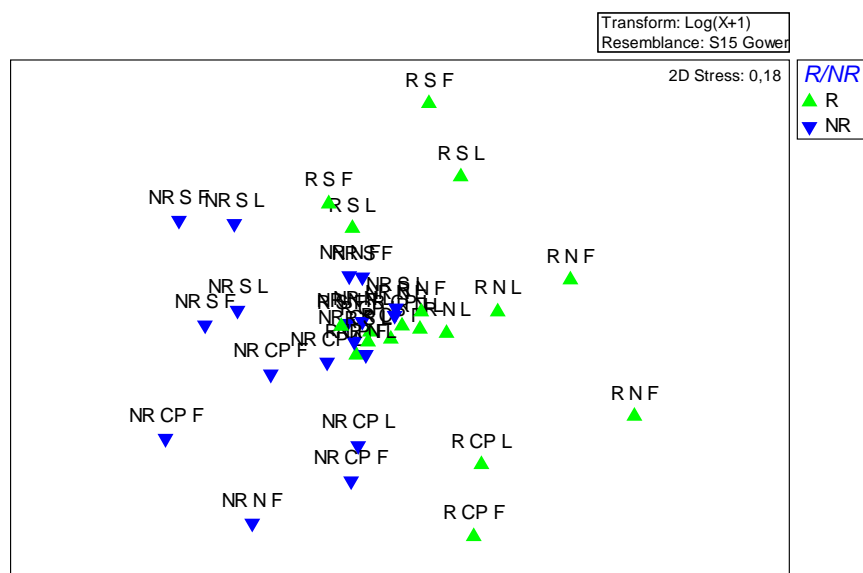


Figura 10.10. n-MDS para observação da resposta à perturbação usando a composição piscícola, em CPUE, todas as albufeiras de todos os tipos, capturas por pesca eléctrica. $R=0.09$, $p>0.01$ (teste ANOSIM)

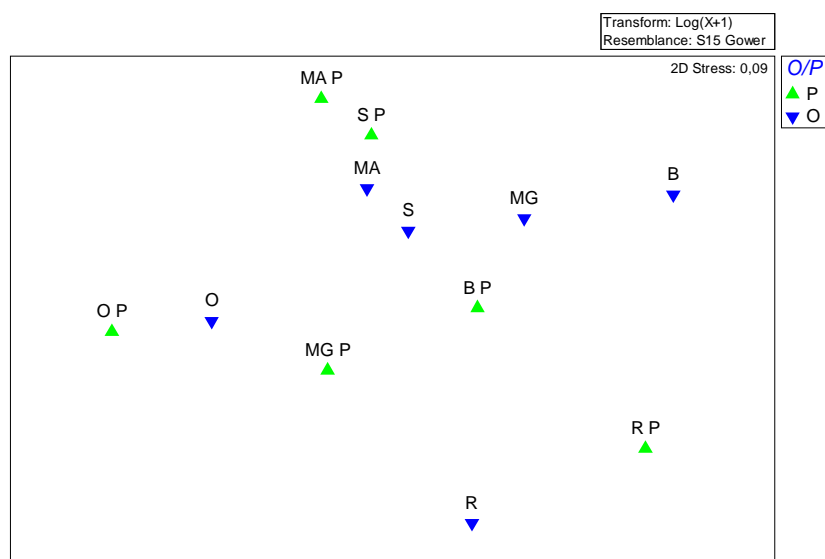


Figura 10.11. n-MDS usando a composição piscícola, em CPUE e para diferentes estações do ano (Primavera, P e Outono, O), capturas por pesca eléctrica, em albufeiras pouco e muito perturbadas, $R=0,183$, $p>0.02$ (teste ANOSIM). Referência: S- Santa Luzia, O – Odeleite, B- Belver, Perturbadas: MA- Marateca, MG – Montargil, R- Régua.

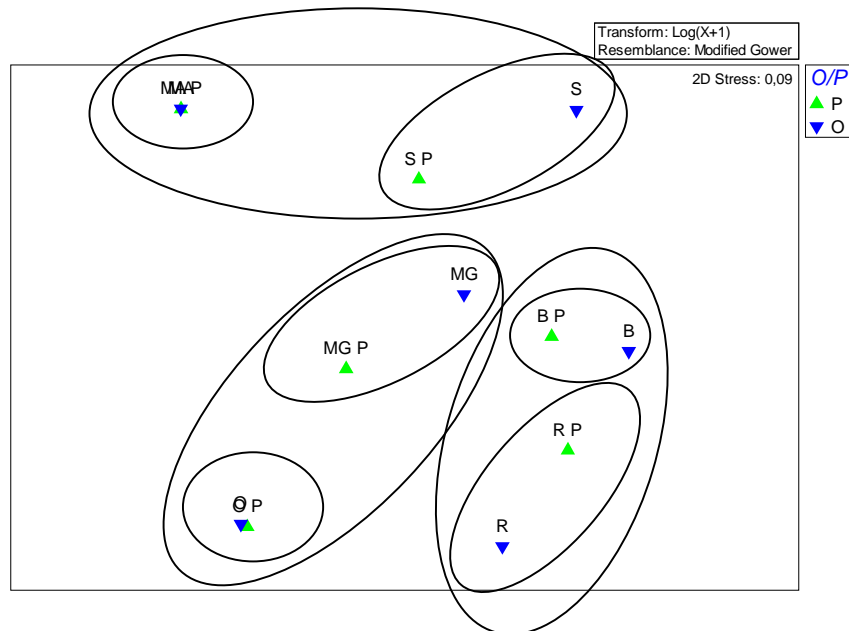


Figura 10.12. n-MDS usando a composição piscícola, em CPUE e para diferentes estações do ano (Primavera, P e Outono, O), capturas por redes, em albufeiras pouco e muito perturbadas, $R=0,37$, $p>0.03$ (teste ANOSIM). Referência: S- Santa Luzia, O – Odeleite, B- Belver, Perturbadas: MA- Marateca, MG – Montargil, R- Régua. Círculos são representações imaginárias.

Quadro 10.6. Sumário dos testes matriciais para comparação de grupos de albufeiras pouco (referência) e muito perturbados (não referência). A negrito, valores do tipo Norte.

Referência vs. Não referência	PESCA ELÉCTRICA		REDES	
	R	p	R	p
Todos os tipos e zonas	0.09	0.06	0.238	0.02
Todos os tipos, lacustre	0.121	0.19	0.151	0.03
Só N, lacustre	0.259	0.01	0.458	0.01
Só CP, lacustre	0.222	0.02	0.126	0.06
Só S, lacustre	0.037	0.06	0.049	0.04
Todos os tipos, fluvial	0.166	0.03	0.106	0.04
Só N, fluvial	0.296	0.01	0.358	0.01
Só CP, fluvial	0.074	0.09	0.015	0.08
Só S, fluvial	0.037	0.07	0.058	0.08
Só N, lacustre+fluvial	0.207	0.02	0.419	0.01
Só CP, lacustre+fluvial	0.062	0.06	0.109	0.03
Só S, lacustre+fluvial	0.056	0.06	0.015	0.09

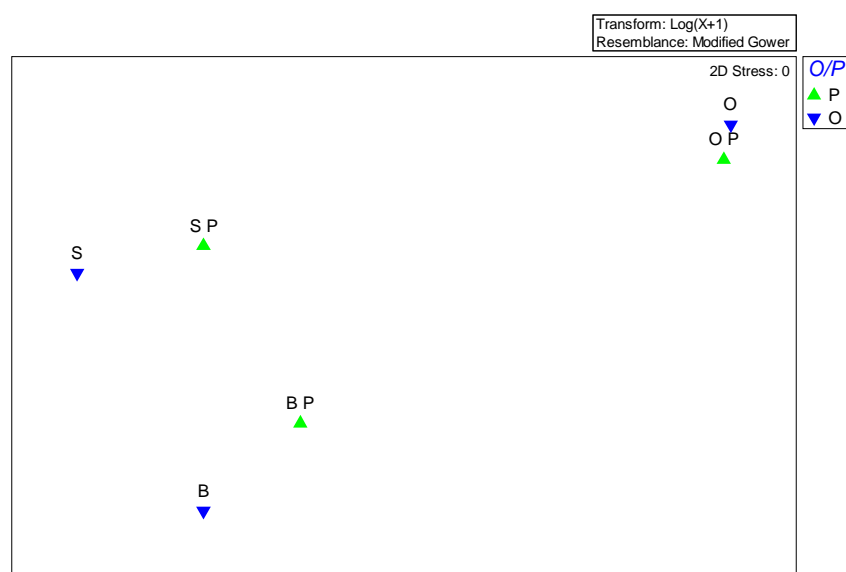


Figura 10.13. n-MDS usando a composição piscícola, em CPUE e para diferentes estações do ano (Primavera, P e Outono, O), capturas por redes, apenas em albufeiras pouco perturbadas, R=0.16, $p>0.01$ (teste ANOSIM). S- Santa Luzia, O – Odeleite, B- Berver

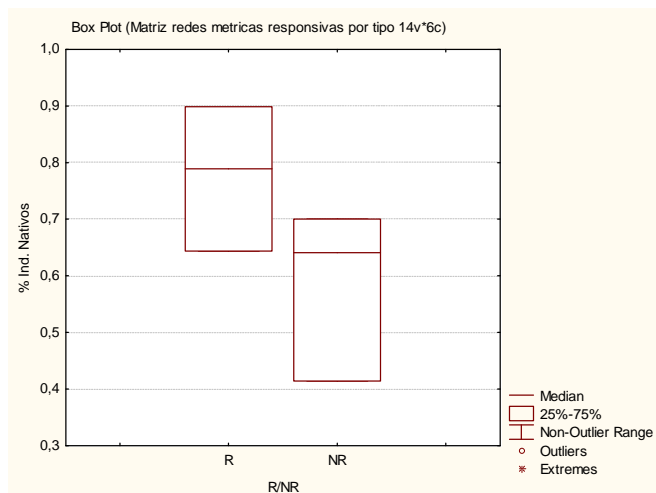
10.3.5. Comparação Primavera-Verão

Apenas foram efectuadas amostragens em seis albufeiras na Primavera, uma para cada tipo e uma para cada nível de perturbação (Figuras 10.11 e 10.12). Os resultados indicam falta de agrupamentos relevantes. No entanto, especialmente no que toca às redes, é possível verificar que as estações do ano se encontram mais próximas entre si, e de seguida se agrupam os tipos de albufeiras (Figura 10.12). A Figura 10.13, referente à n-MDS das albufeiras de referência, amostragem de redes, salienta este resultado, pelo que se pode concluir que as amostragens de Primavera apresentam os mesmos resultados das de Outono, com a desvantagem de coincidirem com a época de migração de algumas espécies em direcção aos afluentes.

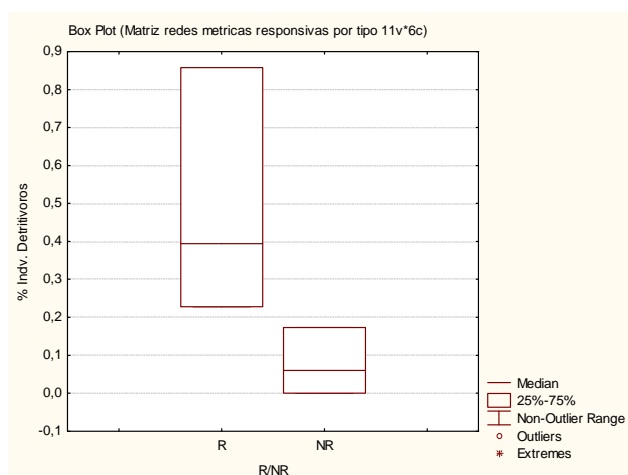
10.3.5. Resposta estrutural à perturbação

Consideraram-se como potencialmente responsivas apenas métricas com uma correlação de Pearson superior a 0.75, $p > 0.1$ entre cada métrica potencial e a pressão global (pré-classificação). O tratamento foi feito por tipos de albufeiras e por método de amostragem (Quadro 10.7). Entre 5 e 12 métricas mostraram-se responsivas, sendo o número maior nos Cursos Principais e menor no tipo Sul, bem como com a amostragem de redes. Foram realizadas n-MDS com as métricas responsivas para analisar a resposta multivariada à perturbação, por tipo, obtendo-se separação ($R > 0.5$, $p > 0.01$) apenas para o tipo Norte, quer com redes quer com pesca eléctrica.

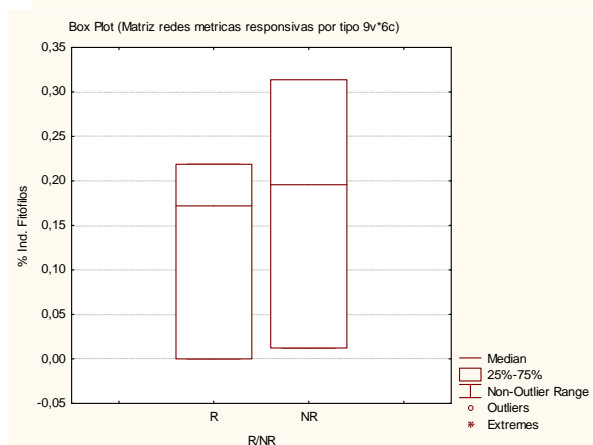
Embora estatisticamente significativa, a resposta métrica refere-se apenas a conjuntos de 6 albufeiras, incluindo desvios resultantes de variações importantes dentro de cada conjunto de três albufeiras correspondentes à menor ou maior perturbação. Assim, foi feita uma análise de valores de métricas através da distribuição de máximos e mínimos, tendo sido seleccionadas apenas as métricas cujos valores de máximos e mínimos não se sobrepunham (a Figura 10.14 ilustra a distribuição de uma dessas métricas, para cada tipo). No entanto, no caso do tipo Sul, não ocorreu nenhuma métrica sem sobreposição.



CURSOS PRINCIPAIS:
Resposta da métrica % de indivíduos nativos



NORTE: Resposta da
métrica % de indivíduos detritívoros



SUL: Resposta da
métrica % de indivíduos fitófilos

Figura 10.14. Exemplo de variação de resposta de métricas responsivas para os três tipos de albufeiras

Quadro 10.7. Métricas de potencial responsivo à pressão global, $R > 0.75$, $p > 0.1$, para os vários tipos de albufeiras e para os dois tipos de amostragem

CURSOS PRINCIPAIS	NORTE	SUL
PESCA ELÉCTRICA		
% ind bentónicos	% ind bentónicos	% sp. Tolerantes
<i>S. carolittertii</i>	PSD achigã	PSD achigã
<i>A. anguilla</i>	% ind. Nativos	% ind. gambúsia
Nº ind. Bentónicos	% sp. Tolerantes	Nº ind. gambúsia
Nº sp. Bentónicas	% ind. Exóticos	Distância média L/F
Nº ind. Escalos <7 cm	% ind. Pelágicos	
Nº ind. Enguias >20 e <50 cm	Nº sp. Tolerantes	
Nº sp. Euritópicas	Nº sp. Exóticas	
Nº sp. Generalistas	Distância média L/F	
Nº ind. Perca-sol <8 cm		
REDES		
% ind. piscívoros	% ind. Detritívoros	Nº ind. Fitófilos
PSD achigã	% ind. Fitofitófilos	Nº sp. Fitófilas
% ind. Pelágicos	% ind. Reófilos	<i>P. polylepis</i>
% ind. Exóticos	% ind. Omnívoros	<i>B. bocagei</i>
% ind. Nativos	% ind. Tolerantes	Nº sp. Omnívoras
% ind. Potamódromos	<i>P. polylepis</i>	Nº sp. tolerantes
% ind bentónicos	Nº ind. Omnívoros	
Nº sp. piscívoras	Nº ind. Bentónicos	
Nº ind. Achigã > 20 cm	Biomassa total	
Nº sp. Euritópicas		
Nº ind. piscívoros		
Nº sp. Pelágicas		

Quadro 10.8. Valores de fronteira de classe de qualidade ecológica tentativamente usados para exploração de reactividade à pressão.

Classes de qualidade	High	Good	Moderate	Poor	Bad
Valoração	5	4	3	2	1
Cursos Principais					
% ind. Exóticos	<10	10 - 20	21 - 35	36 - 50	>50
% ind. piscívoras	0	1 - 5	6 - 15	16 - 25	> 25
% ind. nativos	=> 90	89 - 80	79 - 60	59 - 40	< 40
% ind potamódromos	=>90	89- 80	79- 70	69-60	<60
% ind. bentónicos	< 50	50 - 65	66 - 75	76 - 85	> 85
Norte					
% ind. fitolitófilos	0	1 - 20	21 - 40	41 - 60	>60
% ind. reófilos	> 80	80 - 60	59 - 40	39 - 20	< 20
% ind tolerantes	< 10	10 - 20	21 - 60	61 - 80	> 80
% ind. omnívoros	< 10	10 - 20	21 - 60	61 - 80	> 80
Biomassa total kg	< 2	2 - 4	4,1 - 8	8,1 - 10	>10

Finalmente, e também através da distribuição de máximos e mínimos, foi atribuído um valor tentativo e pericial de limites de classe de qualidade ecológica, constando do Quadro 10.8. Este ensaio é referido apenas às colheitas de redes porque apresentavam distribuições mais robustas e valores mais elevados de correlação, e só pôde ser realizado para os tipos Cursos Principais e Norte porque a variação das métricas no tipo Sul não foi satisfatória (e.g. Figura 10.14), ou seja, não foi possível obter distribuições conducentes a valores de classe.

O somatório destes valores de classe para cada albufeira dos dois tipos Cursos Principais e Norte, apresenta uma correlação importante com a pressão global, $R=0.7539$, $R^2=0.5684$, $p=0.0046$ (Figura 10.15). Este exercício deve ser entendido como um ensaio prospectivo, e não como um índice proposto, uma vez que a variação das métricas ao longo do gradiente de degradação deve ser explorado com mais dados. No entanto, permite confirmar que é possível desenvolver um índice métrico de avaliação da qualidade ecológica, pelo menos para dois tipos de albufeiras.

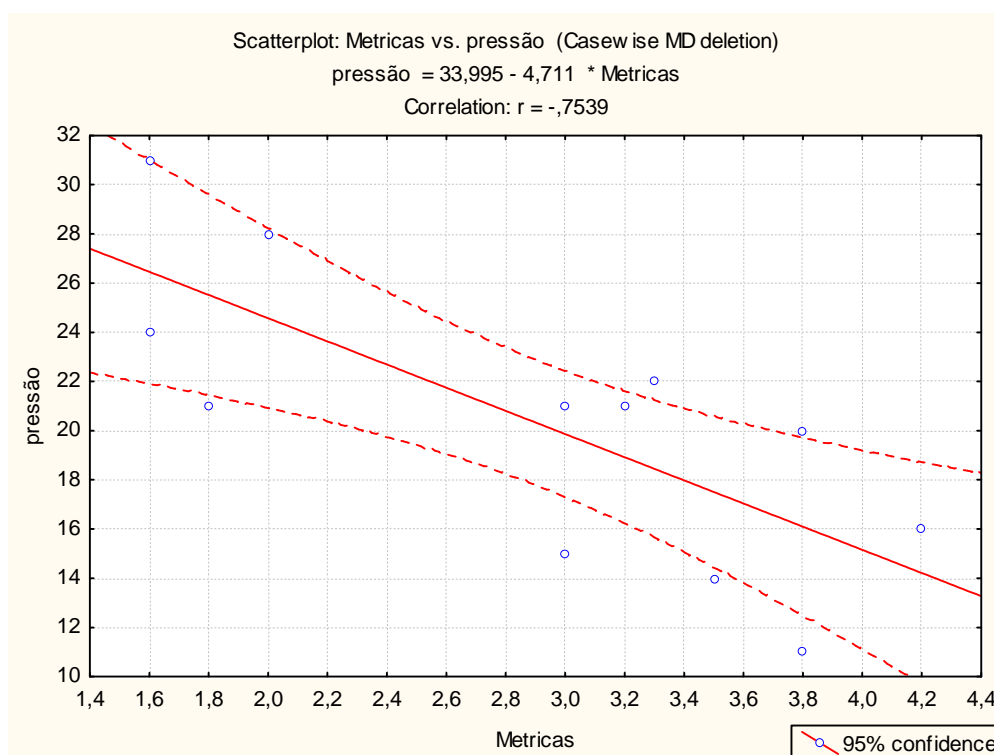


Figura 10.15. Correlação entre a pressão global e a soma das pontuações atribuídas às classes de qualidade ecológica baseadas nas métricas (ver Quadro 10.7).

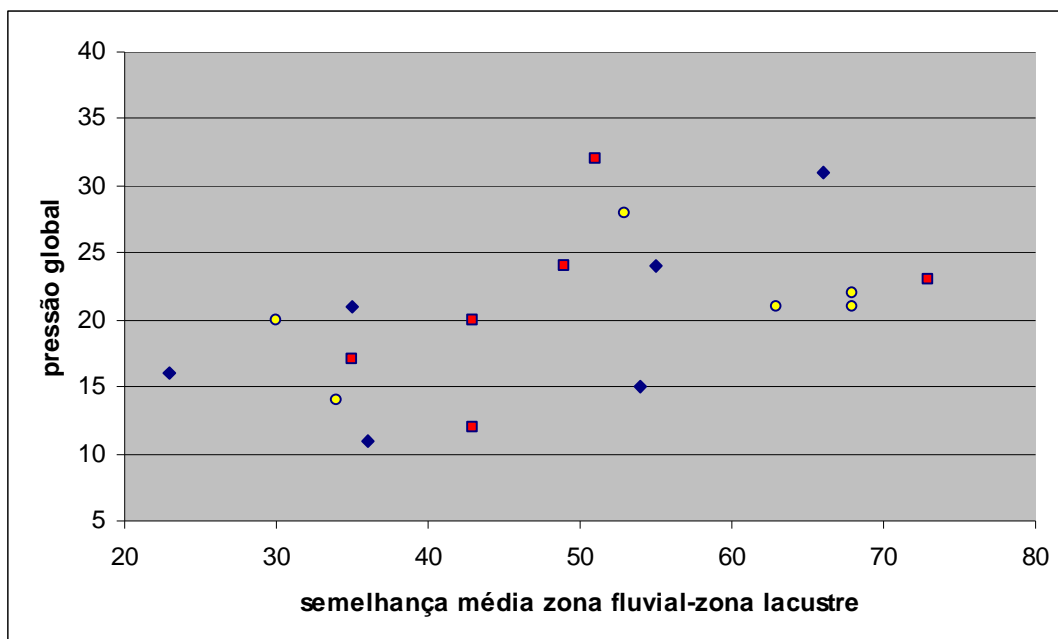


Figura 10.16. Relação entre a pressão global e a semelhança taxonómica média entre as zonas lacustre e fluvial das albufeiras. A encarnado – Sul; a azul – Norte; a amarelo – Cursos Principais

Os resultados obtidos com a amostragem por redes revelaram-se geralmente mais responsivos à pressão do que os obtidos por pesca eléctrica. Para este último método de amostragem (em que cada albufeira é amostrada em vários locais de duas zonas), uma das métricas com resposta mais interessante é a distância (=dissemelhança média taxonómica) entre os inventários das zonas lacustre e fluvial, uma vez que quanto maior a pressão (sobretudo eutrofização), maior a homogeneização da massa de água (nomeadamente aumento da turvação e de elementos finos depositados) e mais homogéneas as comunidades piscícolas (porque as espécies tolerantes irão dominar as taxocenoses). O potencial desta métrica é ilustrado na Figura 10.16, e parece verificar-se para todos os tipos de albufeiras. Ainda assim, apenas no tipo Sul se verificou que não se sobreponha a distribuição de extremos entre albufeiras menos (referência) e mais perturbadas (não referência) pelo que esta métrica poderia ser uma alternativa de medição da qualidade, caso se mantenha a amostragem por pesca eléctrica e por redes.

10.3.6. Efeitos das variações de nível

Para este tratamento de dados, foi inicialmente calculada a colinearidade das variáveis

consideradas (representando o gradiente climático regional, a posição da albufeiras na hierarquia fluvial e a variação de nível da água. Verificou-se que as variáveis número de ordem fluvial, longitude e (log) distância à nascente são colineares com outras (Pearson $R > 0.89$, $p > 0.01$), e foram retidas para análise as variáveis temperatura média da bacia, precipitação média anual, latitude, (log) altitude, (log) área da bacia de drenagem e (log) variação média do nível da água da albufeira.

No Quadro 10.9 apresentam-se os coeficientes dos modelos de regressão logística relacionando a presença - ausência das espécies, com um conjunto de variáveis preditoras, incluindo a variação anual do nível de água e os cinco outros factores. No caso da variação anual do nível de água ser incluída no modelo final após o processo de selecção com base no critério de Akaike, então a variável possui um efeito significativo sobre a ocorrência da espécie. Tal aconteceu apenas para as bogas potamódromas.

Quadro 10.9. Coeficientes dos modelos ajustados de regressão logística para cada taxa e respectivo nível de significado probabilístico

Coeficientes						
	Varição_nivel	Temp_media	Precip_med	Latitude	Altitude	Bacia_drenagem
<i>Barbus spp.</i>		0.8380		0.0000	1.5003	1.8104
<i>Carassius auratus</i>			-0.0132			0.3822
<i>Salmo trutta</i>			0.0906		1.8349	0.5739
<i>Pseudochondrostoma spp.</i>	0.8297			0.0000		0.7637
<i>Cyprinus carpio</i>		0.7275			0.7979	0.3531
<i>Lepomis gibbosus</i>			-0.0559	0.0000		
<i>Micropterus salmoides</i>					-0.8201	
<i>Squalius spp.</i>			0.0204	0.0000		
Significado						
	Varição_nivel	Temp_media	Precip_med	Latitude	Altitude	Bacia_drenagem
<i>Barbus spp.</i>		0.0034		0.1682	0.0481	0.0002
<i>Carassius auratus</i>			0.0792			0.0034
<i>Salmo trutta</i>			0.0052	0.0028	0.0152	0.0450
<i>Pseudochondrostoma spp.</i>	0.0791					0.0017
<i>Cyprinus carpio</i>		0.0006		0.0031	0.0505	0.0447
<i>Lepomis gibbosus</i>			0.0002			
<i>Micropterus salmoides</i>				0.0711	0.0055	
<i>Squalius spp.</i>			0.0175			

Para além disso, foi realizada uma regressão logística univariada entre a variação do nível da água e cada taxa considerado (Quadro 10.10). Quando detectado um efeito explanatório neste caso, e o taxa perdeu significado com as outras variáveis, quer dizer que este efeito provavelmente não é directo, o que acontece apenas no caso do pimpão, embora seja interessante verificar que a truta comum, que realiza migrações reprodutoras para fora da albufeira, apresenta um coeficiente de regressão elevado, embora não significativo.

Em conclusão, o efeito das variações de nível é detectado em poucas espécies e actua sobretudo em conjugação com outras variáveis. Os dados disponíveis não permitiram incluir nos modelos a morfologia das zonas litorais (substrato, declive) ou do ambiente aquático (anoxia, transparência), certamente determinante dos efeitos indirectos das variações de nível, pelo que este tema deve ser no futuro abordado com um delineamento experimental mais elaborado.

Quadro 10.10. Resultados da regressão logística univariada relacionado cada taxa com a variação do nível da água das albufeiras.

	Coeficiente	p
<i>Barbus spp.</i>	-0.1810	0.529
<i>Carassius auratus</i>	-0.674	0.0236
<i>Salmo trutta</i>	0.4681	0.1516
<i>Pseudochondrostoma spp.</i>	0.1140	0.708
<i>Cyprinus carpio</i>	-0.2171	0.5046
<i>Lepomis gibbosus</i>	-0.2321	0.414
<i>Micropterus salmoides</i>	-0.1552	0.588
<i>Squalius spp.</i>	0.2297	0.409

10.4. Conclusões

- As albufeiras amostradas apresentaram riqueza elevada, predominando o achigã, a perca-sol, a carpa, os barbos e as bogas, mas sendo grande a heterogeneidade entre locais de amostragem e zonas de cada albufeira, bem como entre albufeiras. A heterogeneidade observada indica a necessidade de um esforço de amostragem acrescido na monitorização destas massas de água, nomeadamente por redes.
- A composição piscícola é significativamente diferente para cada tipo considerado de albufeira, utilizando todas as redes agregadas ou só a zona lacustre, enquanto a pesca

eléctrica não permite a separação de tipos de albufeiras. Foi descrita a composição de referência por tipo de albufeira (sub-capítulo 10.3.2) com base nas amostragens efectuadas.

- A composição das comunidades não permite separar albufeiras pouco e muito perturbadas, quer por amostragem de redes quer pesca eléctrica, quer zona lacustre quer fluvial. A estrutura ecológica das populações tão pouco evidencia uma resposta multivariada à pressão.
- As amostragens de Primavera e de Outono são mais similares do que as amostragens de tipos diferentes de albufeiras e não indicam uma melhoria de resposta à perturbação. A amostragem de albufeiras para monitorização ecológica seja feita primariamente durante a fase de mistura térmica, fora da época das migrações das populações potamódromas e das condições adversas que possam ocorrer em período estival.
- Individualmente, ocorrem respostas significativas de métricas à pressão, sobretudo nos tipos Cursos Principais e Norte. Algumas destas métricas apresentam valores de extremos não sobrepostos, permitindo pequenos ensaios de valores de fronteira ecológica. O número pequeno de albufeiras por tipo impede ulteriores avanços.
- Os modelos de regressão utilizados no estudo das variações de nível nos principais *taxa* de albufeiras, indicam um efeito significativo directo nas populações de bogas, e menor ou indirecto nas de pimpão e truta.

10.5. Bibliografia

- Akaike, H. (1974) A new look at statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, AU-19, 716 – 722
- Hosmer, D.W. & Lemeshow, S. (2000) Applied logistic regression, 2nd edn. John Wiley & Sons, New York.



CAPÍTULO XI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Maria Teresa Ferreira

11.1. Gestão ecológica de albufeiras: *take two*

No capítulo inicial deste trabalho, foi desenvolvida a ideia do pouco conhecimento existente sobre a ecologia de albufeiras portuguesas, apesar da importância crescente (em número e importância) destes ecossistemas de águas interiores. Enquanto massas de água originadas e permanentemente actuadas pelo Homem, o conhecimento do seu funcionamento ecológico é uma necessidade no que toca à conciliação da integridade das comunidades aquáticas com a gestão hidráulica decorrente dos usos.

O presente protocolo nasceu ambicioso. Nele se abordam muitos temas, incluindo a caracterização dos tipos ecológicos de albufeiras portuguesas e respectivas componentes abióticas e bióticas, físico-químicas, habitacionais e biológicas, incluindo microalgas, macrófitos, macroinvertebrados e peixes; a modelação da qualidade da água e das comunidades de microalgas face à variação crescente e decrescente do uso do solo nas bacias de drenagem; a identificação de vários indicadores, características ou parâmetros, quer físico-químicos quer biológicos, responsivos à perturbação, quer globalmente quer em relação a formas específicas de alteração, como as variações do nível da água. Em cada capítulo foram sistematizadas as conclusões obtidas, e sumarizados os seus aspectos relevantes.

Quadro 11.1. Principais características dos diferentes tipos de albufeiras, em situação de baixa degradação, MEP+GEP. (1) Valores médios, para tipos cursos principais e norte com base na modelação do capítulo V, e para tipo sul com base na média das mesmas variáveis nas albufeiras de referência. (2) Fronteira tentativa Good/Moderate (3) Tomando o quartil 25% como valor de fronteira G/M

ELEMENTOS	VARIÁVEIS	TIPOS DE ALBUFEIRAS		
		CURSOS PRINCIPAIS	NORTE	SUL
FÍSICO-QUÍMICOS (1)	Turvação (NTU)	1,55	0,43	-
	pH	7,42	6,57	7,8
	Oxigenio dissolvido (mg O ₂ /L)	9,18	9,07	8,9
	Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	121,08	42,52	51,8
	Azoto amoniacal (mg NH ₄ /L)	0,18	0,08	0,08
	Cloretos (mg Cl/L)	15,56	3,05	-
	Nitratos (mg NO ₃ /L)	4,08	1,06	1,4
	Sulfatos (mg SO ₄ /L)	44,49	0,90	-
	Fosfatos (mg PO ₄ /L)	0,14	0,01	-
	CBO ₅ (mg O ₂ /L)	1,23	0,30	1,5
	Sílica iónica (mg SiO ₂ /L)	2,32	3,74	-
	Cenário de referência	Sub-capítulo 4.2	Sub-capítulo 4.2	Sub-capítulo 4.2
ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS (2)	Cenário de referência	Sub-capítulo 4.3.2	Sub-capítulo 4.3.2	Sub-capítulo 4.3.2
	LHMS	<20	<20	<15
FITOPLÂNTON (1)	Comunidades de referência	Sub-capítulo 6.3.2	Sub-capítulo 6.3.2	Sub-capítulo 6.3.2
	Clorofila a (mg/m ³)	9,87	1,04	6,8
	Biomassa (mg/m ³)	<3500	<2000	-
	Densidade (cél/l)	2,6*10 ⁶	0,6*10 ⁶	4,7*10 ⁶
	Chlorophyta (n° sp)	32	10	-
	Cyanophyta (n° sp)	8	3	-
FITOBENTOS (3)	Bacillariophyta (n°sp)	30	11	-
	Comunidades de referência	Sub-capítulo 7.3.3	Sub-capítulo 7.3.3	Sub-capítulo 7.3.3
	IDG	>9	>16	>15
	IBD	-	-	>16
	IPS	-	>17	>14
	TDI	-	>15	>11

Quadro 11.1 (continuação). Principais características dos diferentes tipos de albufeiras, em situação de baixa degradação, MEP+GEP. (1) Valores médios, para tipos cursos principais e norte com base na modelação do capítulo V, e para tipo sul com base na média das mesmas variáveis nas albufeiras de referência. (2) Fronteira Good/Moderate (3) Tomando o quartil 25% como valor de fronteira G/M

ELEMENTOS	TIPOS DE ALBUFEIRAS			
	VARIÁVEIS	CURSOS PRINCIPAIS	NORTE	SUL
MACRÓFITOS	Comunidades de referência	Sub-capítulo 8.3.2	Sub-capítulo 8.3.2	Sub-capítulo 8.3.2
MACRO INVERTEBRADOS	Comunidades de referência	Sub-capítulo 9.3.5	Sub-capítulo 9.3.5	Sub-capítulo 9.3.5
PEIXES	Comunidades de referência	sub-capítulo 10.3.2	sub-capítulo 10.3.2	sub-capítulo 10.3.2
(2)	% ind. Exóticos	<20		
	% ind. piscívoras	<5		
	% ind. nativos	>80		
	% ind potamódromos	>80		
	% ind. bentónicos	<65		
	% ind. fitolitófilos		<20	
	% ind. reófilos		>60	
	% ind tolerantes		<20	
	% ind. omnívoros		<20	
	Biomassa total kg		<4	
	Distância L-F			>45

Um dos desejáveis resultados deste protocolo, para além dos tipos de massas de água, prendia-se com a definição do Muito Bom (MEP) e Bom (GEP) Potencial Ecológico, que no caso de massas de água fortemente modificadas, normalmente recorre a julgamentos periciais ou/e à modelação. Para estas massas de água, apenas o GEP tem de ser atingido, uma vez que os usos impedem teoricamente a obtenção do MEP. Os conceitos básicos do MEP e GEP foram definidos pericialmente neste trabalho. Para além disso, com base nos dados obtidos no âmbito do protocolo ou externamente, foram caracterizadas as condições de referência para cada tipologia bem como sugeridos valores de fronteira entre o GEP e o estado ecológico Moderado (Quadro 11.1). Estes resultados são tentativos, necessitando de serem ajustados com os dados da monitorização futura. Dado o imenso trabalho envolvido numa amostragem de albufeiras, o

número de massas de água estudadas foi apenas 18, o que não permitiu tratamentos estatísticos muito elaborados nem a obtenção de índices utilizáveis na monitorização.

Ainda assim, a quantidade de informação acumulada é notável, e permite passar à fase seguinte de obtenção de mais informação de uma forma mais orientada, nomeadamente em aspectos de carácter metodológico para os vários elementos biológicos e para as albufeiras propriamente ditas, nas formas de bioindicadores e índices a explorar, e nos níveis espaciais das variáveis a ter em conta.

11.2. Gestão ecológica e DQA: *quo vadis?*

A DQA define o máximo potencial ecológico como as condições ecológicas em que os únicos impactos na massa de água são aqueles decorrentes das modificações e artificializações associadas aos objectivos para os quais foi criada (*no caso das albufeiras, o uso da água, ou seja, as variações de nível e volume*), após todas as medidas de mitigação terem sido implementadas para se assegurar o contínuo ecológico, em particular nos aspectos de migração da fauna e leitos de desova.

As medidas propostas devem ser aquelas que: i) poderão significativamente contribuir para a melhoria das condições ecológicas, ii) não tem efeitos adversos significativos no ambiente em geral e ii) não tem efeitos adversos significativos nos usos ou propósitos associados às características de modificação. De facto, se estes propósitos e objectivos de uso não fossem cumpridos, então não faria sentido a massa de água ser designada por *highly modified water body*, HMWB. Mas tendo em conta esta definição, a evocação dos “custos desproporcionados” de medidas de mitigação não faz tão pouco sentido e não deve ser tida em conta. A tipologia de intervenções mitigadoras e gestionárias propostas no sub-capítulo que se segue, não inclui alterações significativas do uso do recurso hídrico, propondo apenas que as variações de nível sejam garantidamente pouco bruscas.

A Figura 11.1 sintetiza as alternativas propostas para a definição do Bom Potencial ecológico, numa fase inicial¹ e em documento posterior², esta última considerada particularmente

¹ *Common Implementation Strategy Guidance Document Number 4*, documento inicial de instruções para determinar o potencial ecológico de HMWB, podendo ser consultado em http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/implementation_documents&vm=detailed&sb=Title

interessante para massas de água com dados históricos insuficientes para estimativa modelada do MEP e GEP, e na situação de não existirem massas de água naturais para utilizar como referência adequada, tendo como particularidade não necessitar da definição de MEP para identificar o GEP. Em ambos os casos, o MEP (e por extensão o GEP) são definidos essencialmente por avaliação pericial ou modelação, mas enquanto no primeiro caso o GEP corresponde a um pequeno desvio da qualidade ecológica em relação ao MEP, definido como o estado ecológico resultante, após todas as medidas mitigadoras possíveis terem sido implementadas, no segundo caso o GEP corresponde a um cenário de medidas mitigadoras após exclusão das medidas que, em combinação, apresentem um resultado considerado predizivelmente pobre na recuperação da qualidade ecológica. O documento salienta que os estados membro podem propôr outras alternativas de métodos para a definição do GEP.

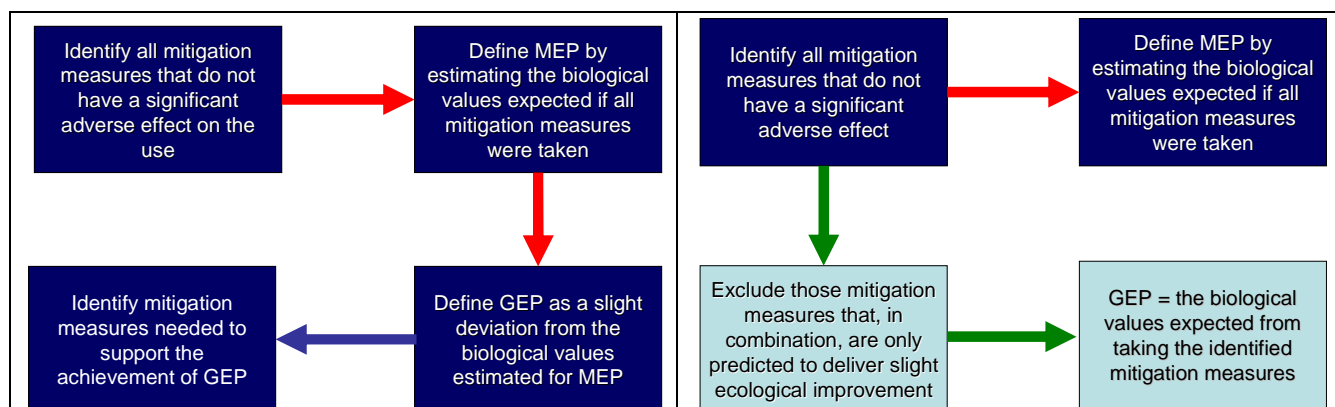


Figura 11.1. Passos de definição do GEP segundo o *CIS Guidance Document* Nº. 4, 2003 (à esquerda) e a proposta de Irmer & Pollard, 2006 (à direita)

Porém, neste trabalho foi proposto para albufeiras portuguesas (capítulo III): i) um referencial ecológico MEP referido ao sistema fluvial de origem, e ii) um cenário conceptual GEP baseado no conhecimento pericial do funcionamento ecológico, tendo sido demonstrado iii) a existência de comunidades específicas para cada cenário abiótico (=referências espaciais) e iv) a existência de desvios das comunidades biológicas associados a diferentes níveis de

² In documento: *Alternative methodology for defining Good Ecological Potential (GEP) for Heavily Modified Water Bodies (HMWB) and Artificial Water Bodies (AWB)*, Technical Report prepared under the CIS Hydromorphology Activity, por Ulrich Irmer & Peter Pollard, 2006.

perturbação. Por outro lado, *não existem dados suficientes para identificar quais as combinações de medidas de recuperação e mitigação ecológica que terão um efeito modesto na qualidade ecológica*. Embora se presuma que a eutrofização seja a pressão mais significativa, e os modelos aplicados no capítulo X tenham resultados modestos na variabilidade das populações piscícolas atribuível à variação do nível da água, não é claro que as medidas exteriores à albufeira (decorrentes na bacia de drenagem) sejam suficientes para melhorar a qualidade ecológica (até porque de efeito lento), sendo que aspectos de recuperação local podem ter um contributo relevante e de efeito rápido.

Assim, neste trabalho é proposta a implementação de conjuntos de medidas de promoção, manutenção ou recuperação da qualidade ecológica, em função das características e exigências de cada albufeira, cuja aplicação e prossecução se realizam sob a forma de uma gestão adaptativa, ao longo do tempo, em função das respostas do cenário abiótico e das comunidades biológicas.

11.3. Gestão ecológica: princípios e tipologia de acções

A questão cerne relativa às albufeiras enquanto ecossistemas é a do seu determinismo ecológico. De facto, para gerir um ecossistema é necessário conhecer e compreender os seus componentes, processos e funções, e que estes se articulem de forma preditiva, ou seja, face a dados cenários, seja predizível o resultado final. O determinismo probabilístico permite, em ecologia, avaliar consequências, traçar cenários e gerir situações. Porém, se o ecossistema for actuado por estímulos externos não predíveis e em consequência actuar de forma errática, como pode ser resultado da variabilidade excessiva de condições abióticas imposta pelo regime de uso da albufeira, então não existe predictabilidade de reacções ecológicas e portanto, não é possível gerir o ecossistema, nem em consequência, encontrar indicadores de resposta à perturbação, nem melhorar a qualidade ecológica com base em acções mitigadoras.

O não-determinismo potencial dos ecossistemas albufeiras, que tornaria particularmente difícil a sua gestão ecológica, resulta na multiplicidade de intervenções e perturbações, a diferentes níveis espaciais, para os quais não é claro qual a dominante ou relevante: se as variações decorrentes dos vários usos do território e fontes poluentes na bacia de drenagem, se as actividades humanas na zona e margens das albufeiras, se o próprio uso do recursos hídrico.

Acrecece que a resposta do ecossistema depende igualmente das suas características, tais como a morfometria, a mineralização, a posição no sistema fluvial e a posição geográfica. De facto, com a interactividade multivariada verificada, torna-se bastante difícil encontrar padrões ecológicos estatisticamente significativos. Porém, neste trabalho demonstrou-se a existência de três tipos ecológicos de albufeiras, bastante robustos e evidenciados pelos elementos abióticos e por quase todos os elementos biológicos. E a existência de tendências de resposta à perturbação, em cada tipo, estas últimas evidentemente mais difíceis de demonstrar.

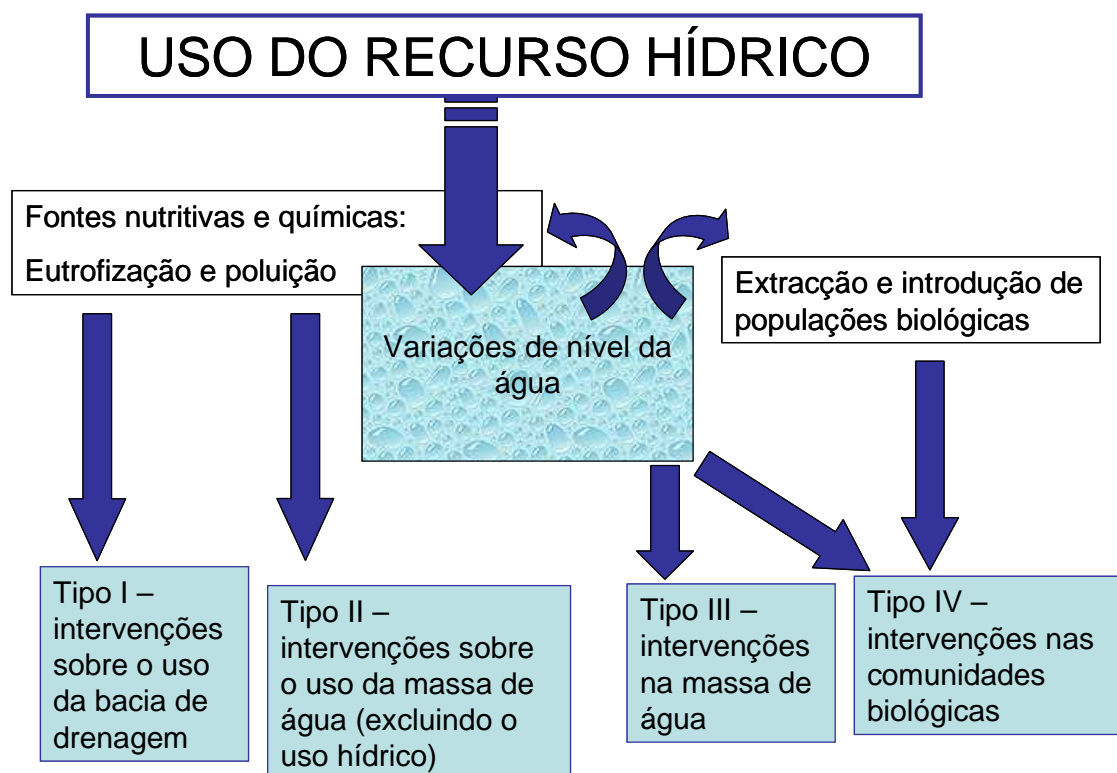


Figura 11.2. Tipologia de perturbações actuando sobre a massa de água e a qualidade ecológica. As variações de nível decorrem directamente do ciclo hidrológico e do uso hídrico. A eutrofização e alterações das populações biológicas também apresentam relações mas indirectas com o uso hídrico. Os três tipos de alterações influenciam integradamente a qualidade ecológica.

A multiplicidade de pressões configura diversidade de intervenções para mitigar os usos e melhorar ou manter a qualidade ecológica (Quadro 11.1). Podemos sistematizá-las em quatro linhas ou tipos de intervenção:

Tipo I- Intervenções no uso do solo e poluição tópica e difusa na bacia de drenagem da albufeira. Esta área temática de acções apresenta uma ligação forte com outras áreas de ordenamento, nomeadamente agrícola, florestal e urbano, sob a égide de muitos usos do território e actividades económicas. As principais perturbações associadas a estas intervenções são a poluição e eutrofização. As intervenções a nível da bacia de drenagem são as mais difíceis de implementar e as menos directamente relacionadas com os gestores da massa de água. Os efeitos das pressões a nível da bacia hidrográfica podem observar-se em modificações lentas das estruturas comunitárias biológicas, assim como as intervenções de recuperação da qualidade ecológica e intervenções mitigadoras igualmente actuam de forma lenta e de resultados visíveis apenas ao longo de muito tempo. O capítulo V deste trabalho, porém, demonstrou que diferentes usos do solo resultam em diferenças significativas e predizíveis de qualidade da água e dos elementos biológicos. Incluem-se neste tipo de intervenções, essencialmente:

- a) tratamento de fontes pontuais de efluentes, incluindo terciário;
- b) controle de fontes difusas de nutrientes, nomeadamente através de cortinas ou bandas de vegetação filtradora, ou de canais de escoamento e lagunagem;
- c) controle de fontes difusas de poluentes perigosos, incluindo recuperação de zonas mineiras abandonadas;
- d) práticas ambientalmente adequadas de actividades monoculturas associadas à floresta e à agricultura, por exemplo, aplicação das quantidades adequadas de agroquímicos e práticas de manejo do solo não promotoras da erosão;
- e) diminuição de zonas impermeáveis e de acumulação de detritos e escorrências poluidoras, incluindo condução destes para zonas de tratamento.

Tipo II- Intervenções no uso na área envolvente e na zona superficial da massa de água, incluindo navegação, lazer, desportos aquáticos, urbanizações e turismo, pesca desportiva. As perturbações associadas a estas acções são locais e de efeito rápido, e podem ter consequências importantes e igualmente locais e rápidas, nomeadamente em alterações de

margens e aumento da carga poluente como óleos, lixos e contaminantes microbianos. Em termos do funcionamento ecológico da massa de água, nomeadamente trófico, representam apenas uma pequena componente, por isso a mitigação destas pressões não tem em geral consequências evidentes na massa de água como um todo e a longo prazo (ou seja, raramente o ordenamento das zonas marginais da albufeira e superficiais da massa de água tem consequências a nível do metabolismo trófico, que necessita ser concertado com o uso das bacias de drenagem).

Tão pouco se advoga neste trabalho a proibição de uso humano de albufeiras para outros usos que não os para quais foi criada (a não ser nalguns casos específicos de águas de abastecimento), antes se pensa ser importante a existência de uma boa relação entre populações humanas e estes meios aquáticos, num quadro de desenvolvimento regional sustentável. As acções deste Tipo são as mais fáceis de implementar pelo gestor da albufeira porque assentam sobretudo em regras de ordenamento e gestão do espaço a esta associado, por exemplo, muitas encontram-se mapeadas nos planos de ordenamento de albufeiras classificadas. São quase as únicas implementadas até ao momento em Portugal. Incluem-se neste tipo de intervenções, essencialmente:

- a) o ordenamento do espaço urbano em redor da albufeira, incluindo tratamento de efluentes quer em urbanizações quer em zonas restauração e lazer, e gestão de resíduos nas zonas impermeáveis;
- b) manutenção de uma boa faixa de vegetação protectora em redor das margens da albufeira (entre 50 e 100 m de largura), preferencialmente com vários estratos verticais, não necessariamente ripária (em muitas albufeiras a flutuação do nível da água impede-a), mas sobretudo natural da região e com sub-bosque; esta medida é particularmente importante em zonas de uso agrícola em redor da albufeira;
- c) ordenamento de zonas de entrada na massa de água, privadas ou colectivas, criação de bons acessos, bem identificados e em zonas adequadas, em função do uso humano; esta medida controla a actividade humana na albufeira e identifica as zonas de maior intervenção;
- d) delimitação das zonas de utilização para desportos náuticos e embarcações, com proibição de óleos não biodegradáveis;
- e) delimitação e manutenção das zonas de natação e de lazer, nomeadamente com recipientes bem identificados de depósitos de resíduos;

f) censo do número, localização e participantes de concursos de pesca utilizando engodos orgânicos, mantendo vigilância sobre as consequências eutrofizacionais destes, em ligação com a Alta Autoridade Florestal.

Tipo III- Intervenções na massa de água propriamente dita, e afluentes mais próximos, incluindo a promoção de diversidade habitacional e de margens inóspitas, acções de controlo de eutrofização, como arejamentos e dragagens, melhoria de componentes vegetais, pequenos represamentos de correcção torrencial ou controle trófico, e outras. Pouco se têm realizado até ao momento no sentido deste tipo de intervenções na massa de água, no entanto deveriam ser acções correntes de gestão ecológica e de mitigação de perturbações. Como se viu ao longo deste trabalho, e foi consubstanciado nos cinco princípios fundamentais norteadores do Bom Potencial Ecológico (ver capítulo III), os principais estrangulamentos ecológicos das albufeiras são i) a inospicuidade e fraca estrutura das zonas litorais, resultando em baixa disponibilidade alimentar e relações tróficas igualmente inestruturadas, ii) a agressividade química da coluna de associada à eutrofização, resultando em zonas de anóxia afectando as comunidades biológicas, com variações associadas do ambiente químico, tais como maior turvação e sedimentos mais finos e orgânicos, iii) as variações de nível da água decorrentes do uso hídrico, inter-actuando sobre as duas anteriores (Figura 11.2), por exemplo aumentando a erosão das margens e a mobilização de nutrientes dos sedimentos, obrigando as espécies a deslocamentos para zonas ecologicamente inóspitas, ou impedindo-as de saírem da albufeira quando necessário. Trata-se de intervir de forma a mitigar estes efeitos, nomeadamente:

- a) Conhecimento/caracterização da arquitectura da zona litoral e submersa, através de eco-sondagem, nomeadamente zonas de maior densidade de abrigos subaquáticos e sua forma. Muitas albufeiras apresentam troncos submersos, por vezes ainda em pé, o que é nocivo para a navegação mas não necessariamente mau para a estruturação de habitats, noutros casos não existem habitats aquáticos estruturados, por isso este conhecimento é importante para avaliar/estabelecer a situação inicial. O conhecimento do relevo do fundo é também necessário para planear as intervenções de promoção habitacional – onde, quais e porquê;
- b) Conhecimento adequado da situação ecológica, nomeadamente tipos dominantes de fitoplâncton e sua variação sazonal, biovolumes planctónicos (determinantes do estado

trófico), zooplâncton dominante, macroinvertebrados litorais (determinantes dos recursos alimentares) e comunidades piscícolas (topo das teias tróficas e indicadores de integridade ecológica); neste caso não se trata de medir a qualidade ecológica, mas sim de conhecer as estruturas das comunidades para a melhorar e responder às pressões existentes, observando o resultado destas;

c) Melhoria das condições das zonas litorais, nomeadamente por construção de margens compostas (ou degraus) em zonas seleccionadas e menos declivosas da albufeira, para mitigação dos efeitos das variações de nível; sementeira dos degraus aquáticos com gramíneas e espécies arbustivas da região tolerantes a condições de secura e alagamento sucessivos; limpeza de depósitos de lixo ou de acumulações de sedimentos finos onde se revelar necessário;

d) Criação e promoção de habitats aquáticos, nas zonas infralitorais, nomeadamente “engenheirando” os habitats já existentes (e.g. corte de algumas árvores submersas, mas manutenção de outras), ou introdução de troncos sem folhas, ou de materiais inertes como recifes artificiais, depositados em locais litorais estratégicos (em função do declive) e a distâncias regulares, criação de ilhas flutuantes com estrutura entrançadas, criação de pontões perpendiculares à margem e até à profundidade de variação média do nível da água, também com materiais inertes;

e) Controle da rapidez excessiva da variação do nível da água aquando do seu uso, impedindo a erosão abrupta do epilimnion sobre o hipolimnion, e permitindo às espécies refugiarem-se em zonas não anóxicas laterais ou nos afluentes da albufeira, bem como garantir as posturas das espécies residentes na albufeira; pelo menos durante 15 dias entre Abril e Maio, com temperaturas superiores a 16°C, deveria ser mantido o mesmo nível da água, garantindo os recrutamentos biológicos do ano;

f) Promoção e afeiçoamento de habitats de desova nos afluentes próximos da albufeira, para protecção das espécies nativas potamódromas e maior ligação destas à massa de água. Os habitats de desova são leitos de calhau rolado ou gravilha com corrente rápida e turbulenta durante a época de desova (Março a Maio) podendo depois estarem secos, se esse for o ciclo hidrológico natural da região;

g) Actuação local sobre os efeitos da eutrofização, atenuando-os, nomeadamente por construção de pequenos represamentos em afluentes de carga nutritiva elevada ou

conduzindo material resultante de erosão, ou pequenos represamentos submersos ao longo das margens e afluentes; o objectivo nestes casos é aumentar o tempo de retenção em dada zona, criando condições para os produtores primários utilizarem estes nutrientes, e assim diminuindo a sua velocidade de propagação e incorporação na massa de água, mas também criando habitats aquáticos apetecíveis para macrófitos e macroinvertebrados, e por sua vez habitat e fontes alimentares para as comunidades piscícolas;

h) Acções gerais de controlo da eutrofização (efeitos) na massa de água, nomeadamente arejamento hipolimnético, extracção de água hipolimnética e dragagens de sedimentos.

Tipo IV- Intervenções nas populações biológicas, por exemplo, a introdução de dadas populações ou pesca selectiva de outras, repovoamentos na sequência de um esvaziamento, ou extracção de biomassa para controlo de eutrofização. Podemos dividir estas intervenções em três tipos, (i) as referentes à fiscalização do impedimento de entrada de novas espécies exóticas, ou de protecção específica de espécies de elevado estatuto de conservação, do âmbito da conservação da natureza, (ii) as decorrentes da actividade da pesca desportiva e profissional, nomeadamente definição de artes e formas de pesca, número de exemplares capturados, autorizações de concursos, e muitas outras, do âmbito da gestão pesqueira e da gestão florestal (iii) as decorrentes da manutenção ou melhoria das condições ecológicas e integridade das comunidades biológicas, do âmbito da gestão da qualidade ecológica e de gestão de meios hídricos.

Neste trabalho iremos referir-nos apenas a intervenções no âmbito destas últimas, que são norteadas pelas condições de referência, ou seja, o sistema fluvial original da albufeira, tal como se desenvolveu no capítulo III, e incluindo dois objectivos: (i) a recuperação o mais possível aproximada da biodiversidade original fluvial, (ii) a mitigação de alterações resultantes do uso hídrico e órgãos hidráulicos a ele associados, nomeadamente acções de limpeza e de esvaziamento de albufeiras e barragens. Incluem-se neste tipo de intervenções, essencialmente:

a) Criação de condições para o fluxo de espécies entre o sistema fluvial a jusante, a albufeira e o sistema fluvial a montante, nos dois sentidos, não só migradoras como residentes, através de passagens para peixes eficazes e adequadas à tipologia da estrutura de barragem e às condições ecológicas concretas vigentes (por exemplo, se existe viabilidade de posturas a

montante), bem como a adaptação da estrutura de represamento e respectivos órgãos hidráulicos à passagem aos juvenis das espécies migradoras, de montante para jusante;

b) No caso de inviabilidade deste fluxo, passagem manual de reprodutores para montante, incluindo criação e/ou reposição de leitos de desova em afluentes, quando necessário, e ainda repovoamentos com populações de espécies diádromas adaptadas a completar o ciclo de vida em água doce, e originadas na mesma bacia, por exemplo sáveis e peixe-rei.

c) Em albufeiras muito eutrofizadas e antes do Verão, extracção de populações de espécies de baixo valor conservacionista e exóticas (e.g. carpas, barbos) para diminuição dos níveis de nutrientes e de fenómenos de mortalidade piscícola;

d) Repovoamentos correctivos ou colonizadores, com espécies nativas adaptadas ao ambiente da albufeira (bogas e barbos, sobretudo) após os esvaziamentos associados a limpezas e abaixamento excessivo do nível da água, diminuindo drasticamente o volume desta (qualquer abaixamento excessivo deve ser um processo lento e precedido de extracção de biomassa piscícola), garantindo a existência de indivíduos reprodutores nas populações a repovoar bem como condições de desova adequadas para estes.

Salientam-se ainda três aspectos, i) o de que cada massa de água albufeira apresenta características próprias no seio de uma dada tipologia, e requer portanto um conhecimento ecológico adequado, passível de permitir ii) diferentes níveis de intervenção nas populações biológicas, na massa de água e na sua bacia de drenagem, por forma a ser realizada iii) uma gestão interventiva e adaptativa, permanentemente ajustada à evolução e necessidades das comunidades biológicas, em concerto com os usos para o qual a albufeira foi criada.

ANEXOS

ANEXO I

DADOS FÍSICO-QUÍMICOS RECOLHIDOS NO
ÂMBITO DO PRESENTE PROTOCOLO

Primavera	Alcalinidade	Transparência	Dureza total	SST	CBO5	CQO	Nitratos	Nitritos	Azoto amoniacal	Azoto total	Fósforo total	Fosfatos
	mg/L HCO3	m	mg/L CaCO3	mg/L	mg/L O2 (LQ)	mg/L O2	mg/L NO3	mg/L NO2	mg/L NH4	mg/L N	mg/L P (LQ)	mg/L P2O5 (LQ)
Maranhão S	137	1,5	0,12	<5	<3	26	1,3	0,16	0,19	1	0,08	<0.10
Marateca S	<25	2,5	9,4	<5	<3	44	1,9	<0.05	0,09	0,92	<0.06	<0.10
Meimoa S	<25	2,5	9,2	8	<3	<10	1,3	<0.05	<0.08	0,66	0,07	<0.10
Montargil S	42	2	40	<5	<3	20	2	0,07	0,09	1,1	0,1	<0.10
Monte Novo S	139	1,4	0,13	<5	<3	20	1,5	0,07	0,14	0,95	<0.06	<0.10
Odeleite S	45	2,2	43	8	<3	11	1,4	<0.05	0,14	0,63	0,08	<0.10
Santa Luzia S	<25	5,2	6,9	<5	<3	<10	1,3	<0.05	<0.08	0,8	0,08	<0.10
Santa Clara S	44	4,5	63	<5	<3	<10	1,1	<0.05	<0.08	<0.5	0,07	<0.10
Tapada Grande S	48	2,4	53	6	<3	20	<1	<0.05	0,17	0,55	0,08	<0.10
Crestuma S	67,0	1,9	101,0	5,6	1,5	5,7	7,60	0,075	0,09		0,196	0,070
Belver S	75	2,3	187	2,5	1,4	12,4	3,90	0,016	<0,05		1,10	0,87
Fratel S	90	3,5	206	1,7	0,8	11,3	4,80	0,038	<0,05		0,82	0,63
Régua S	107	2,7	153	1,8	2,2	8,6	6,60	0,088	<0,05		0,201	0,050
Torrão S	11,5	3,7	10,1	1,4	0,5	5,3	3,10	0,043	<0,05		0,061	<0,009
Valeira S	87	2,5	118	3,9	1,1	6,8	7,30	0,074	0,05		0,217	0,079
Varosa S	13,5	2,4	12,5	2,4	2,3	11,8	1,90	0,040	0,06		0,088	0,028
Vilarinho S	6,0	6,0	1,8	1,1	1,3	3,5	0,30	0,007	<0,05		0,024	<0,009
Pocinho S	107	2,2	157	1,9	2,0	9,0	7,8	0,082	<0,05		0,126	0,049
Maranhão F	151		0,14	6	<3	16	6,4	<0.05	<0.08	2	0,16	0,14
Marateca F	<25		10	13	<3	33	2,2	<0.05	0,42	1,1	<0.06	<0.10
Meimoa F	<25		11	<5	<3	<10	1,7	<0.05	0,09	0,51	0,11	<0.10
Montargil F	64		43	<5	<3	12	3,3	0,07	<0.08	1,2	0,12	<0.10
Monte Novo F	151		0,15	0,22	<3	33	1,5	<0.05	0,5	1	0,1	0,14
Odeleite F	36		40	<5	<3	<10	2,6	<0.05	<0.08	0,68	0,08	<0.10
Santa Luzia F	27		6,9	<5	<3	<10	1,9	<0.05	<0.08	0,54	0,13	<0.10
Santa Clara F	48		63	<5	<3	<10	1,4	<0.05	<0.08	<0.5	0,08	<0.1
Tapada Grande F	58		56	44	<3	16	<1	<0.05	0,29	<0.50	0,08	<0.10
Crestuma F	75,0		105,0	7,5	1,5	3,8	7,80	0,079	0,08		0,217	0,060
Belver F	72		186	2,5	1,1	13,2	3,60	0,017	<0,05		1,08	0,84
Fratel F	95		199	2,6	0,8	12,2	5,00	0,042	0,05		0,88	0,67
Régua F	122		154	3,3	1,5	9,0	7,40	0,107	0,18		0,206	0,095
Torrão F	11,2		9,3	3,6	0,8	3,5	2,90	0,049	0,21		0,106	0,025
Valeira F	92		118	4,4	1,3	6,3	7,30	0,072	<0,05		0,229	0,078
Varosa F	17,0		15,3	6,8	1,9	8,3	4,00	0,069	1,44		0,395	0,165
Vilarinho F	6,5		1,9	0,8	1,3	4,7	0,40	<0,007	<0,05		0,013	<0,009
Pocinho F	107		159	10,4	2,2	7,0	7,9	0,080	<0,05		0,214	0,072

Primavera	Merúrio	Chumbo	Níquel	Cádmio	Clorofila a	Fito Total	Cianobactérias	Oxigénio	Condutividade	Temperatura	pH
	µg/L Hg (LQ)	µg/L Pb (LQ)	µg/L Ni (LQ)	µg/L Cd (LQ)	(µg/L)	cels/mL	%	mg/L	µS/cm	°C	
Maranhão S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	26,6	6978	9,415305245	18,72	326	24,2	9,4
Marateca S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	5,8	2186	32,29643184	9,73	55,2	20,9	7,95
Meimoa S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	23,3	9058	0,00	9,74	34,70	18,50	8,16
Montargil S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	15,5	190367	99,77359521	11,82	166	22	9,25
Monte Novo S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	8,9	22717	96,20108289	9,76	379	22,9	8,62
Odeleite S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	8,4	3312	0,00	9,85	141,40	21,40	8,62
Santa Luzia S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	2	797	0,00	9,45	28,30	17,90	7,50
Santa Clara S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	1,8	1767	0,00	9,80	245,00	21,40	8,30
Tapada Grande S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	5,5	1922	39,33402706	8,31	263	21,7	7,75
Crestuma S					18,4	2602,0	0,00	11,0	270	19,2	8,2
Belver S					19,1	7206,0	8,118234804	10,8	662	16,2	8,1
Fratel S					14,6	6371,0	6,090095746	14,0	650	18,6	8,0
Rêgua S					8,2	1101,0	4,904632153	11,4	288	18,6	8,6
Torrão S					12,9	15093,0	32,45875571	11,1	58	20,6	8,3
Valeira S					3,8	1359,0	12,43561442	11,6	322	18,0	8,4
Varosa S					51,6	5079,0	0,00	12,5	68	22,6	9,9
Vilarinho S					2,7	115,0	1,739130435	9,8	13	17,3	6,9
Pocinho S					0,9	304,0	4,605263158	11,8	329	20,5	8,6
Maranhão F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				6,92	393	12,9	7,6
Marateca F	<0.10	<2.5	<5	<0.5				6,34	57,9	15	7,04
Meimoa F	<0.10	<2.5	<5	1,7				9,21	42,1	7,9	8,73
Montargil F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,13	183,1	12,1	7,5
Monte Novo F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,06	418	12,3	7,5
Odeleite F	<0.10	<2.5	<5	<0.5				9,09	145,7	12,3	7,52
Santa Luzia F	<0.1	<2.5	<5	<0.5				9,92	31,3	10,6	6,75
Santa Clara F	<0.1	<2.5	<5	<0.5				9,49	248	11,6	7,54
Tapada Grande F	<0.10	2,5	<5	<0.5				0,11	287	12,1	7,08
Crestuma F					2,0			13,27	272	19	8,16
Belver F					4,0			10,05	666	15,9	8,02
Fratel F					3,1			9,64	682	14	7,55
Rêgua F					1,7			11,62	304	18	7,96
Torrão F					0,7			8,8	70,9	17,9	7
Valeira F					2,0			13,39	327	17,3	7,79
Varosa F					2,1			7,28	61,8	14,5	6,54
Vilarinho F								13,48	13,1	10	6,52
Pocinho F					7,9			12,49	350	15,6	7,52

Inverno	Alcalinidade	Transparência	Dureza total	SST	CBO5	CQO	Nitratos	Nitritos	Azoto amoniacal	Azoto total	Fósforo total	Fosfatos
	mg/L HCO3	m	mg/L CaCO3	mg/L	mg/L O2 (LQ)	mg/L O2	mg/L NO3	mg/L NO2	mg/L NH4	mg/L N	mg/L P (LQ)	mg/L P2O5 (LQ)
Maranhão S	152	1,5	0,14	7	<3	16	6,4	<0,05	<0,08	1,7	<0,06	<0,1
Marateca S	<25	1,2	9,85	8	<3	15	2,4	<0,05	0,39	31	<0,06	<0,1
Meimoa S	<25	1,8	11	6	<3	<10	1,8	<0,05	<0,08	<0,50	<0,06	<0,1
Montargil S	43	1,3	44	8	<3	13	2,8	0,08	0,33	0,9	<0,06	<0,10
Monte Novo S	141	0,6	128	16	<3	22	2,3	<0,05	0,67	29	<0,06	<0,1
Odeleite S	34	1,25	42	5	<3	<10	2,6	<0,05	<0,08	0,77	<0,06	<0,10
Santa Luzia S	<25	2,6	8,2	<5	<3	<10	2,4	<0,05	<0,08	0,58	<0,06	<0,1
Santa Clara S	42	3,4	64	<5	<3	<10	1,2	<0,05	<0,08	<0,5	0,06	<0,1
Tapada Grande S	38	1,5	49	50	<3	18	1,6	<0,05	0,31	0,81	0,24	<0,1
Crestuma S	72,0	2,0	98,0	2,4	1,3	6,2	6,60	0,034	0,06		0,244	0,111
Belver S	65	2,5	121	2,9	1,7	9,0	4,00	0,022	<0,05		0,59	0,42
Fratel S	47	1,5	147	3,9	1,2	10,6	5,7	0,018	<0,05		0,580	0,380
Régua S	60	1,0	77	7,2	1,8	7,9	5,5	0,015	<0,05		0,159	0,055
Torrão S	1,7	4,0	16,6	1,0	1,8	3,1	4,80	0,031	0,30		0,088	0,050
Valeira S	87	3,2	134	2,3	2,0	9,8	8,80	0,021	0,05		0,22	0,10
Varosa S	9,5	2,6	11,0	1,7	3,4	5,6	4,70	0,042	0,34		0,209	0,100
Vilarinho S	2,5	5,2	1,6	1,2	0,7	4,3	0,50	<0,007	0,05		0,014	<0,009
Pocinho S	75	1,0	141	8,6	3,0	8,6	8,8	0,065	<0,05		0,325	0,140
Maranhão F	152		0,14	7	<3	16	6,4	<0,05	<0,08	1,8	<0,06	<0,1
Marateca F	<25		10,8	12	<3	15	2,4	<0,05	0,37	31	<0,06	<0,1
Meimoa F	<25		11	9	<3	<10	1,8	<0,05	<0,08	<0,5	<0,06	<0,1
Montargil F	59		44	10	<3	14	2,8	0,1	0,5	0,81	<0,06	<0,1
Monte Novo F	142		128	48	<3	22	2	<0,05	0,78	29	<0,06	<0,1
Odeleite F	32		37	63	<3	<10	1,6	<0,05	<0,08	0,55	0,09	<0,10
Santa Luzia F	<25		8,2	5	<3	<10	2,4	<0,05	<0,08	0,56	<0,06	<0,1
Santa Clara F	44		64	7	<3	<10	1,7	<0,05	<0,08	<0,5	<0,06	<0,1
Tapada Grande F	45		55	8	8	26	<1	<0,05	0,09	0,52	0,24	<0,1
Crestuma F	75,0		98,0	3,7	1,3	6,5	6,70	0,033	0,06		0,254	0,089
Belver F	65		125	3,7	1,4	9,6	4,10	0,022	<0,05		0,64	0,54
Fratel F	50		144	4,8	1,0	10,6	6,0	0,017	<0,05		0,580	0,509
Régua F	62		79	8,6	1,8	7,8	5,6	0,014	<0,05		0,207	0,103
Torrão F	3,0		17,8	1,3	1,9	2,2	4,30	0,023	0,35		0,100	0,078
Valeira F	92		130	6,7	1,9	6,5	8,20	0,019	0,05		0,23	0,20
Varosa F	65,0		22,0	20,4	3,6	19,3	0,20	<0,007	12,30		2,500	0,930
Vilarinho F	2,5		1,5	1,9	0,7	3,7	0,20	<0,007	<0,05		<0,009	<0,009
Pocinho F	77		140	10,9	2,7	9,6	8,9	0,062	0,06		0,343	0,123

Inverno	Mercurio	Chumbo	Niquel	Cádmio	Clorofila a	Fito Total	Cianobactérias	Oxigênio	Condutividade	Temperatura	pH
	µg/L Hg (LQ)	µg/L Pb (LQ)	µg/L Ni (LQ)	µg/L Cd (LQ)	(µg/L)	cels/mL	%	mg/L	µS/cm	°C	
Maranhão S	<0,1	<2,5	<5	<0,5	3,5	1099	0,00	6,41	398	9,8	7,69
Marateca S	<0,1	<5	<5	<0,50	5,5	4584	42,63	11,3	620	7,4	7,74
Meimoa S	<0,1	<2,5	<5	<0,50	24,4	8374	0,26	11,23	41,30	6,80	7,94
Montargil S	<0,10	<2,5	<5,0	<0,50	14,8	14938	70,47	10,2	186	10,5	7,57
Monte Novo S	<0,1	<5	<5	<0,5	1,8	479	58,87	6	405	8,7	7,86
Odeleite S	<0,1	<2,5	<5	<0,5	5,8	1250	19,36	7,84	149,70	12,80	7,60
Santa Luzia S	<0,1	<2,5	<5	<0,5	2,4	18941	72,49	9,27	34,40	7,60	7,57
Santa Clara S	<0,1	<2,5	<5	<0,5	0,9	4441	96,15	7,34	250,00	12,50	7,78
Tapada Grande S	<0,1	<2,5	<5	<0,5	42,5	2239	0,63	13,63	286	14,2	7,68
Crestuma S					2,9	821,0	0,73	8,1	215	8,4	7,8
Belver S					2,2	819,0	21,25	9,3	51	9,7	7,7
Fratel S					1,6	1292,0	1,93	9,3	5	9,6	7,6
Régua S					5,3	4104,0	4,63	8,7	256	8,8	8,0
Torrão S					1,8	326,0	21,17	7,5	57	8,7	6,9
Valeira S					6,2	2352,0	0,43	8,6	307	8,3	8,2
Varosa S					20,2	1060,0	0,00	8,5	55	9,5	7,1
Vilarinho S					1,8	888,0	88,51	7,3	16	7,8	6,4
Pocinho S					8,2	1309,0	9,01	8,7	279	9,6	8,1
Maranhão F	<0,10	<2,5	<5	<0,5				7,27	399	9,6	7,76
Marateca F	<0,1	<5	<5	<0,5				10,6	620	6,5	7,42
Meimoa F	<0,1	2,5	<5	<0,5				10,96	41,4	6,7	8
Montargil F	<0,1	<2,5	<5	<0,5				9,25	188	9,9	7,34
Monte Novo F	<0,1	<5	<5	<0,5				7,1	408	7,8	7,93
Odeleite F	<0,1	<2,5	<5	<0,5				9,35	140	11	7,38
Santa Luzia F	<0,1	<2,5	<5	<0,5				6,23	34,6	7,3	6,89
Santa Clara F	<0,1	<2,5	<5	<0,5				8,78	252	10,9	7,44
Tapada Grande F	<0,1	<2,5	<5	<0,5				6,18	258	8,7	7,2
Crestuma F					0,1			10,16	228	8,4	7,83
Belver F					1,2			8,6	50,4	9,4	7,77
Fratel F					1,5			7,4	484	9,5	7,88
Régua F					2,0			10,47	267	8,3	7,97
Torrão F					0,9			8,05	59,2	8	6,94
Valeira F					1,7			10,69	309	8,3	8,15
Varosa F					0,9			9,95	46,5	6,5	6,98
Vilarinho F								9,54	15,7	7,5	6,38
Pocinho F					4,1			10,73	375	7,6	8,08

Verão	Alcalinidade	Transparência	Dureza total	SST	CBO5	CQO	Nitratos	Nitritos	Azoto amoniacal	Azoto total	Fósforo total	Fosfatos
	mg/L HCO3	m	mg/L CaCO3	mg/L	mg/L O2 (LQ)	mg/L O2	mg/L NO3	mg/L NO2	mg/L NH4	mg/L N	mg/L P (LQ)	mg/L P2O5 (LQ)
Maranhão S	146	2,3	0,13	<5	<3	27	<1	<0.05	0,14	0,98	<0.06	<0.10
Marateca S	<25	1,1	10	12	<3	17	<1	<0.05		1,4	<0.06	<0.10
Meimoa S	<25	3	10	<5	<3	16	<1	<0.05	<0.08	0,76	<0.06	<0.10
Montargil S	49	1,8	44	<5	<3	22	<1	<0.05	0,23	0,91	<0.06	<0.10
Monte Novo S	158	3	0,14	10	9	24	<1	<0.05	0,39	1,2	<0.06	<0.10
Odeleite S	42	4,5	42	<5	<3	<10	<1	<0.05	<0.08	<0.50	<0.06	<0.1
Santa Luzia S	<25	3,2	7,5	<5	<3	<10	<1	<0.05	0,18	0,66	<0.06	<0.10
Santa Clara S	44	4,8	61	<5	<3	11	<1	<0.05	<0.08	0,54	<0.06	<0.10
Tapada Grande S	51	2,7	56	<5	<3	19	<1	<0.05	<0.08	1,7	<0.06	<0.1
Crestuma S	82,0	2,0	116,0	2,8	1,1	13,5	4,20	0,060	<0,05		0,132	0,009
Belver S	90	2,3	228	4,0	1,8	17,5	2,10	0,068	<0,05		1,15	1,11
Fratel S	110	2,5	208	2,6	1,9	16,6	2,70	0,180	0,06		0,98	0,77
Régua S	95	3,0	126	3,6	1,2	6,9	2,60	0,025	<0,05		0,277	0,079
Torrão S	55,0	2,6	67,1	3,6	0,6	7,3	4,00	0,030	0,12		0,122	<0,009
Valeira S	100	2,2	124	2,3	1,4	8,9	2,60	0,136	0,05		0,121	<0,009
Varosa S	27,0	1,0	27,0	10,6	3,8	39,8	0,40	0,044	0,05		0,680	0,013
Vilarinho S	4,0	7,4	1,9	0,6	0,7	2,4	0,30	0,014	<0,05		0,020	<0,009
Pocinho S	92	3,0	116	3,5	0,5	7,0	2,2	0,068	<0,05		0,226	0,073
Maranhão F	145		0,13	<5	<3	19	3,1	<0.05	<0.08		0,13	0,13
Marateca F	26		13	29	<3	20	<1	0,06	1	1,1	0,18	0,12
Meimoa F	<25		11	<5	<3	<10	1,6	<0.05	0,08	0,7	<0.06	<0.10
Montargil F	60		45	<5	<3	18	<1	<0.05	0,93	1,2	0,31	0,14
Monte Novo F	169		0,13	95	9	30	<1	<0.05	1,8	1,5	0,25	0,56
Odeleite F	36		39	<5	<3	10	2,2	<0.05	<0.08	0,9	<0.06	<0.10
Santa Luzia F	<25		8,1	<5	<3	<10	2,4	<0.05	<0.08	0,81	0,07	<0.1
Santa Clara F	44		61	<5	<3	<10	1,6	<0.05	<0.08	0,78	<0.06	<0.10
Tapada Grande F	74		58	71	<3	24	<1	<0.05	1,2	0,83	<0.06	<0.10
Crestuma F	82,0		116,0	4,3	0,6	8,2	4,50	0,051	<0,05		0,151	0,043
Belver F	90		220	4,3	1,6	15,8	2,30	0,065	0,14		1,21	1,21
Fratel F	102		203	3,7	2,2	17,2	3,60	0,254	0,21		1,50	1,30
Régua F	102		124	4,8	0,9	9,8	2,80	0,033	<0,05		0,236	0,095
Torrão F	62,0		81,1	2,1	1,0	5,2	4,40	0,023	0,16		0,110	0,012
Valeira F	100		124	14,5	1,3	7,6	3,30	0,500	0,13		0,291	0,080
Varosa F	20,0		15,0	6,4	1,9	7,2	<0,10	<0,007	2,0		0,530	0,092
Vilarinho F	4,0		2,0	<0,5	1,7	2,7	0,40	<0,007	0,11		0,014	<0,009
Pocinho F	102		114	10,0	1,9	8,3	2,9	0,033	<0,05		0,289	0,121

Verão	Mercurio	Chumbo	Níquel	Cádmio	Clorofila a	Fito Total	Cianobactérias	Oxigênio	Condutividade	Temperatura	pH
	µg/L Hg (LQ)	µg/L Pb (LQ)	µg/L Ni (LQ)	µg/L Cd (LQ)	(µg/L)	cels/mL	%	mg/L	µS/cm	°C	
Maranhão S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	6,6	30746	94,80908086	7,5	354	26,2	8,44
Marateca S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	13,7	349954	99,74596661	9,49	66,2	26	9,07
Meimoa S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	1,8	205004	99,91853817	8,53	38,60	24,30	7,87
Montargil S	<0.10	<2.5	<5	0,6	7,1	22250	79,93258427	9,29	182	27	9,38
Monte Novo S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	8,2	17643	97,26237035	10,6	420	27,3	8,78
Odeleite S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	1,6	4289	40,17253439	8,76	153,50	26,50	8,48
Santa Luzia S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	1,6	2447	91,41806293	8,27	30,70	24,50	7,62
Santa Clara S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	0,4	92	0	8,13	257,00	27,00	8,00
Tapada Grande S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	6,9	14087	98,04784553	8,09	295	27,2	7,9
Crestuma S					12,0	7420,0	65,418	9,5	282	25,0	8,4
Belver S					2,4	5592,0	72,62	11,8	745	22,4	8,8
Fratel S					10,2	20355,0	66,94	15,6	733	21,6	9,3
Régua S					7,3	500,0	0,000	11,0	299	25,7	8,8
Torrão S					4,9	14843,0	95,547	7,6	186	25,2	7,7
Valeira S					15,3	177345,0	97,402	10,8	305	25,7	8,8
Varosa S					10	519498	99,975	9,7	114	26,8	7,8
Vilarinho S					1,6	401,0	0,000	8,1	15	23,4	7,0
Pocinho S					22,4	120159,0	90,119	12,8	305	26,1	9,0
Maranhão F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,56	353	15,5	7,4
Marateca F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,36	80,6	18	6,94
Meimoa F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				8,03	37,3	18,1	6,95
Montargil F	<0.1	<2.5	<5	<0.5				0,23	175,9	19,6	7,03
Monte Novo F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,47	425	14,7	7,52
Odeleite F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				7,04	143,4	12,1	7,38
Santa Luzia F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				7,93	30,1	12,9	6,38
Santa Clara F	<0.1	<2.5	<5	<0.50				8,51	246	11,4	7,64
Tapada Grande F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,59	301	15,2	7,35
Crestuma F					3,9			7,67	295	24,4	8,13
Belver F					5,9			10,86	745	21,3	8,06
Fratel F					1,3			7,29	747	18,1	7,72
Régua F					7,6			4,02	273	23,3	7,35
Torrão F					<0,1			0,99	221	24,3	7,03
Valeira F					5,0			2,12	319	23,7	8,86
Varosa F					1,3			0,11	116,1	7,2	6,84
Vilarinho F								9,43	13,2	17,9	6,97
Pocinho F					2,4			4,22	346	21,9	7,45

Outono	Alcalinidade	Transparência	Dureza total	SST	CBO5	CQO	Nitratos	Nitritos	Azoto amoniacal	Azoto total	Fósforo total	Fosfatos
	mg/L HCO3	m	mg/L CaCO3	mg/L	mg/L O2 (LQ)	mg/L O2	mg/L NO3	mg/L NO2	mg/L NH4	mg/L N	mg/L P (LQ)	mg/L P2O5 (LQ)
Maranhão S	117	1,7	99	10	<3	22	4,9	<0.05	0,08	1,8	0,08	0,16
Marateca S	<25	0,8	9,4	12	<3	18	1	<0.05	<0,08	0,73	<0.06	<0.06
Meimoa S	<25	2,5	9,3	<5	<3	<10	1,3	<0.05	0,08	0,63	<0.06	<0.10
Montargil S	53	1,7	40	8	<3	21	1,8	<0.05	0,14	1	<0.06	<0.10
Monte Novo S	138	1,8	0,11	<5	9	20	1	0,09	0,23	1,1	<0.06	<0.10
Odeleite S	41	3	44	<5	<3	<10	<1	<0.05	<0.08	<0.50	<0.06	<0.1
Santa Luzia S	27	1,1	7,3	<5	<3	<10	2,3	<0.05	<0,08	1,2	<0.06	<0.10
Santa Clara S	48	2	66	<5	<3	11	<1	<0.05	<0.08	0,5	<0.06	<0.10
Tapada Grande S	45	0,6	52	16	<3	17	4,7	0,06	0,18	1,7	<0.06	<0.1
Crestuma S	80,0	2,5	109,0	1,8	0,8	6,6	3,1	0,012	<0,05		0,165	0,111
Belver S	77	2,5	218	2,3	2,2	15,0	1,60	0,060	0,11		1,12	0,90
Fratel S	95	2,8	226	1,2	1,2	12,7	4,20	0,017	<0,05		1,20	1,02
Régua S	75	1,9	98	3,3	1,5	10,1	2,60	0,019	<0,05		0,208	0,065
Torrão S	20,0	1,9	24,6	3,9	1,4	5,6	4,1	0,050	0,10		0,142	0,048
Valeira S	10	2,5	127	3,2	1,0	5,4	2,1	0,121	0,16		0,210	0,136
Varosa S	7,7	3,6	10,2	0,8	1,2	5,4	4,70	0,017	0,28		0,106	0,042
Vilarinho S	3,5	6,5	1,8	1,1	1,0	2,9	<0,10	<0,007	<0,05		<0,009	<0,009
Pocinho S	80	2,5	100	1,7	0,7	7,3	4,1	0,031	<0,05		0,294	0,128
Maranhão F	96		74	29	<3	27	6,8	<0.05	<0.08	2,2	0,11	0,22
Marateca F	<25		9,8	11	<3	15	1,7	<0.05	0,2	0,95	<0.06	<0,10
Meimoa F	26		13	8	<3	<10	<1,0	<0.05	0,59	0,73	<0.06	<0.10
Montargil F	32		32	16	<3	24	5,1	0,13	0,41	1,9	0,08	0,13
Monte Novo F	148		0,11	87	3	40	<1	0,13	1,8	3	<0,06	<0,10
Odeleite F	37		43	<5	<3	<10	2,4	<0.05	<0.08	0,83	<0.06	<0.10
Santa Luzia F	<25		6,8	5	<3	<10	2,2	<0.05	<0.08	0,72	<0.06	<0.1
Santa Clara F	44		66	<5	<3	<10	1,4	<0.05	<0.08	0,58	<0.06	<0.10
Tapada Grande F	62		51	71	<3	18	3,4	0,16	0,83	2,1	<0.06	<0.10
Crestuma F	80,0		113,0	6,0	1,2	7,9	3,3	0,013	<0,05		0,176	0,140
Belver F	87		216	1,5	1,1	12,4	2,10	0,117	0,05		1,30	1,30
Fratel F	95		227	2,2	2,0	13,8	4,20	<0,007	<0,05		1,30	1,05
Régua F	75		98	5,8	0,9	10,8	2,60	0,018	<0,05		0,217	0,066
Torrão F	11,5		10,9	6,1	1,3	4,9	3,7	<0,007	0,15		0,126	0,029
Valeira F	10		121	4,7	3,8	5,7	2,3	0,141	0,13		0,184	0,149
Varosa F	70,0		23,2	31,2	6,9	31,2	0,20	<0,007	8,1		1,800	1,300
Vilarinho F	3,0		1,7	1,4	1,0	3,3	0,30	<0,007	0,07		<0,009	<0,009
Pocinho F	80		101	3,3	0,8	6,7	4,6	0,029	<0,05		0,335	0,247

Outono	Mercurio	Chumbo	Niquel	Cádmio	Clorofila a	Fito Total	Cianobactérias	Oxigênio	Condutividade	Temperatura	pH
	µg/L Hg (LQ)	µg/L Pb (LQ)	µg/L Ni (LQ)	µg/L Cd (LQ)	(µg/L)	cels/mL	%	mg/L	µS/cm	°C	
Maranhão S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	0,9	717181	99,99	3,46	288	18,5	3,75
Marateca S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	29,7	7419	97,41	9,2	57,1	16,3	7,26
Meimoa S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	0,9	314	0,00	8,20	36,40	14,60	7,35
Montargil S	<0.10	<2.5	<5	<0,5	29,7	45788	99,57	6,27	165,1	18,4	7,462
Monte Novo S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	12,2	2947	82,69	5,15	372	18,8	7,697
Odeleite S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	1,1	2385	89,52	7,65	153,60	20,40	7,65
Santa Luzia S	<0.10	<2.5	<5	<0.5	4,9	2740	87,04	8,25	30,40	15,80	7,13
Santa Clara S	<0.10	<2.5	<5	<0.50	0,9	392	46,43	8,33	248,00	2,30	7,85
Tapada Grande S	<0.1	<2.5	<5	<0.5	6,2	20471	96,74	5,62	257	19,5	7,229
Crestuma S					0,9	184,0	5,978	7,6	206	14,9	7,6
Belver S					0,7	65,0	55,38	10,2	723	21,2	8,1
Fratel S					1,1	678,0	75,81	5,6	729	19,4	7,4
Régua S					1,6	201,0	11,940	8,4	173	13,8	7,6
Torrão S					1,1	291,0	36,426	7,9	58	15,7	7,5
Valeira S					1,8	265,0	29,434	7,9	188	14,1	7,7
Varosa S					1	1256	80,334	8,0	57	13,6	7,5
Vilarinho S					1,6	671,0	98,510	8,3	15	14,1	7,4
Pocinho S					2,0	361,0	27,424	8,0	230	14,4	7,6
Maranhão F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				1,9	196,8	17,8	7,013
Marateca F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				7,58	57,2	15,9	6,513
Meimoa F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,03	47,8	8,3	6,058
Montargil F	<0.1	<2.5	<5	<0.5				3,8	99,1	17,7	6,575
Monte Novo F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0,16	289	17,8	7,128
Odeleite F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				2,5	145,6	12,5	6,689
Santa Luzia F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				7,87	28,1	14,4	6,384
Santa Clara F	<0.1	<2.5	<5	<0.50				6,79	246	14,8	7,287
Tapada Grande F	<0.10	<2.5	<5	<0.50				0	278	16,9	6,763
Crestuma F					2,3			7,55	207	14,9	7,495
Belver F					1,7						
Fratel F					1,7						
Régua F					3,5			8,1	172,6	13,8	7,405
Torrão F					1,9			8,73	47,7	13,6	6,78
Valeira F					<0,1			7,84	187,1	14,1	7,358
Varosa F					3,7			8,29	47,2	12,4	6,769
Vilarinho F								8,28	14,1	14,5	6,266

ANEXO II

FICHA DE CAMPO DO LAKE HABITAT SURVEY

VERSÃO PORTUGUESA

LAKE HABITAT SURVEY (LHS)

FICHA DE CAMPO LHS VERSÃO PORTUGUESA (2006)

1 de 7

Nome da massa de água:

Data:

Visita

1. INFORMAÇÃO SOBRE A ALBUFEIRA E DETALHES DO LEVANTAMENTO

1.1 INFORMAÇÃO GERAL

Profundidade máxima (m)		Assinalar o método pelo qual a profundidade foi determinada	Modelado / Medido
Perímetro (inc. ilhas) (m)		Altitude (m)	
Área inundada no NPA (km ²)		Área da bacia (km ²)	
Tipo de massa de água [circular]:	Ácida, Alcalina		
Geologia da bacia [circular]:	Silicioso / Calcário / Orgânico / Misto (assinalar os componentes)		
Uso do solo dominante na bacia [circular]:	NV, BF, PF, FC, PC, MA, MR, ZH, PN, PS, AS, AI, AA, UR		
Origem da massa de água [circular]:	Artificial (Barragem)		
Regime da zona envolvente [circular]:			

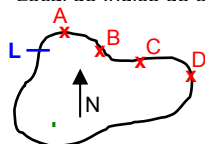
LOCALIZAÇÃO NO MAPA

Seta indica o Norte

L = Local de partida (se usar barco)

A,B,C,D...etc = localização do ponto

I = Local do Índice de caract. coluna água



Desenhar o perímetro da albufeira no espaço ou anotar directamente num mapa a cores e anexar à ficha de campo.

Escala do mapa (circule a escala) [1:10,000, 1:25,000, 1:50,000, outra especifique]:

Fonte:

Idade do mapa:

1.2 DETALHES DO LEVANTAMENTO (preencher no início e fim do levantamento)

Equipa:

Hora de início:

Entidade Responsável:

Hora do fim:

Método do levantamento (circule): Barco / Apeado

Tempo estimado para completar o LHS:

Existiram condições adversas ao levantamento? ☐ (✓ se a resposta for não, caso contrário especificar):Identidade da massa de água verificada por (✓ todas que se apliquem) GPS ☐ Contacto com locais ☐ Sinais ☐ Mapa Top. ☐

1.3 FOTOGRAFIAS (Tirar duas para ilustrar as características da massa de água e uma por cada ponto de amostragem)

LAKE HABITAT SURVEY (LHS)

2 de 7

Nome da massa de água:										Data:										Visita			
Coordenadas dos pontos										Partida (P)													
A										F													
B										G													
C										H													
D										I													
E										J													

2. ATRIBUTOS FÍSICOS (Para serem observados em dez (mínimo) pontos igualmente espaçados com 15 metros de largura)

										Foto número:																			
										Identificação do ponto:										A	B	C	D	E	F	G	H	I	J

2.1 Zona Ripária (parcela 15 m x 15 m em direcção a terra a partir do bank top (NPA))

Estimar a área coberta da parcela (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%))

Estratos vegetais	ALTURA	> 5 m	Árvores com diâmetro ≥ 0.3 m (assinalar se doentes/danificadas)																
			Árvores com diâmetro < 0.3 m (assinalar se doentes/danificadas)																
		0.5 – 5 m	Arbustos lenhosos & árvores jovens (assinalar se doentes/danificadas)																
			Ervas altas & gramíneas																
		< 0.5 m	Arbustos lenhosos & árvores novas																
			Ervas, gramíneas, briófito																
OUTROS		Água estagnada ou vegetação inundada																	
		Solo nú																	
		Artificial																	
Uso do solo dominante na zona ripária (NV, BF, PF, FC, PC, MA, MR, ZH, PN, PS, RD, AS, AI, AA, UR – circule se necessário)																			
Plantas exóticas assinaláveis, (Po= Populus x canadensis, Ac= Acácia sp., Sa= Salix babylonica, Pp= Platanus hybrida, Ca= Arundo donax, OT=Outras)																			
Existem rios/cursos de água perto do ponto (50m)? (N=Não, NV=Não Visível, R=Rio, C=Curso água, A=Ambos)																			

2.2 Zona de margem (parcela de 15 m de largura e comprimento compreendido entre bank top (NPA) e nível de água existente)

TALUDE		Presença de talude (N=Não, S=Sim)																	
		Altura do talude (m)																	
		Ângulo (SU=Suave (5-30°), AC=Acentuado (>30-75°), VE=Quase vertical (>75°), FA=Falésia)																	
		Substrato predominante do talude (NV, RM, BL, PD, GR, AG, AF, SO, AR, CM, GA, MP, ER, EN, TC, BI, OT) circular se compactado ou cimentado																	
		Modificações do talude (N, NV, RS, RF, PI, AT, BR, OT -circular RF se também resecionado)																	
		Cobertura de vegetação no talude (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%))																	
		Estrutura de vegetação no talude (N=Não, AL=Alto (>5 m), ME=Med (0.5-5 m), BA=Baixo (<0.5 m), ou MI=Misto (circular MI se existirem árvores > 5 m)																	
		Erosão evidente no talude (N=Não, ER=Erosão) – (circular se tiver origem biológica)																	
PRAIA		Presença de praia (N=Não, S=Sim)																	
		Largura da praia (m)																	
		Declive (HR=Quase Horizontal, SU=Suave (5-30°))																	
		Material predominante da praia (NV, RM, BL, PD, GR, AG, AF, SO, AR, CM, GA, MP, ER, EN, BI, OT) circular se compactado ou cimentado *completar se talude e praia ausentes																	
		Substrato da praia (completar somente se visível, caso contrário deixar em branco). 0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%)																	
		Rocha Mãe Blocos (> 256 mm) Pedras (> 64 mm - 256 mm) Cascalho (> 2 mm - 64 mm) Areia (≥ 0.063 mm - 2 mm) Talco/Argila (< 0.063 mm)																	
		Modificações da praia (N, NV, RS, RF, PI, AT, OT -circular RF se também Resecionado (RS))																	
		Cobertura de vegetação da praia (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%))																	
		Estrutura de vegetação da praia (N=Não, AL=Alto(>5 m), ME=Medio(0.5-5 m), BA=Baixo (<0.5 m), ou MI=Misto (circular MI se existirem árvores > 5 m)																	
		Sinais de erosão ou depósito (N=Não, ER=Erosão, DE=Depósito)																	
		Altura desde a linha de água até nível da última cheia em metros(N=Não, NV=Não visível)																	

LAKE HABITAT SURVEY (LHS)											3 de 7					
Nome da massa de água:					Data:					Visita						
					Identificação do ponto:		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2.3 ZONA LITORAL (Parcela de 15 m x 10 m desde a linha de água e para dentro de água)																
Distância do observador à margem (m) (10 m ou max.poss. a pé / maior aproximação possível)																
Profundidade do local de observação (a 10 m da margem ou máxima dist. Poss. A pé)																
Substrato predominante do litoral (NV,RM,BL,PD,GR,AG,AF,SO,AR,CM,GA,MP,ER,EN,BI,OT) circular se compactado																
Substrato do litoral (completar se possível de observar, caso contrário deixar em branco: 0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%) <i>Circular Talco/Argila se houver uma presença significativa de matéria orgânica</i>					Rocha Mãe											
					Blocos (> 256 mm)											
					Pedras (> 64 mm - 256 mm)											
					Cascalho (> 2 mm - 64 mm)											
					Areia (≥ 0.063 mm - 2 mm)											
					Talco/Argila (< 0.063 mm)											
Profundidade da fronteira entre sedimento grosso e sedimento fino (se mudança não evidente marcar N)																
Sedimentação recente sobre o substrato natural? (NV, N, BL, PD, GR, AG, AF, TA, SO, AR)																
CARACTERÍSTICAS DO HABITAT LITORAL <i>estimar a área de cobertura (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%))</i>																
Raízes de árvores submersas																
Vegetação lenhosa morta (circular se predominante > 0.3 m diâmetro)																
Vegetação pendente perto da superfície da água (< 1 m altura)																
Afloramentos rochosos ou ravinas																
ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO <i>Estimar a área de cobertura (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%))</i>																
Briófitos/musgos/liqueses																
Plantas emergentes																
Plantas enraizadas com folhas flutuantes																
Plantas flutuantes sem raiz																
Plantas submersas com folha larga																
Plantas submersas de folha linear																
Algas filametosas																
Fitobentos																
Algas flutuantes																
Volume percentual habitado por macrófitas na zona litoral da parcela (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%))																
As macrófitas estendem-se para a massa de água? (NV=Não Visível, NO=Não, S=Sim)																
Espécies introduzidas ((N=Não, Ma=Myriophyllum aquaticum, Af= Azolla filiculoides, Ec= Eichornia crassipes, Ec= Elodea canadensis, Cy= Cyperus eragrostis, OT=Outras) * Se animais ou peixes usar OT & expicar secção 7																
Superfície da água (N=Nada, ES=Espuma, AA=Acumulação Algas, OL=Óleos, LX=Lixo, OT=Outros)																
2.4 PRESSÕES HUMANAS (a ser observado em toda a parcela) N=Não, ✓ se presente, A = atrás ou adjacente à parcela (buffer de 50m)																
<div> <p>Outras pressões ou comentários para esta Secção (indicar qual a parcela afectada):</p> </div>					Actividades comerciais											
					Áreas residenciais											
					Estradas e caminhos de ferro											
					Estradões e caminhos											
					Parques e jardins (inclui campos de golfe)											
					Campismo a caravanismo											
					Cais, marinas, barcos, ancoradouros ou plataformas											
					Muros, diques ou revestimentos											
					Praias recreacionais											
					Lixo, entulho ou aterro											
					Extracção ou mina											
					Prados semi-naturais (circular se observar pastoreio)											
					Outras pastagens (circular se observar pastoreio)											
					Povoamento de coníferas (circular se observar cortes)											
					Agricultura extensiva											
					Agricultura intensiva											
					Canos, descargas											
					Dragagens											
					Controlo de vegetação ripária											
					Cortes de macrófitas aquáticas											

LAKE HABITAT SURVEY (LHS)

4 de 7

Visita

3. AVALIAÇÃO GERAL DA ALBUFEIRA (levar a cabo com consulta de carta topográfica)

3.1 CARACTERÍSTICAS DO PERÍMETRO DA ALBUFEIRA uma cintura de 10 m na zona litoral até 15 m em direcção a terra a partir do *bank top* (e.g. comprimento do Hab-Plot), o segundo > 15 - 50 m para lá do *bank top* (extra-riparia)

Completar a tabela a partir do levantamento por barco (aquando da deslocação entre pontos) **OU** observando as secções do perímetro visíveis a partir de cada parcela de habitat (estes deverão ser marcado no mapa). Observar progressivamente A, B, C, etc. Observar 100% se possível, mas sempre pelo menos 75%. **Observe todo o perímetro da albufeira a partir de um ponto se possível.**

EXTENSÃO DA SECÇÃO DO PERIMETRO DA ALBUFEIRA AFECTADO POR CADA PRESSÃO OU TIPO DE COBERTURA

Extensão estimada (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%)).

[illegible]

LAKE HABITAT SURVEY (LHS)										5 de 7			
Nome da albufeira:										Data:		Visita	
3.2 ACTIVIDADES/PRESSÕES NA MASSA DE ÁGUA													
<p>Onde está indicado:</p> <p>P: ✓ se houver conhecimento da existência da pressão, e circular se for realmente observado</p> <p>%: Estimação da área coberta pela pressão/construção com uma precisão de 5%</p> <p>E: ✓ se a pressão aparente ser extensiva (>30% área da albufeira ou comprimento da margem quando aplicável)</p> <p>I: ✓ se a pressão aparente ser intensiva (alta densidade da actividade na área em que ocorre)- remete-se para o manual para mais detalhes</p>													
		P	%			P	E	I					P
Pontes				Actividades náuticas a motor					Repovoamentos peixes				
Passadiços				Actividades náuticas sem motor					Canais de navegação				
Jaulas de peixe (aquacultura)				Pesca desportiva de barco					Actividades militares				
Pesca profissional (rede/armadilha)				Pesca desportiva de margem					Linha eléctrica				
Dragagem				Recreio sem barco/natação					Aplicações químicas				
Despejo de lixo				Ornitologia e caça					Substâncias à superfície				
Controlo macrófitas				Espécies introduzidas (especificar)					Lixo				
Outros													
3.3 CARACTERÍSTICAS DA FORMA DA MASSA DE ÁGUA													
Extensão estimada como % da área inundada da albufeira (0 (0%), ✓ (>0-1%), 1 (>1-10%), 2 (>10-40%), 3 (>40-75%), 4 (>75%))													
Ilhas com vegetação			Depósito de aluvião c/ vegetação			Depósito de cascalho e gravilha sem vegetação							
Ilhas sem vegetação			Ilhas com vegetação lenhosa			Depósito de areia/silte/argila sem vegetação							
Outros													
4. HIDROLOGIA (a observar em toda a albufeira)													
Uso principal (circular)		Nenhum / Electricidade / Abastecimento de água / Controlo de cheias / Navegação / Recreio / Outros (especifique)											
Tipo de massa de água (circular)		Natural(não modificada) / Natural(elevado) /Natural(rebaixado) / Albufeira / Poço/ Mina inundada											
Número de rios com influência significativa (bacia drenagem do rio >10% bacia total)													
Existem albufeiras a montante? (circular)													
Evidencia significativa de desvio de caudais (i.e. pode afectar o tempo de residência)para dentro /fora da bacia? (circular)													
O nível da água é influenciado pela maré? (circular)													
Amplitude vertical da flutuação do nível da água (m) (✓ caixa apropriada)													
Diária _{max}		< 0.5 <input type="checkbox"/>	> 0.5 – 2 <input type="checkbox"/>	>2 – 5 <input type="checkbox"/>	> 5 – 20 <input type="checkbox"/>	> 20 <input type="checkbox"/>	Duvida <input type="checkbox"/>		Questão respondida por:				
Anual _{max}		< 0.5 <input type="checkbox"/>	> 0.5 – 2 <input type="checkbox"/>	>2 – 5 <input type="checkbox"/>	> 5 – 20 <input type="checkbox"/>	> 20 <input type="checkbox"/>	Duvida <input type="checkbox"/>		Estimação no local <input type="checkbox"/> Dados <input type="checkbox"/>				
Observação de estruturas de gestão da água. Onde possível, indicar se são afectadas áreas críticas. Marcar no mapa a localização de qualquer estrutura existente.													
Montante	Barragem s/ passagem peixes		Açude			Dique							
	Barragem c/ passagem peixes		Comporta			Foz							
	Canalizado		Eclusa			Admissão							
Jusante	Barragem s/ passagem peixes		Açude			Dique							
	Barragem c/ passagem peixes		Comporta			Foz							
	Canalizado		Eclusa			Admissão							
Outro													

LAKE HABITAT SURVEY (LHS)				6 de 7	
Nome da massa de água:			Data:	Visita	
5. CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DA ALBUFEIRA (no local de maior profundidade)					
Coordenadas do ponto de medição do Índice Local					
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DA ÁGUA					
Ondulação (circular):	Chão / Ondulado / Encrespado / Vagas				
Película da superfície (circular):	Nenhuma / Espuma / Algas / Óleo / Outro (especificar)				
Cheiro (circular):	Nenhum / Sulfuroso / Esgoto / Óleo / Químico / Outro (especificar)				
MEDIÇÕES		TRANSPARENCIA DO DISCO DE SECCHI			
Profundidade do local (m)		Prof. desaparecimento do disco (m)			
		Prof. reaparecimento do disco (m)			
5.2 OXIGÉNIO DISSOLVIDO E PERFIL DE TEMPERATURA (Somente Julho-Setembro)					
Medições à profundidade de (m) superfície, 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 50 m. Inclui leituras a 1 m do fundo. Se profundidade ≤ 3 m, fazer medições à superfície, de 0.5 em 0.5 m, e a 0.5 m do fundo.					
Confirmação de calibração (circular) Sim / Não					
Comentários	Profundidade (m)	O ₂ (mg l ⁻¹)	Temp (°C)	Metalimnion (T,F)	
	Superfície (0.2)				
	Superfície (duplicado)				
	Confirmar se a leitura de O ₂ duplicado se encontra entre ± 0.5 mg l ⁻¹ da leitura de superfície inicial			(Sim / Não)	
	Metalimnion (T, B): localizar a posição do metalimnion, i.e. região no perfil de temperatura da água onde a temperatura muda a uma taxa de 1°C ou mais por metro de profundidade. Indicar a profundidade do topo do metalimnion com um "T", e o fundo do metalimnion (quando a taxa de mudança se torna menor do que 1°C por metro) com um "F". Depois de encontrar o metalimnion, fazer medições de metro a metro até alcançar o fim do metalimnion.				

LAKE HABITAT SURVEY (LHS)			7 de 7
Nome da albufeira:		Data:	Visita

6. CONTROLO DE QUALIDADE DO LEVANTAMENTO DE CAMPO
(marcar ✓ nas caixas para confirmar, explicação na secção 7 se necessário)

★ Tirou duas ou mais fotos do local e uma em cada parcela?

☐

★ Preencheu o nome da massa de água, data e o número da visita em cada página?

☐

★ Desenhou a massa de água na pág. 1 (ou forneceu mapa), e fez anotações?

☐

★ Completou a informação geral da página 1?

☐

★ Preencheu o espaço destinado à hora do fim e o tempo estimado para completar o LHS na página 1?

☐

★ Completou os 10 pontos de amostragem incluindo as localizações por GPS (secção 2) nas páginas 2 e 3?

☐

★ Observou pelo menos 70% da linha de margem da massa de água (Secção 3) na página 4?

☐

★ Completou o levantamento global da massa de água (Secção 3), actividades, características da forma da massa de água, ponto de escoamento, na página 5?

☐

★ Completou a secção da hidrologia (Secção 4) na página 5 respondendo a todas as questões possíveis?

☐

★ Se tem barco disponível, completou a informação do índice do local (Secção 5) na página 6?

☐

7. COMENTÁRIOS ADICIONAIS

Use esta secção para descrever quaisquer incidências de “OT= Outros”, onde tenha sido disponibilizado espaço insuficiente na secção. Indique quaisquer factores adicionais que poderão directa ou indirectamente influenciar a morfologia da massa de água ou qualidade do habitat (e.g. pressão de um grande número de animais). Inclua também comentários gerais sobre problemas encontrados durante o levantamento, bem como detalhes de erros que tenha encontrado noutras bases de dados.

Indique quaisquer outros trabalhos que tenham sido levados a cabo em conjunto com o LHS – adicione outros nos espaços providenciados e registe os detalhes onde indicados):

Levantamento	✓ se levado a cabo	Detalhes
Macrófitas	<input type="checkbox"/>	
Invertebrados	<input type="checkbox"/>	
Monitorização qualidade água	<input type="checkbox"/>	
Química da água	<input type="checkbox"/>	
Batimetria	<input type="checkbox"/>	
Outros:	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	

LAKE HABITAT SURVEY (LHS) : FOLHAS DE ORIENTAÇÃO NO CAMPO

CÓDIGOS (SECÇÕES 1 E 2)

TIPOS DE USO DO SOLO

SECÇÃO 1.1 & SECÇÃO 2.1

NV	Não visível
BF	Bosque de folhosas indígenas (semi-nat)
PF	Povoamento de folhosas (plantação)
FC	Floresta de coníferas indígenas (semi-nat)
PC	Povoamento de coníferas (plantação)
MA	Matos altos
ZH	Zonas húmidas
MR	Matos rasteiros
AG	Água
PN	Prados naturais
PS	Prados semi-naturais
EA	Ervas altas
RD	Rocha, depósitos ou dunas de areia
AS	Agricultura de sequeiro
AI	Agricultura intensiva
AA	Arrelvados artificiais
UR	Urbano

MODO DE FORMAÇÃO DO LAGO

SECÇÃO 1.1: FORMAÇÃO DO LAGO

Natural glacial	
RV	Ice-scoured rock basin (valley floor)
RC	Ice-scoured rock basin (corrie)
KL	Knock and lochan (glacial scour)
KH	Kettlehole basin (detached ice block)
GD	Glacial drift (moraine or outwash dam)
Natural não glacial	
DP	Depression in blanket bog
FV	Fluvial processes on valley floor
WW	Wind/wave driven sand-blocked valley
BS	Depression in coastal windblown sand
CW	Chemical weathering
Artificial	
AL	Curso de água represado (albufeira)
EH	Escavação na rocha inundada
ED	Escavação em sedimento inundada
BP	Bunded completely artificial concrete bowl
OT	Others (specify in comments)

ATRIBUTOS FÍSICOS SECÇÃO 2

Substratos e materiais 2.2 ZONA DE MARGEM & 2.3 ZONA LITORAL

NV	Não visível
RM	Rocha Mãe
BL	Blocos ≥ 256 mm
PD	Pedras ≥ 64 , < 256 mm
GR	Gravilha ≥ 2 , < 64 mm
AG	Areia Grossa ≥ 0.06 , < 64 mm
AF	Areia Fina ≥ 0.06 , < 2 mm
TA	Talco < 0.06 mm
SO	Solo Friável
TU	Turfa Orgânico
AR	Argila Pegajoso
CA	Marga, Ca Argil. Como barro mas friável
OT	Outro

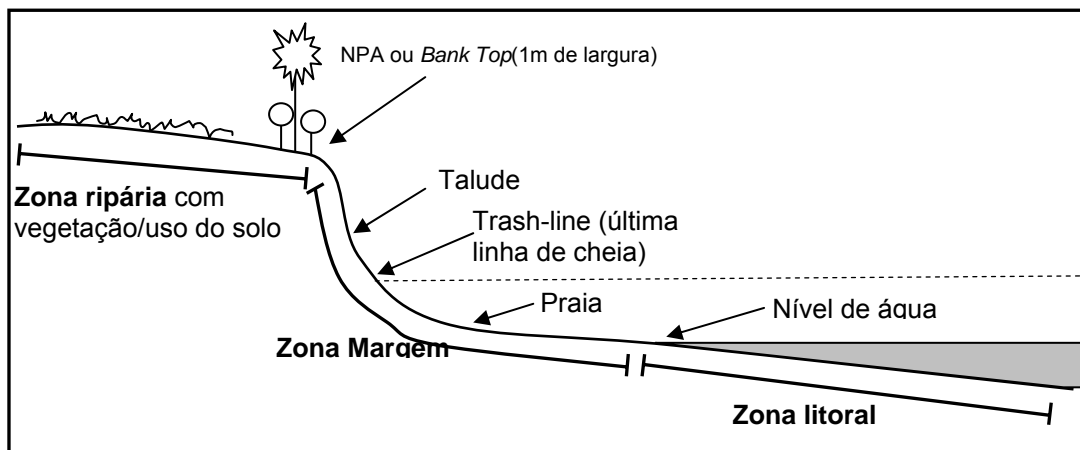
Tipos artificiais

CM	Cimento
GA	Gabião
MP	Muro tijolo/pedra
ME	Muro enrocamento
EN	Lixo ou entulho
TC	Tecido
BI	Materiais de Bio-engenharia

Modificações 2.2 ZONA DE MARGEM

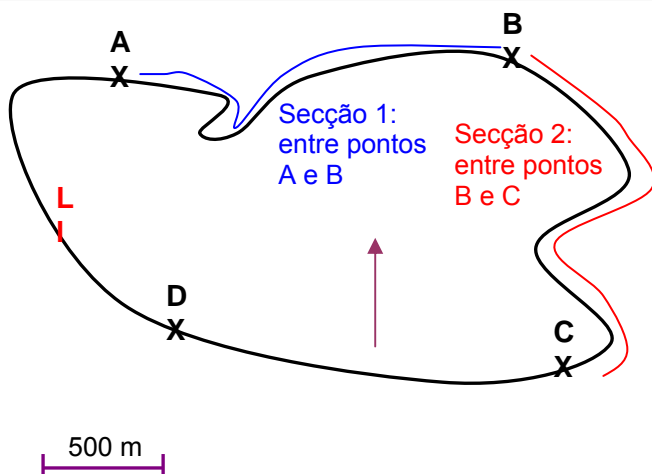
NV	Não visível
NO	Não existe
RS	Resecionado
RF	Reforçado
PI	Pisoteado
AT	Aterro
	Aumento da altura margem
BR	Barragem
OT	Outro

PERFIL DE MARGEM DA ALBUFEIRA (CORTE LONGITUDINAL DA PARCELA)

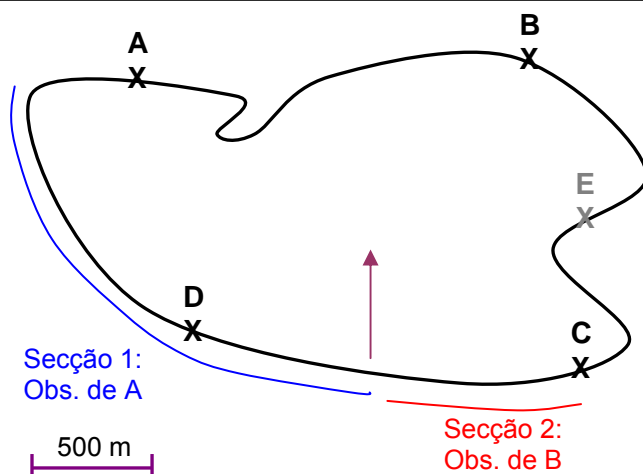


ESBOÇO DO MAPA (PARA SECÇÃO 1)

Opção 1: Levantamento de barco (desenhar seta a indicar Norte, estimar barra de escala, e localização do local de partida (L) e parcelas (A-D). Observar e desenhar as secções da margem entre cada par de parcelas para a secção 3.1 (como indicado em 1.2)



Opção 2: Levantamento apeado (desenhar seta a indicar Norte, estimar a barra de escala, a localização das parcelas (A-D) e pontos extra se necessário (e.g. E, F). Observe e desenhe as secções de margem observadas para a secção 3.1 (indicado em 1.2)



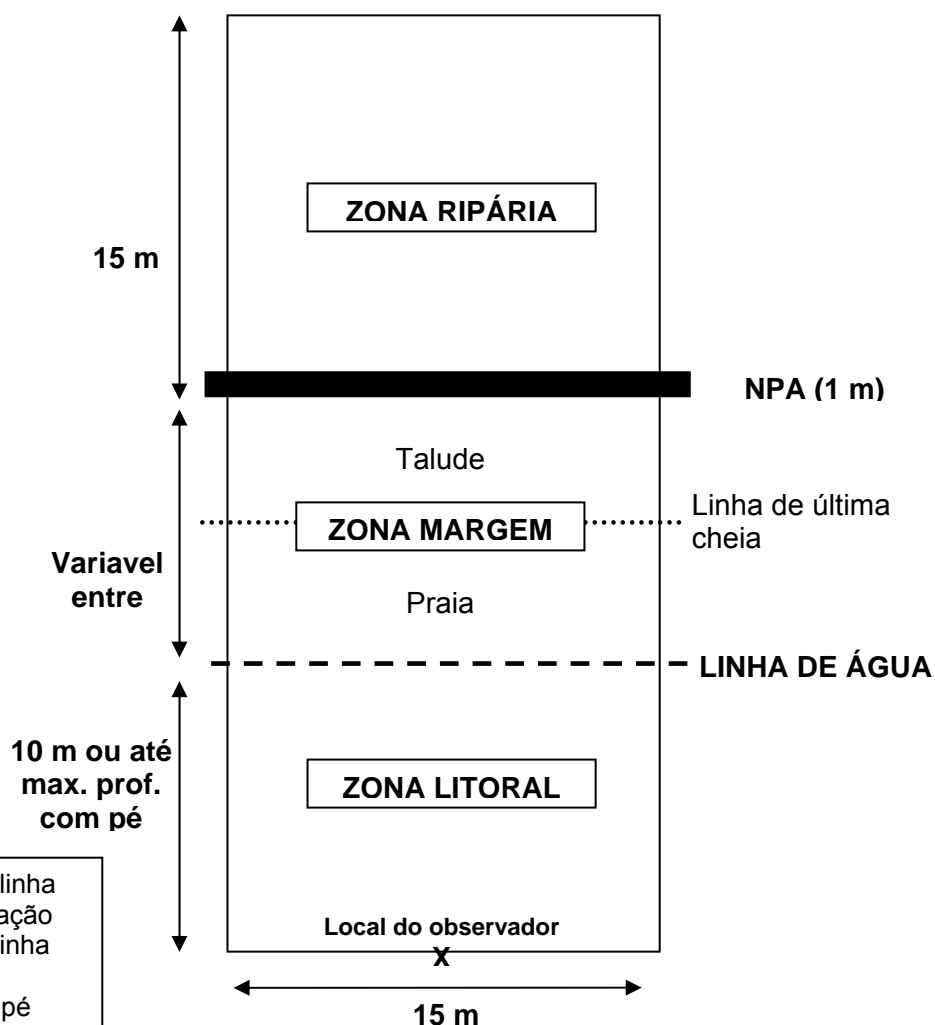
NA SECÇÃO 2, USAR **PARCELAS DE 10 15 m LARGURA** PARA CARACTERIZAR O HABITAT DE ALBUFEIRA

ESTAÇÃO DE OBSERVAÇÃO DA PARCELA DE HABITAT

A **zona ripária** (secção 2.1) começa no topo do talude. Inclui a linha do NPA.

A **zona de margem** é a região entre o topo do talude e a linha do nível de água. O extremo do banco é definida por uma distinta mudança de declive e/ou mudança entre condições da albufeira e ripárias. A zona de margem inclui o talude e a praia, que se encontra separada pela linha de última cheia. Ambos talude e praia poderão estar ou não presentes.

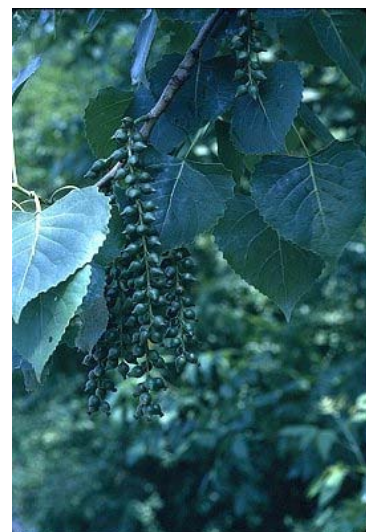
A **zona litoral** é a área desde a linha de água até ao ponto de observação que idealmente será a 10 m da linha de água. Se não houver barco disponível, usar prof. máx. Com pé para definir esta zona.



SPECIES TO IDENTIFY IN THE RIPARIAN ZONE – NUISANCE SPECIES AND ALDERS

Choupo híbrido (Pc) – *Populus x canadensis*

Imagem geral da árvore (esquerda) e pormenor da folha (direita)



Chorão (Sb) – *Salix babylonica*

Pormenor das folhas (cima) e aspecto geral da árvore (baixo)



Mimosa (Ad) – *Acacia dealbata*

Porte arbóreo (baixo) e pormenor da folha e inflorescências (direita)



Plátano híbrido (Ph) – *Platanus hybrida*

Pormenor da folha e fruto (esquerda)



Cana – *Arundo donax*

Aspecto geral da inflorescência (direita)



SPECIES TO IDENTIFY IN THE LITTORAL ZONE – NUISANCE MACROPHYTES



Espiga-d'água-canadiana
(NP) - *Elodea canadensis*
Aspecto geral (esquerda) e
pormenor das folhas (direita).

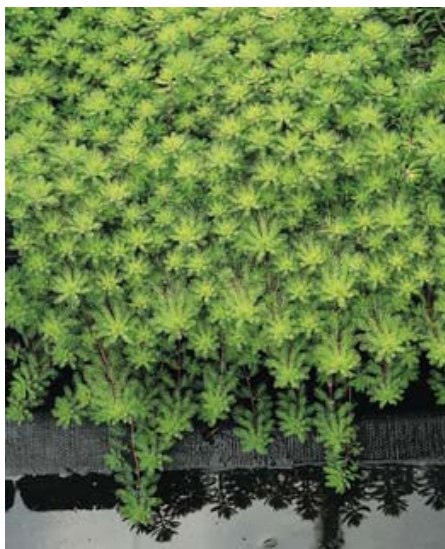


Azola
– *Azolla*
filiculoides

Pormenor das
folhas

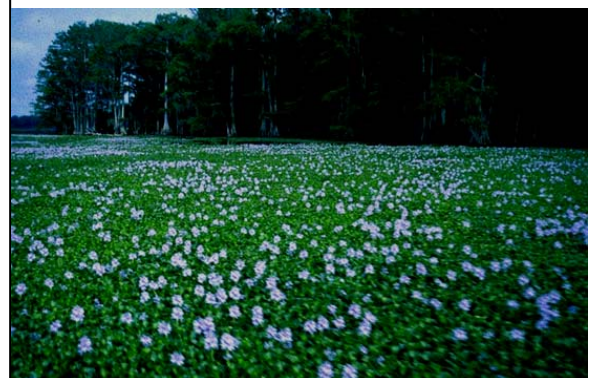


Jacinto aquático (JA) – *Eichornia*
crassipes
Aspecto geral da planta (em cima)



Pinheirinha de água (PA)
– *Myriophyllum aquaticum*

Planta (esquerda) e
Pormenor da folha (baixo)



Juncão (JU) –
Cyperus eragrostis

Planta (esquerda)
e pormenor da
inflorescência
(direita)



ANEXO III

CÓDIGOS DE AMOSTRAS E DE TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS

Dados e códigos para as amostras individuais da rede de mão – arrastos litorais

(N\A = não aplicável).

ANO	EPOCA	ALBUFEIRA	tipologia	REF\NREF	Lacustre \ fluvial	Habitat amostrada	Codigo
2004	N\A	Vilarinho das Fumas	N	R	LAC	littoral	VFNRRDLA
2004	N\A	Sta Luzia	N	R	LAC	littoral	SLNRRDLA
2004	N\A	Sta Luzia	N	R	FLU	littoral	SLNRRDFL
2004	N\A	Meimoa	N	R	FLU	littoral	MENRRDFL
2005	N\A	Torrao	N	NR	LAC	littoral	TONNRDLA
2005	N\A	Torrao	N	NR	FLU	littoral	TONNRDFL
2005	N\A	Varosa	N	NR	LAC	littoral	VANNRDLA
2005	N\A	Varosa	N	NR	FLU	littoral	VANNRDFL
2005	N\A	Marateca	N	NR	LAC	littoral	MTNNRDLA
2005	N\A	Marateca	N	NR	FLU	littoral	MTNNRDFL
2004	N\A	Belver	CP	R	LAC	littoral	BECRRDLA
2004	N\A	Belver	CP	R	FLU	littoral	BECRRDFL
2005	N\A	Pocinho	CP	R	LAC	littoral	POCRRDLA
2005	N\A	Valeira	CP	R	LAC	littoral	VLCRRDLA
2005	N\A	Regua	CP	NR	FLU	littoral	RECNRDFL
2005	N\A	Crestuma	CP	NR	LAC	littoral	CRCNRDLA
2005	N\A	Crestuma	CP	NR	FLU	littoral	CRCNRDFL
2005	N\A	Fratel	CP	NR	LAC	littoral	FRCNRDLA
2005	N\A	Fratel	CP	NR	FLU	littoral	FRCNRDFL
2004	N\A	Odeleite	S	R	LAC	littoral	ODSRRDLA
2004	N\A	Odeleite	S	R	FLU	littoral	ODSRRDFL
2004	N\A	Sta Clara	S	R	LAC	littoral	SCSRRDLA
2005	N\A	Tapada Grande	S	R	LAC	littoral	TGSRRDLA
2005	N\A	Maranhao	S	NR	LAC	littoral	MASNRDLA
2005	N\A	Maranhao	S	NR	FLU	littoral	MASNRDFL
2005	N\A	Montargil	S	NR	LAC	littoral	MOSNRDLA
2005	N\A	Montargil	S	NR	FLU	littoral	MONSNRDFL
2005	N\A	Monte Novo	S	NR	LAC	littoral	MNSNRDLA
2005	N\A	Monte Novo	S	NR	FLU	littoral	MNSNRDFL

Tabela 2. Dados e codigos para as amostras individuais da draga (zona de fundo)

ANO	EPOCA	ALBUFEIRA	tipologia	REF/ NREF	Lacustre ou fluvial	Habitat amostrado	Codigo
2006	primavera	V. das Furnas	N	R	LAC	profundidade	VFNRDRPR
2006	verão	V. das Furnas	N	R	LAC	profundidade	VFNRDRVE
2006	primavera	Sta Luzia	N	R	LAC	profundidade	SLNRDRPR
2006	verão	Sta Luzia	N	R	LAC	profundidade	SLNRDRVE
2006	primavera	Meimoa	N	R	LAC	profundidade	MENRDRPR
2006	verão	Meimoa	N	R	LAC	profundidade	MENRDRVE
2006	primavera	Torrao	N	NR	LAC	profundidade	TONNDRPR
2006	verão	Torrao	N	NR	LAC	profundidade	TONNDRVE
2006	primavera	Varosa	N	NR	LAC	profundidade	VANNDPR
2006	verão	Varosa	N	NR	LAC	profundidade	VANNDRVE
2006	primavera	Marateca	N	NR	LAC	profundidade	MTNNDPR
2006	verão	Marateca	N	NR	LAC	profundidade	MTNNDRVE
2006	primavera	Belver	CP	R	LAC	profundidade	BECDPR
2006	verão	Belver	CP	R	LAC	profundidade	BECDRVE
2006	primavera	Pocinho	CP	R	LAC	profundidade	PPOCDPR
2006	verão	Pocinho	CP	R	LAC	profundidade	PPOCDRVE
2006	primavera	Valeira	CP	R	LAC	profundidade	VLCDPR
2006	verão	Valeira	CP	R	LAC	profundidade	VLCDRVE
2006	primavera	Crestuma	CP	NR	LAC	profundidade	CRCNDPR
2006	verão	Crestuma	CP	NR	LAC	profundidade	CRCNDRPR
2006	primavera	Fratel	CP	NR	LAC	profundidade	FRCNDPR
2006	verão	Fratel	CP	NR	LAC	profundidade	FRCNDRVE
2006	primavera	Regua	CP	NR	LAC	profundidade	RECNDPR
2006	verão	Regua	CP	NR	LAC	profundidade	RECNDRVE
2006	primavera	Odeleite	S	R	LAC	profundidade	ODSRDRPR
2006	verão	Odeleite	S	R	LAC	profundidade	ODSRDRVE
2006	primavera	Sta Clara	S	R	LAC	profundidade	SCSRDRPR
2006	verão	Sta Clara	S	R	LAC	profundidade	SCSRDRVE
2006	primavera	Tapada Grande	S	R	LAC	profundidade	TGSRDRPR
2006	verão	Tapada Grande	S	R	LAC	profundidade	TGSRDRVE
2006	primavera	Maranhao	S	NR	LAC	profundidade	MASNDRPR
2006	verão	Maranhao	S	NR	LAC	profundidade	MASNDRVE
2006	primavera	Montargil	S	NR	LAC	profundidade	MOSNDPR
2006	verão	Montargil	S	NR	LAC	profundidade	MOSNDRVE
2006	primavera	Monte Novo	S	NR	LAC	profundidade	MNSNDPR
2006	verão	Monte Novo	S	NR	LAC	profundidade	MNSNDRVE

Dados e codigos para as amostras de exuviae pupais (amostras de primavera/ verão combinadas) da rede de mão (superficie).

ANO	EPOCA	ALBUFEIRA	tipologia	REF/ NREF	Habitat amostrado	Habitat amostrado	Código
2006	PR/VE	V. das Furnas	N	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	VFNRPX
2006	PR/VE	Meimoa	N	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	MENRPX
2006	PR/VE	Sta Luzia	N	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	SLNRPX
2006	PR/VE	Marateca	N	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	MTNNPX
2006	PR/VE	Varosa	N	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	VANNPX
2006	PR/VE	Torrao	N	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	TONNPX
2006	PR/VE	Belver	CP	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	BECRPX
2006	PR/VE	Pocinho	CP	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	POCRPX
2006	PR/VE	Valeira	CP	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	VLCRPX
2006	PR/VE	Crestuma	CP	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	CRCNPX
2006	PR/VE	Regua	CP	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	RECNPX
2006	PR/VE	Fratel	CP	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	FRCNPX
2006	PR/VE	Odeleite	S	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	ODSRPX
2006	PR/VE	Sta Clara	S	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	SCSRPX
2006	PR/VE	Tapada Grande	S	R	SUPERFICIE	INTEGRAL	TGSRPX
2006	PR/VE	Monte Novo	S	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	MNSNPX
2006	PR/VE	Maranhao	S	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	MASNPX
2006	PR/VE	Montargil	S	NR	SUPERFICIE	INTEGRAL	MOSNPX

Lista dos 52 taxones definidos para as análises de estatística, o nível da resolução taxonómica e o código atribuído.

Classe	Ordem	Familia	Género	Espécie	Resolução Taxonómica	código
Nematoda	Nematoda	Mermithoidae			FAMÍLIA	Mer_FAM
Tricladida	Seriata	Dugesidae	<i>Dugesia</i>		GÉNERO	Dug_GEN
Bivalvia	Veneroidea	Corbiculidae	<i>Corbicula</i>	<i>fluminea</i>	ESPÉCIE	cor_flu
Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae			FAMÍLIA	Sph_FAM
Gastropoda	Neotaenioglossa	Hydrobiidae	<i>Bythinella</i>		GÉNERO	Byt_GEN
Gastropoda	Pulmonata	Ancylidae	<i>Ancylus</i>	<i>fluviatilis</i>	ESPÉCIE	Anc_flu
Gastropoda	Pulmonata	Physidae			FAMÍLIA	Phs_FAM
Gastropoda	Pulmonata	Planorbidae	<i>Planorbis</i>	<i>planorbis</i>	ESPÉCIE	Pla_pla
Gastropoda	Pulmonata	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	<i>albus</i>	ESPÉCIE	Gyr_alb
Malacostraca	Decapoda	Atyidae	<i>Atyaephyra</i>	<i>desmarestii</i>	ESPÉCIE	Aty_des
Malacostraca	Decapoda	Cambaridae	<i>Procambarus</i>	<i>clarkii</i>	ESPÉCIE	Pro_cam
Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae			FAMÍLIA	Lumb_FAM
Oligochaeta	Oligochaeta	Enchytraeidae			FAMÍLIA	Enc_FAM
Oligochaeta	Opisthopora	Lumbricidae			FAMÍLIA	Lum_FAM
Oligochaeta	Tubificida	Naididae			FAMÍLIA	Nai_FAM
Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae			FAMÍLIA	Tub_FAM
Hirudinea	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	<i>testacea</i>	ESPÉCIE	Erp_tes
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Alboglossiphonia</i>	<i>heteroclita</i>	ESPÉCIE	Alb_het
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>	<i>stagnalis</i>	ESPÉCIE	Hel_sta
Arachnida	Hydracarina				ORDER	Hydracarina
Insecta	Odonata (Anisoptera)	Gomphidae			FAMÍLIA	Gom_FAM
Insecta	Odonata (Anisoptera)	Libellulidae	<i>Crocothemis</i>	<i>erythraea</i>	ESPÉCIE	Cro_ery
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Centroptilum</i>	<i>luteolum</i>	ESPÉCIE	Cen_lut
Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i>	<i>luctuosa</i>	ESPÉCIE	Cae_luc
Insecta	Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Ephemera</i>		GÉNERO	Epm_GEN
Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulius</i>	<i>bellus</i>	ESPÉCIE	Thr_bel
Insecta	Hemiptera	Pseudococcidae	<i>Ferrisia</i>	<i>wautieri</i>	ESPÉCIE	Fer_wau
Insecta	Hemiptera (Heteroptera)	Corixidae			FAMÍLIA	Cox_FAM
Insecta	Hemiptera (Heteroptera)	Corixidae	<i>Micronecta</i>		GÉNERO	Mic_GEN
Insecta	Hemiptera (Heteroptera)	Naucoridae	<i>Naucoris</i>	<i>maculatus</i>	ESPÉCIE	Nau_mac
Insecta	Trichoptera	Ecnomidae	<i>Ecnomus</i>	<i>deceptor</i>	ESPÉCIE	Ecn_dec
Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Cyrnus</i>	<i>cintronus</i>	ESPÉCIE	Cyr_cin
Insecta	Trichoptera	Sigaridae	<i>Sigara</i>	<i>lateralis</i>	ESPÉCIE	Sig_lat
Insecta	Coleoptera	Curculionidae			FAMÍLIA	Cur_FAM
Insecta	Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>		GÉNERO	Dry_FAM
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae			FAMÍLIA	Hyd_FAM
Insecta	Coleoptera	Scirtidae	<i>Hydrocyphon</i>	<i>deflexicolis</i>	ESPÉCIE	Hydr_def
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae			FAMÍLIA	Cer_FAM
Insecta	Diptera	Chaoboridae			FAMÍLIA	Cha_FAM

Classe	Ordem	Familia	Género	Espécie	Resolução Taxonómica	código
Insecta	Diptera	Chironomidae			FAMÍLIA	Chi_FAM
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Orthocladinae</i>	<i>sp</i>	SUBFAMÍLIA	Ort_SUBF
Insecta	Diptera	Chironomidae	Prodiamesa	<i>sp</i>	GÉNERO	Pro_GEN
Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomus		GÉNERO	Chr_GEN
Insecta	Diptera	Chironomidae	Tanypodinae		GÉNERO	Tan_SUBF
Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomini	Chironomini	TRIBO	Chn_TRIB
Insecta	Diptera	Chironomidae	Tanytarsini	Tanytarsini	TRIBO	Tan_TRIB
Insecta	Diptera	Dolichopodidae			FAMÍLIA	Dol_FAM
Insecta	Diptera	Ephydriidae			FAMÍLIA	Eph_FAM
Insecta	Diptera	Isotomidae			FAMÍLIA	Iso_FAM
Insecta	Diptera	Limoniidae			FAMÍLIA	Lim_FAM
Insecta	Diptera	Psychodidae			FAMÍLIA	Psy_FAM
Insecta	Diptera	Sminthuridae			FAMÍLIA	Smi_FAM

Codigos atribuídos aos géneros de quironomídeos (exuviae) para as análises.

Class	Order	Family	Genero	codigo
Diptera	Chironomidae	Buchonomyiinae	<i>Buchonomyia</i>	Buc_GEN
Diptera	Chironomidae	Diamesinae	<i>Prodiamesa</i>	Prod_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Bryophaenocladus</i>	Bry_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Cardiocladius</i>	Car_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Corynoneura</i>	Cory_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Cricotopus</i>	Cri_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Heterotrissocladius</i>	Het_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Kiefferulus</i>	Kie_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Limnophyes</i>	Lim_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Nanocladius</i>	Nan_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Orthocladius</i>	Orth_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Parakiefferiella</i>	Park_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Paratrachocladius</i>	Parr_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Psectrocladius</i>	Psec_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Pseudosmittia</i>	Psed_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Rheocricotopus</i>	Rhec_GEN
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	<i>Thienemanniella</i>	Thi_GEN
Diptera	Chironomidae	Tanypodinae	<i>Ablabesmyia</i>	Abl_GEN
Diptera	Chironomidae	Tanypodinae	<i>Procladius</i>	Proc_GEN
Diptera	Chironomidae		<i>Synendotendipes</i>	Syn_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Microtendipes</i>	Mict_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Chironomus</i>	Chi_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Cladopelma</i>	Clap_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Cryptochironomus</i>	Cry_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Dicrotendipes</i>	Dic_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Endochironomus</i>	End_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Glyptotendipes</i>	Gly_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Harnischia</i>	Har_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Microchironomus</i>	Mich_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Parachironomus</i>	Parc_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Paracladopelma</i>	Parl_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Phaenopsectra</i>	Pha_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Polypedilum</i>	Pol_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Stenochironomus</i>	Sten_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Stictochironomus</i>	Sti_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Chironomini)	<i>Xenochironomus</i>	Xem_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Tanytarsini)	<i>Cladotanytarsus</i>	Clad_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Tanytarsini)	<i>Micropsectra</i>	Micp_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Tanytarsini)	<i>Paratanytarsus</i>	Part_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Tanytarsini)	<i>Stempellina</i>	Ste_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Tanytarsini)	<i>Stempellinella</i>	Stem_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Tanytarsini)	<i>Tanytarsus</i>	Tany_GEN
Diptera	Chironomidae	Chironominae (Tanytarsini)	<i>Virgatanytarsus</i>	Vir_GEN

ANEXO IV

CAPTURAS (CPUE) DE ESPÉCIES POR ALBUFEIRA E POR MÉTODO

	Belver			Valeira			Pocinho			Régua			Fratel			Crestuma		
Espécies	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Anguilla anguilla</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	2,00
<i>Atherina boyeri</i>	0,56	0,00	2,67	0,14	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	0,16	0,00	0,77	0,14	0,00	1,00	0,20	0,00	2,00	2,95	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	2,00
<i>Cobitis calderoni</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis paludica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,07	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00
<i>Herichthys facetum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	6,25	0,00	20,00	1,76	0,00	7,00	7,47	1,00	18,00	34,65	11,43	68,57	19,60	2,00	74,00	15,61	0,00	48,00
<i>Micropterus salmoides</i>	0,37	0,00	2,67	1,04	0,00	2,00	0,74	0,00	3,00	3,84	0,00	16,00	2,24	0,00	8,00	0,10	0,00	1,00
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	1,26	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salaria fluviatilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius alburnoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	1,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pesca-elétrica; Outono; Cursos Principais; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo

	Santa Luzia			Vilarinho das Furnas			Meimoa			Marateca			Torrão			Varosa		
Espécies	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Anguilla anguilla</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Atherina boyeri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis calderoni</i>	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis paludica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Herichthys facetum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,65	0,00	7,14	7,53	0,00	22,00	34,95	4,00	92,00
<i>Micropterus salmoides</i>	0,25	0,00	1,00	0,25	0,00	1,00	1,33	0,00	2,00	12,27	1,43	32,86	3,80	1,43	10,00	0,20	0,00	2,00
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	2,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	2,60	0,00	5,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salaria fluviatilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	3,33	0,00	8,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius alburnoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	4,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,19	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pesca-elétrica; Outono; Norte; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo

	Santa Clara			Odeleite			Tapada Grande			Maranhão			Monte Novo			Montargil		
Espécies	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Anguilla anguilla</i>	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Atherina boyeri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis calderoni</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis paludica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	6,00	0,70	0,00	4,00	0,11	0,00	1,00
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Herichthys facetum</i>	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	11,29	0,00	52,00	1,68	0,00	4,00	4,00	0,00	10,00	9,40	0,00	28,00	9,61	1,00	20,00	0,56	0,00	2,00
<i>Micropterus salmoides</i>	4,59	0,00	10,00	1,05	0,00	3,00	17,29	1,00	66,00	1,40	0,00	2,00	8,74	1,43	16,00	8,52	1,00	30,00
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duricense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salaria fluviatilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius alburnoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pesca-elétrica; Outono; Sul; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo

	Belver			Valeira			Pocinho			Régua			Fratel			Crestuma		
Espécie	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Ameiurus melas</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	7,65	1,95	14,04	8,44	0,00	25,56	5,00	0,00	12,00	11,88	1,25	21,25	0,00	0,00	0,00	7,84	0,00	30,27
<i>Barbus comiza</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus sclateri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Carassius auratus</i>	1,45	0,00	4,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio x C. auratus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Esox lucius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	43,26	11,71	102,50	3,11	0,00	12,22	2,25	0,00	7,00	15,00	0,00	35,00	7,72	0,00	22,22	3,51	0,00	12,97
<i>Micropterus salmoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	1,11	0,00	0,00	0,00	1,88	0,00	3,75	0,00	0,00	0,00	1,62	0,00	6,49
<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,19	1,25	17,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	0,00	0,00	0,00	9,11	0,00	16,67	2,75	1,00	4,00	22,50	8,75	60,00	0,00	0,00	0,00	12,97	0,00	51,89
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	67,26	38,14	101,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,82	3,33	31,35	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	0,00	4,32
<i>Sander lucioperca</i>	0,31	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,00	2,22	7,57	0,00	17,30

Redes; Outono; Cursos Principais; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo

	Santa Luzia			Vilarinho das Furnas			Meimoa			Marateca			Torrão			Varosa		
Espécie	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Ameiurus melas</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	0,75	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,16	1,05	28,42	13,89	4,21	30,53
<i>Barbus comiza</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus sclateri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Carassius auratus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	1,08	18,62	13,79	23,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio x C. auratus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Esox lucius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	1,05
<i>Lepomis gibbosus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Micropterus salmoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	1,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00
<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	3,16	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	5,56
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	4,01	1,00	9,73	6,76	0,00	22,70	2,17	1,05	4,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	4,84	0,00	10,81	2,70	0,00	7,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	16,22	1,08	41,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Sander lucioperca</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	0,00	6,32	0,00	0,00	0,00

Redes; Outono; Norte; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo

	Santa Clara			Odeleite			Tapada Grande			Maranhão			Monte Novo			Montargil		
Espécie	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Ameiurus melas</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,57	3,43	16,00	0,00	0,00	0,00	1,94	0,00	4,44
<i>Barbus comiza</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus sclateri</i>	0,00	0,00	0,00	21,77	0,89	63,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,27	1,21	10,91	0,00	0,00	0,00
<i>Carassius auratus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	1,11
<i>Cyprinus carpio</i>	1,11	1,11	1,11	0,00	0,00	0,00	4,85	1,21	10,91	5,71	2,29	13,71	0,91	0,00	2,42	5,00	3,33	7,78
<i>Cyprinus carpio x C. auratus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Esox lucius</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	1,94	0,00	5,56	0,67	0,00	2,67	5,15	0,00	13,33	2,29	0,00	8,00	2,73	0,00	7,27	41,94	4,44	86,67
<i>Micropterus salmoides</i>	2,50	0,00	5,56	1,15	0,00	3,56	0,91	0,00	1,21	1,14	0,00	3,43	4,55	1,21	7,27	0,00	0,00	0,00
<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duricense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00	3,43	0,00	0,00	0,00	6,94	0,00	14,44
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	24,51	15,38	40,00	20,91	4,85	47,27	0,00	0,00	0,00	62,12	16,97	116,36	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius carolitertii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Sander lucioperca</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Redes; Outono; Sul; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo

	Cursos Principais						Norte						Sul					
	Belver			Régua			Santa Luzia			Marateca			Odeleite			Montargil		
Espécies	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Anguilla anguilla</i>	0,70	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Atherina boyeri</i>	0,30	0,00	2,00	0,20	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	2,73	0,00	11,25	0,87	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Carassius auratus</i>	1,04	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis calderoni</i>	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cobitis paludica</i>	0,60	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	1,43	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	0,54	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,67
<i>Gambusia holbrooki</i>	0,39	0,00	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gobio lozanoi</i>	0,54	0,00	3,00	0,20	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Herichthys facetum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	22,64	2,00	71,43	18,13	7,00	36,00	0,00	0,00	0,00	4,77	0,00	12,00	3,29	0,00	16,00	17,53	0,00	56,00
<i>Micropterus salmoides</i>	0,38	0,00	3,75	0,67	0,00	3,00	0,17	0,00	1,00	0,88	0,00	2,00	3,70	0,00	32,00	0,83	0,00	4,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	1,20	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	29,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00

Pesca eléctrica; Primavera; Cursos Principais, Norte e Sul; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo

	Cursos Principais						Norte						Sul					
	Belver			Régua			Santa Luzia			Marateca			Odeleite			Montargil		
Espécie	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.	Média	Min.	Max.
<i>Alburnus alburnus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	0,00	4,21	0,00	0,00	0,00
<i>Barbus bocagei</i>	5,88	3,53	8,24	15,25	8,00	24,00	1,76	0,00	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,32	0,00	50,29
<i>Barbus sclateri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,53	0,00	34,74	0,00	0,00	0,00
<i>Carassius auratus</i>	0,59	0,00	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyprinus carpio</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,71	0,00	31,76	23,13	15,00	33,75	0,00	0,00	0,00	3,12	0,00	8,00
<i>Cyprinus carpio x C. auratus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gobio lozanoi</i>	2,35	2,35	2,35	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepomis gibbosus</i>	77,06	63,53	90,59	15,25	0,00	54,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00	4,21	3,23	0,00	18,06
<i>Micropterus salmoides</i>	2,35	2,35	2,35	0,25	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00	4,21	1,36	0,00	3,43
<i>Mugil cephalus</i>	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	0,00	0,00	0,00	45,25	25,00	56,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	41,76	31,76	51,76	0,00	0,00	0,00	2,65	0,00	7,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,24	0,00	17,14
<i>Pseudochondrostoma willkommii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,30	0,00	152,63	0,00	0,00	0,00
<i>Salmo trutta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47	0,00	3,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Squalius pyrenaicus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	2,35	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	1,05	0,79	0,00	2,29

Redes; Primavera; Cursos Principais, Norte e Sul; Referência e Não referência; Média, Mínimo e Máximo