

EFEITO DE FATORES ANTROPOGÉNICOS E NATURAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA E NA DISTRIBUIÇÃO DA FAUNA PISCÍCOLA NAS BACIAS DOS RIOS VOUGA, PAIVA E DÃO

**Área de Zoología. Departamento de Biología Animal, Ecología,
Parasitología, Edafología y Química Agrícola.**

José Manuel Gomes Moreira da Costa

DIRETOR:

Dr. Victor Colino Rabanal

**TESE DE DOUTORAMENTO
2021**



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

Dr. Víctor Colino Rabanal (Director)

Dr. Miguel Lizana Avia (Tutor)

CERTIFICAMOS:

Que el trabajo doctoral realizado bajo nuestra dirección y tutoría por Don. José Manuel Gomes Moreira da Costa titulado “EFEITO DE FATORES ANTROPOGÉNICOS E NATURAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA E NA DISTRIBUIÇÃO DA FAUNA PISCÍCOLA NAS BACIAS DOS RIOS VOUGA, PAIVA E DÃO”, reúne las condiciones originalidad requeridas para optar al grado de Doctor en Ciencia Animal por la Universidad de Salamanca.

Y para que así conste, firmamos la presente certificación en Salamanca a 8 de Julio del año 2021.

Fdo: Dr. Víctor Colino Rabanal

Fdo: Dr. Miguel Lizana Avia

Os principais resultados desta Tese de Doutorado foram enviados em formato de artigo para publicação na revista Diversity (under review).

"Este trabalho foi expressamente elaborado como dissertação original para a obtenção do grau de Doutor pela Universidade de Salamanca"

AGRADECIMENTOS

Nenhuma tese de doutoramento pode ter um autor único, embora formalmente assim tenha de ser. Durante o longo caminho que aqui culmina, encontrei-me com muitas pessoas que contribuíram, de uma forma ou outra, para hoje chegar a este ponto final. Chega assim ao fim uma etapa marcante da minha vida, com tanto de difícil, exigente e angustiante, como de desafiante e enriquecedora.

Depois de 10 anos passados desde os primeiros de trabalhos de campo, ainda me surpreendo com os mistérios que a vida animal encerra. Por um lado, com a fragilidade dos ecossistemas aquáticos que necessitam da nossa intervenção corretiva após tantas agressões a que têm sido sujeitos, e, por outro, com a força da natureza que acaba por ter mais resiliência, adaptabilidade e energia do que todos os livros possam escrever.

Agradeço aqui de forma global a todos aqueles cujas palavras e ações me incentivaram desde sempre a seguir este caminho da conservação da biodiversidade, desde professores, colegas, amigos, alunos e, claro, a minha família.

De uma forma mais específica, quero agora agradecer às instituições e pessoas que contribuíram para este percurso:

À Universidade de Salamanca, que me acolheu neste Doutoramento, onde nunca poderei esquecer o meu primeiro orientador, o Professor Salvador Péris. Pela forma como idealizámos este trabalho e o acompanhaste nos últimos anos da tua vida, este trabalho é também teu Salvador. Muito obrigado! A todos os restantes professores de Salamanca pelos ensinamentos e partilha de experiências, mas particularmente ao meu atual Diretor de Tese, Professor Víctor Colino e Tutor, Professor Miguel Lizana, pela ajuda que me deram neste processo, muito obrigado também.

À Escola Superior Agrária (ESAV) e ao Instituto Politécnico de Viseu (IPV), que permitiram desta forma a minha valorização académica.

Ao Projeto AARC (Atlantic Aquatic Resource Conservation) e à entidade parceira institucional do AARC, a ADDLAP (Associação de Desenvolvimento do Dão, Lafões e Alto-Paiva), que possibilitaram a realização da parte experimental de campo.

Às autarquias de Vila Nova de Paiva, Viseu, São Pedro do Sul, Vouzela e Oliveira de Frades, pelas portas abertas e colaboração no estudo dos seus rios e valorização dos ecossistemas dos seus territórios.

Ao Paulo Barracosa, amigo e colega da ESAV, um agradecimento especial pelo incentivo, pela partilha deste percurso nos rios de Portugal e pelos países do AARC e pela ajuda inestimável no difícil e demorado trabalho de campo. Muito obrigado, Paulo!

A todos os alunos da equipa técnica de amostragem de fauna piscícola, um agradecimento ao incansável José Rodrigues e aos restantes membros João Canto Amaral, Sónia Costa, Nuno Almeida e Cláudia Pena.

A todos os colegas que sempre me incentivaram a atingir este objetivo e à colega Helena Vala, pela ajuda na obtenção do equipamento de pesca elétrica, o meu agradecimento sincero.

A todos quantos, de uma forma ou outra, contribuíram para que este caminho chegasse ao fim, muito obrigado também!

E agora, aqueles que serão sempre os principais responsáveis pelo apoio para poder chegar até aqui, a minha família.

Ao meu pai que sempre me encorajou a lutar pelos meus objetivos até ao fim e que, se hoje aqui estivesse, estaria certamente muito feliz. À minha mãe que nunca deixou de me apoiar nas minhas decisões e percursos de vida e sofrer comigo como só as mães o fazem.

Finalmente, os meus filhos João e Cláudio, e a minha mulher Isabel, por tudo quanto passaram e deixaram de passar ao longo destes anos, pelo apoio, incentivo e partilha de momentos difíceis, não haverá palavras de agradecimento suficientes para vós. Particularmente à Isabel, não apenas por esses momentos, mas até na ajuda real no trabalho de campo, ultrapassando tudo o que seria normal esperar. Esta tese é também vossa!

RESUMO

Foi investigada a diversidade da ictiofauna, a sua distribuição relativamente ao efeito das alterações naturais e antropogénicas nos ecossistemas fluviais. De maio de 2011 a abril de 2013, foram amostrados 30 locais, cobrindo uma extensão total de 134 km, nos rios Vouga, Paiva e Dão, dos concelhos de Vila Nova de Paiva, Viseu, São Pedro do Sul, Vouzela e Oliveira de Frades, no centro de Portugal.

A escolha dos locais teve como critérios, a perturbação natural ou humana, como barragens, açudes ou estações de tratamento de águas residuais. Foram feitas amostragens de fauna piscícola por pesca elétrica e analisados 13 parâmetros da água, a montante e a jusante dos pontos de amostragem, para encontrar eventuais efeitos da qualidade da água na distribuição das espécies.

No total, foram recolhidas 14 espécies de peixes, entre elas, 4 espécies exóticas. O Índice de Integridade Biótica foi analisado para cada sítio e foi proposto um novo Índice de Integridade Biótica Corrigida para uma melhor previsão do potencial de recuperação do ecossistema. A Análise Canónica de Correspondência foi utilizada para determinar a relação entre as variáveis de distribuição dos peixes e os parâmetros ambientais.

Foi possível concluir que existem vários ecossistemas fluviais totalmente diferentes em todos os 5 concelhos em estudo. Existem associações claras entre espécies de peixes, pontos de amostragem e parâmetros de qualidade da água, formando clusters de diferentes ecossistemas fluviais em cada uma das áreas de estudo. Foi interessante verificar também que, mesmo as espécies mais sensíveis podem adaptar-se à má qualidade da água, dentro de certos limites, sendo encontradas em áreas onde a sua presença não poderia ser previsível. Apesar de algumas exceções, encontramos uma cadeia trófica bem organizada nos ecossistemas fluviais com espécies carnívoras, omnívoras e espécies herbívoras, bem estabelecidas em quase todas as áreas.

Estas relações podem fornecer informações úteis para uma melhor gestão, conservação e recuperação das comunidades piscícolas e seus habitats. Foram estabelecidas algumas diretrizes tanto para requalificar locais críticos de degradação antropogénica como para preservar os locais mais sensíveis dos ecossistemas de água doce.

Palavras-chave: Distribuição de peixes, Fatores antropogénicos, Qualidade da água, Índice de Integridade Biótica, Análise Canónica de Correspondência, Bacia hidrográfica do Vouga.

INDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
2.1. Os peixes como bioindicadores	4
2.2. Descrição das espécies identificadas.....	6
2.2.1. <i>Achondrostoma arcasii</i> – Panjorca	7
2.2.2. <i>Achondrostoma oligolepis</i> – Ruivaco.....	8
2.2.3. <i>Anguilla anguilla</i> - Enguia-europeia	9
2.2.4. <i>Luciobarbus bocagei</i> - Barbo-comum.....	11
2.2.5. <i>Carassius auratus</i> / <i>Carassius carassius</i> – Pimpão	13
2.2.6. <i>Cobitis paludica</i> - Verdemã-comum.....	14
2.2.7. <i>Gambusia holbrooki</i> – Gambússia	16
2.2.8. <i>Lepomis gibbosus</i> - Perca-sol	17
2.2.9. <i>Micropterus salmoides</i> - Achigã.....	18
2.2.10. <i>Pseudochondrostoma duriense</i> - Boga-do-norte.....	19
2.2.11. <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> - Boga-comum	20
2.2.12. <i>Salmo trutta</i> - Truta-fário.....	21
2.2.13. <i>Squalius alburnoides</i> - Bordalo.....	22
2.2.14. <i>Squalius carolitertii</i> - Escalo-do-norte	23
2.3. O Índice de Integridade Biótica	24
2.4. A qualidade da água	25
2.5. O método da análise canónica de correspondência (AAC)	26
2.5.1. Princípios do método	26
2.5.2. Interpretação dos gráficos de ACC	28
a) Espécies x Locais	28
b) Espécies x Espécies.....	28
c) Locais x Locais	29
d) Locais x Vetores ambientais	29
e) Espécies x Vetores ambientais.....	29
f) Ranking dos parâmetros ambientais	30

3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. A seleção dos pontos de amostragem.....	32
3.2. O método de amostragem - Pesca elétrica.....	35
3.3. O Índice de Integridade Biótica	38
3.4. As análises de água	41
3.4.1. Temperatura	42
3.4.2. Oxigénio dissolvido	42
3.4.3. pH	43
3.4.4. Compostos amoniacais.....	43
3.4.5. Dureza de Cálcio	43
3.4.6. Dureza de Magnésio.....	44
3.4.7. Ferro	44
3.4.8. Fosfato.....	44
3.4.9. Fósforo	44
3.4.10. Nitritos.....	44
3.4.11. Nitratos.....	44
3.4.12. Sulfato	45
3.5. A análise Canónica de Correspondência	46
4. RESULTADOS, DISCUSSÃO E PROPOSTAS	47
4.1. Comunidades Piscícolas	47
4.1.1. As espécies identificadas	46
4.1.2. As comunidades piscícolas por concelho.....	47
a) Vila Nova de Paiva	47
b) Viseu.....	51
c) São Pedro do Sul.....	55
d) Vouzela.....	61
e) Oliveira de Frades	65
4.2. Índice de Integridade Biótica	68
4.2.1. O Índice de Integridade Biótica no geral	68
4.2.2. O Índice de Integridade Biótica por concelho	70
a) Vila Nova de Paiva	70
b) Viseu.....	72
c) São Pedro do Sul.....	74

d) Vouzela.....	77
e) Oliveira de Frades	79
4.3. Qualidade da água	82
4.3.1. A qualidade da água no geral.....	82
4.3.2. A qualidade da água por concelho	84
a) Vila Nova de Paiva	84
b) Viseu.....	85
c) São Pedro do Sul.....	87
d) Vouzela.....	90
e) Oliveira de Frades	92
4.4. Efeito da qualidade da água na fauna piscícola.....	94
1. Análise Canónica de Correspondência no geral	94
2. Análise Canónica de Correspondência por concelho.....	99 a)
Vila Nova de Paiva	99
b) Viseu.....	104
c) São Pedro do Sul.....	108
d) Vouzela.....	113
e) Oliveira de Frades	117
5. Propostas de Conservação e de Requalificação Ambiental	120
1. Implantação de plataformas de observação e estudo dos rios	120 a)
Vila Nova de Paiva	121
b) Viseu.....	124
c) São Pedro do Sul.....	126
d) Vouzela.....	127
e) Oliveira de Frades	129
2. Propostas de conservação de locais mais sensíveis	132 a)
Vila Nova de Paiva	132
b) Viseu.....	132
c) São Pedro do Sul.....	133
d) Vouzela.....	134
e) Oliveira de Frades	134
3. Propostas de requalificação dos ecossistemas ribeirinhos em locais críticos de degradação antropogénica	135
a) Vila Nova de Paiva	135

b) Viseu.....	135
c) São Pedro do Sul.....	136
d) Vouzela.....	136
e) Oliveira de Frades	136

5. CONCLUSÕES.....	138
---------------------------	------------

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
--	------------

ANEXOS: Protocolos de análise dos parâmetros físico-químicos da água.....	150
--	------------

Anexo 1 - Oxigénio dissolvido

Anexo 2 - Compostos amoniacais

Anexo 3 - Dureza de Cálcio

Anexo 4 - Dureza de Magnésio

Anexo 5 - Ferro

Anexo 6 - Fosfato

Anexo 7 - Fósforo

Anexo 8 - Nitrito

Anexo 9 - Nitrato

Anexo 10 - Sulfato

INDICE DE FIGURAS

Página:

Figura 1. Área de abrangência do estudo: Concelhos e bacias hidrográficas	2
Figura 2. <i>Achondrostoma arcasii</i> - Panjorca.....	7
Figura 3. <i>Achondrostoma oligolepis</i> - Ruivaco.....	8
Figura 4. <i>Anguilla anguilla</i> - Enguia-europeia	9
Figura 5. <i>Luciobarbus bocagei</i> - Barbo-comum.....	11
Figura 6. <i>Carassius auratus</i> - Pimpão	13
Figura 7. <i>Cobitis paludica</i> - Verdemã-comum.....	14
Figura 8. <i>Gambusia holbrooki</i> - Gambúsia	16
Figura 9. <i>Lepomis gibbosus</i> - Perca-sol	17
Figura 10. <i>Micropterus salmoides</i> - Achigã.....	18
Figura 11. <i>Pseudochondrostoma duriense</i> - Boga-do-Norte.....	19
Figura 12. <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> - Boga-comum.....	20
Figura 13. <i>Salmo trutta</i> - Truta-fário	21
Figura 14. <i>Squalius alburnoides</i> - Bordalo.....	22
Figura 15. <i>Squalius carolitertii</i> - Escalo-do-Norte.....	23
Figura 16. Localização dos pontos de amostragem.....	32
Figura 17. Aparelho de pesca elétrica e bateria	36
Figura 18. Pesca elétrica portátil (mochila).....	36
Figura 19. Captura de um barbo-comum.....	36
Figura 20. Recolha do exemplar capturado.....	36
Figura 21. Medição de um escalo-do-Norte.....	37
Figura 22. Devolução de uma truta-fário	37
Figura 23. Registo de dados na ficha de campo.....	37
Figura 24. Análise dos parâmetros físico-químicos da água.....	41
Figura 25. Medição da temperatura da água.....	42
Figura 26. Medição do oxigénio dissolvido na água	42

Figura 27. Medição do pH da água	43
Figura 28. Distribuição percentual das espécies capturadas em Vila Nova de Paiva	49
Figura 29. Distribuição percentual das espécies capturadas em Viseu	52
Figura 30. Distribuição percentual das espécies capturadas em São Pedro do Sul	56
Figura 31. Distribuição percentual das espécies capturadas em Vouzela	62
Figura 32. Distribuição percentual das espécies capturadas em Oliveira de Frades	66
Figura 33. Exemplar de bordalo (<i>Sq. alburnoides</i>) capturado em V. N. Paiva	71
Figura 34. Exemplar de ruivaco (<i>A. oligolepis</i>) capturado em V. N. Paiva.	71
Figura 35. Exemplares de lagostim-vermelho-do-Louisiana (<i>Procambarus clarkii</i>) capturados a jusante de Alcafache.....	73
Figura 36. Rio Vouga a montante de São Pedro do Sul (zona da central elétrica)..	75
Figura 37. Rio Sul (Parque Lenteiro do Rio).....	75
Figura 38. Confluência dos rios Sul e Vouga.....	75
Figura 39. Aspeto da água na margem do rio Vouga, a jusante da ribeira do Telheiro.	76
Figura 40. Barbos (<i>Luciobarbus bocagei</i>) no rio Sul (São Pedro do Sul)	76
Figura 41. Açude a montante da ETAR de Fataunços (ribeira de Ribamá)	78
Figura 42. Jusante da ETAR de Cambra (rio Alfusqueiro, antes da confluência do rio Couto).....	78
Figura 43. Montante do açude de Destriz (rio Alfusqueiro).....	79
Figura 44. Jusante do açude de Destriz (rio Alfusqueiro).	79
Figura 45. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos 13 parâmetros ambientais nos 5 concelhos	95
Figura 46. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente a 9 parâmetros ambientais principais nos 5 concelhos	96
Figura 47. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Vila Nova de Paiva	99

Figura 48. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH ₃) e ferro (FE), em Vila Nova de Paiva	101
Figura 49. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Vila Nova de Paiva	102
Figura 50. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Viseu.....	104
Figura 51. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH ₃) e ferro (FE), em Viseu	105
Figura 52. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Viseu	106
Figura 53. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em São Pedro do Sul	108
Figura 54. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH ₃) e ferro (FE), em São Pedro do Sul	110
Figura 55. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em São Pedro do Sul	111
Figura 56. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Vouzela	113
Figura 57. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH ₃) e ferro (FE), em Vouzela	114
Figura 58. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Vouzela	116
Figura 59. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Oliveira de Frades	117
Figura 60. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH ₃) e ferro (FE), em Oliveira de Frades	118

Figura 61. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Oliveira de Frades	119
Figura 62. Plataforma e respetivo painel informativo no Parque de Santiago, rio Pavia, Viseu.....	120
Figura 63. Concurso de pesca desportiva durante o Festival da Truta de V. N. de Paiva	122
Figura 64. Trutas-fário capturadas	122
Figura 65. Trutas-fário para repovoamento	122
Figura 66. Repovoamento do rio Paiva	122
Figura 67. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante praia fluvial de Vila Cova à Coelheira (Pego) em Vila Nova de Paiva	123
Figura 68. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante da praia fluvial da Azenha em Vila Nova de Paiva	123
Figura 69. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma em Almargem, Viseu.	124
Figura 70. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a jusante do açude da Ponte Vouguinha, em Viseu.	125
Figura 71. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante da praia fluvial de Alcafache, em Viseu	125
Figura 72. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante de São Pedro do Sul, na zona da central elétrica.....	126
Figura 73. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a jusante das termas de São Pedro do Sul	127
Figura 74. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma na praia fluvial de Cambra em Vouzela.....	128
Figura 75. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma no Porto da Várzea em Vouzela.....	129
Figura 76. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante do açude de Destriz.....	131
Figura 77. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante da barragem das Cainhas	131

INDICE DE QUADROS

Página:

Quadro 1. Caracterização dos pontos de amostragem nos 5 concelhos	34
Quadro 2. Pontuações para cada métrica (adaptado de Oliveira <i>et al</i> , 2007).....	38
Quadro 3. Índice de Integridade Biótica segundo a pontuação obtida (Oliveira et al, 2007)	39
Quadro 4. Índice de Integridade Biótica Corrigida segundo a pontuação obtida...	40
Quadro 5. Espécies piscícolas capturadas em Vila Nova de Paiva	48
Quadro 6. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Vila Nova de Paiva	49
Quadro 7. Espécies piscícolas capturadas em Viseu	51
Quadro 8. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Viseu	53
Quadro 9. Espécies piscícolas capturadas em São Pedro do Sul	55
Quadro 10. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de São Pedro do Sul.....	57
Quadro 11. Espécies piscícolas capturadas em Vouzela	61
Quadro 12. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Vouzela	63
Quadro 13. Espécies piscícolas capturadas em Oliveira de Frades	65
Quadro 14. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Oliveira de Frades	67
Quadro 15. Média concelhia do IIB e do IIBC nos 5 concelhos	68
Quadro 16. Índice de Integridade Biótica no concelho de Vila Nova de Paiva.....	70
Quadro 17. Índice de Integridade Biótica no concelho de Viseu.....	72
Quadro 18. Índice de Integridade Biótica no concelho de São Pedro do Sul	74
Quadro 19. Índice de Integridade Biótica no concelho de Vouzela.....	77
Quadro 20. Índice de Integridade Biótica no concelho de Oliveira de Frades.....	79
Quadro 21. Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água nos 5 concelhos	82

Quadro 22. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Vila Nova de Paiva	84
Quadro 23. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Viseu	85
Quadro 24. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de São Pedro do Sul	87
Quadro 25. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Vouzela	90
Quadro 26. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Oliveira de Frades	93
Quadro 27. Pontos de localização das infraestruturas relativas à instalação das plataformas	121

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACC	.....	Análise Canónica de Correspondência
AARC	.....	Atlantic Aquatic Resource Conservation
ADDLAP	.....	Associação de Desenvolvimento do Dão, Lafões e Alto-Paiva
AFN	.....	Autoridade Florestal Nacional
ICNF	.....	Instituto de Conservação da Natureza e Florestas
IIB	.....	Índice de Integridade Biótica
IIBC	.....	Índice de Integridade Biótica Corrigida
IUCN	.....	International Union for Conservation of Nature
MEA	.....	Millennium Ecosystem Assessment

1. INTRODUÇÃO

Os peixes têm vindo progressivamente a ser considerados no meio científico como organismos chave nos programas de biomonitorização. Este facto deve-se às características intrínsecas das espécies piscícolas, que tornam possível uma avaliação do estado ecológico dos rios de forma economicamente racional.

Se conseguirmos compreender a diversidade, abundância e mudanças na distribuição dos peixes no espaço e no tempo, podemos mais facilmente estabelecer instrumentos de base científica para gerir e proteger estes frágeis ecossistemas e os programas de conservação e gestão podem ser desenvolvidos (Galactos et al. 2004; Hashemi et al. 2015; Cheng et al. 2019).

O presente trabalho foi realizado num enquadramento de um projeto de investigação, desenvolvido por vários parceiros no Espaço Atlântico, o projeto *Atlantic Aquatic Resource Conservation (AARC)*. O objetivo principal do Projeto AARC foi a gestão integrada dos recursos hídricos, bem como a proteção dos recursos aquáticos, de modo a atingir um desenvolvimento económico sustentável ao nível europeu, de acordo com as recomendações do *Millennium Ecosystem Assessment (MEA)* e da *International Union for Conservation of Nature (IUCN)*. O parceiro institucional do AARC que fez a ligação com a Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viseu, foi a Associação de Desenvolvimento do Dão, Lafões e Alto-Paiva (ADDLAP), cuja área de intervenção é muito vasta, abrangendo cinco concelhos, Vila Nova de Paiva, Viseu, São Pedro do Sul, Vouzela e Oliveira de Frades.

O rio Vouga e seus afluentes cruzam toda a área de intervenção deste trabalho e, para além da bacia hidrográfica do Vouga, foram também incluídos o rio Paiva da bacia do rio Douro e o rio Dão da bacia do rio Mondego (Figura 1).

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito da qualidade da água na distribuição das espécies de peixe nas bacias dos rios Vouga, Dão e Paiva. O estudo das comunidades piscícolas neste trabalho, foi concebido para 3 propósitos. Em primeiro lugar, é urgente preservar algumas espécies de peixes ameaçadas, que são utilizadas para fins lúdicos e económicos através da pesca desportiva e já fazem parte da cultura e tradição de cada local, como é o caso da truta-fário (*Salmo trutta*). Em segundo lugar, existe o motivo ambiental. O estado

dos ecossistemas aquáticos dos nossos rios pode ser medido indiretamente através de indicadores biológicos ou ecológicos, onde a distribuição das comunidades piscícolas tem um papel importante. E finalmente, aplicando técnicas multivariadas, para analisar as respostas da composição e distribuição espacial da comunidade de peixes aos principais fatores ambientais, para estabelecer orientações futuras para a gestão, proteção e restauração dos ecossistemas fluviais.



Figura 1. Área de abrangência do estudo: Concelhos e bacias hidrográficas.

Com este trabalho, tornou-se possível o desenvolvimento de um plano de ações para a conservação das populações piscícolas e dos habitats associados a estes cursos de água, com base, por um lado, numa caracterização prévia das comunidades piscícolas e da qualidade da água e, por outro, da avaliação do grau de perturbação destes sistemas fluviais.

Este plano de ações foi articulado com todas as autarquias envolvidas e, após a definição dos pontos de amostragem, seguindo critérios de previsível descontinuidade da qualidade da água por causas antropogénicas, foram realizadas as saídas de campo

Foi então avaliado o estado das comunidades piscícolas com amostragem por pesca elétrica, calculado o índice de integridade biótica de cada local e realizadas análises à qualidade da água de forma a estudar as possíveis relações entre a distribuição zoogeográfica da fauna piscícola e a respetiva qualidade da água.

Com os resultados obtidos pretendeu-se criar propostas para a tomada de medidas concretas de intervenção local, no sentido da conservação de espécies piscícolas ameaçadas e da qualidade e sustentabilidade dos ecossistemas ribeirinhos onde estas habitam.

A primeira proposta baseia-se na seleção dos locais e respetiva implantação de plataformas de observação e estudo dos rios. Estas estruturas são imprescindíveis para a divulgação dos resultados à comunidade, para a monitorização das ações de proteção das espécies piscícolas mais sensíveis, criando assim pontos de interface entre o rio e as populações locais, regionais e nacionais, para divulgação das ações preservação ambiental dos ecossistemas fluviais.

Uma segunda proposta refere-se à seleção dos locais mais sensíveis a preservar, quer do ponto de vista da boa qualidade da água, quer no domínio da fauna piscícola dela dependente e com ela interligada num ecossistema frágil que urge preservar. Foram selecionados alguns locais de interesse para a criação zonas de interdição ou limitação do uso de recursos piscícolas para fins de pesca desportiva, com o objetivo da sustentabilidade a médio-longo prazo das espécies mais ameaçadas.

Finalmente, como terceira proposta, são apontados os locais críticos, no que diz respeito aos parâmetros que afetam a degradação ambiental dos ecossistemas fluviais estudados, seja ela pontual ou permanente. Este objetivo visa criar diretrizes para ações de requalificação, baseadas em informações cientificamente sustentadas e servir de ferramenta de suporte às entidades competentes de intervenção local, regional e nacional.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1. OS PEIXES COMO BIOINDICADORES

A influência humana nos rios tem um grande impacto na paisagem e na ecologia, e as causas antropogénicas são responsáveis por cerca de 2% a 20% das espécies de peixes de água doce no Mundo, serem agora consideradas como ameaçadas, em perigo, ou extintas nas últimas décadas, devido à pesca excessiva, introdução de espécies exóticas ou mudanças de habitat, nomeadamente pela construção de barragens ou poluição da água (Groombridge 1992; MEA 2005; Ye et al. 2014; Nsor e Obodai 2016). Estes efeitos antropogénicos sobre a biodiversidade dos peixes de água doce têm sido uma grande preocupação à escala global nas últimas décadas (Allan e Flecker 1993; Naiman e Turner 2000; Jackson e Running 2001; Malmqvist e Rundle 2002; Rahel 2003; Zeng L et al. 2017).

Tal como neste estudo, vários autores referem os peixes como bioindicadores para avaliar informações úteis, tais como a qualidade da água, a conectividade da rede fluvial ou regime de caudal (Fausch et al. 1990; McCormick e Larsen 2000; Zeng et al. 2017). As espécies de peixes de água doce já estão incluídas nas políticas ambientais como bioindicadores da qualidade ecológica e da biodiversidade (Kestemont et al. 2000; Schmutz et al. 2007) e também em estudos com cartografia biogeográfica, conceção de ecorregiões (Abell et al. 2008), avaliação da gestão do regime de águas (Jowett 1997; N'Zi et al. 2015) e avaliações de conservação (Moyle e Randall 1998).

De acordo com a definição de biodiversidade (Mace et al. 2005), os recursos naturais que albergam esta biodiversidade devem ser sustentáveis no futuro, quer para o equilíbrio dos ecossistemas, quer para fins de pesca comercial (Hashemi et al. 2015).

Neste contexto, são transcritas as principais vantagens da escolha da biomonitorização de peixes como indicadores fiáveis do estado dos ecossistemas aquáticos de água doce segundo o Oliveira et al. (2007), citando Fausch et al. (1990) e Harrison e Whitfield (2004):

- Ocorrem em quase todos os tipos de ecossistemas aquáticos;

- As suas comunidades são persistentes e recuperam rapidamente face a perturbações naturais;
- A sua taxonomia, exigências ecológicas e ciclos de vida são aspetos geralmente mais conhecidos, relativamente a outros grupos biológicos;
- Devido à sua representatividade em habitats muito distintos e de diferente hidrogeomorfologia, são indicadores de qualidade da estrutura física dos rios a várias escalas espaciais;
- Tendo em conta o comportamento migratório de algumas espécies, são indicadores das condições de conectividade;
- Ocupam uma grande variedade de níveis tróficos, e assim refletem efeitos ambientais a todos os níveis da cadeia alimentar;
- Podem exibir patologias diagnosticáveis externamente, como resultado da ação de agentes poluentes; facilmente identificáveis no campo.
- Devido à sua longevidade são bioindicadores para períodos de tempo relativamente extensos;
- Obedecem aos critérios de sensibilidade, reprodutibilidade e variabilidade, que devem ser verificados em qualquer ecoindicador (Simon 1999);
- A sua utilização revela enorme eficiência em termos de custos, já que uma parte muito significativa do trabalho (nomeadamente até à identificação dos indivíduos) é quase totalmente realizada no campo em tempo útil; adicionalmente, a técnica de captura é, em grande parte, não destrutiva;
- Têm valor económico, e são considerados como importantes recursos ambientais pela generalidade das pessoas, podendo assim ter um papel fundamental na promoção de políticas da água, quer ao nível da sua qualidade físico-química, quer na vertente de conservação e recuperação dos habitats aquáticos e áreas ripícolas.

2.2. DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS

Foram identificadas neste estudo as seguintes 14 espécies de fauna piscícola, que são em seguida descritas, em termos da sua biologia, distribuição geográfica, habitat, estado de conservação (IUCN) e ameaças.

Achondrostoma arcasii – Panjorca

Achondrostoma oligolepis – Ruivaco

Anguilla anguilla - Enguia-europeia

Carassius auratus – Pimpão (ou *Carassius carassius*, ou os seus híbridos)

Cobitis paludica - Verdemã-comum

Gambusia holbrooki – Gambúsia

Lepomis gibbosus - Perca-sol

Luciobarbus bocagei (*sin: Barbus bocagei*) - Barbo-comum

Micropterus salmoides – Achigã

Pseudochondrostoma duriense - Boga-do-Norte

Pseudochondrostoma polylepis - Boga-comum

Salmo trutta - Truta-fário

Squalius alburnoides – Bordalo

Squalius carolitertii - Escalo-do-Norte

2.2.1. *Achondrostoma arcasii* – Panjorca



Figura 2. *Achondrostoma arcasii* - Panjorca.

Biologia

A panjorca (Figura 2) é um peixe de água doce endémico de Portugal e Espanha, a panjorca é uma espécie ameaçada pela perda do seu habitat e está ainda pouco estudada, quanto à sua biologia e comportamento. No entanto, sabe-se que é uma espécie de vida curta com uma dieta bastante oportunista, comendo uma variedade de invertebrados aquáticos. Como outros membros da família *Cyprinidae*, o *Achondrostoma arcasii* não tem dentes, possuindo em vez disso um par de ossos na garganta, conhecidos como "dentes faríngeos" que são usados para processar os alimentos (<http://www.arkive.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

A panjorca é encontrada na parte norte da Península Ibérica, na maioria dos rios a norte do Júcar e do Tejo, tendo já sido introduzida na bacia hidrográfica do Guadiana. Habita no curso médio dos rios de água doce, bem como lagos, riachos e barragens em áreas montanhosas.

Estatuto de conservação e ameaças

O *Achondrostoma arcasii* é considerado uma espécie Vulnerável (VU) pelo IUCN, uma vez que as populações estão em decréscimo. Está ameaçada pela perda e degradação do seu habitat e a sua população está considerada em declínio. A poluição da água, a construção de barragens e a introdução de espécies exóticas são ameaças para esta espécie.

2.2.2. *Achondrostoma oligolepis* - Ruivaco



Figura 3. *Achondrostoma oligolepis* - Ruivaco.

Biologia

O ruivaco (Figura 3) é um peixe de pequeno tamanho e é endémico de Portugal. Reproduz-se de abril até meados de junho. Alimenta-se principalmente de detritos e material vegetal, mas também come presas de coleópteros e dípteros, pelo que pode ser considerado uma espécie generalista (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

O ruivaco ocorre preferencialmente nos troços inferiores dos rios. Inicia deslocações para as zonas mais a montante a partir de fins de março, quando a temperatura da água varia entre 13 e 16°C. Esta espécie é parecida à panjorca (*Achondrostoma arcasii*) cuja área de distribuição é, em parte, sobreposta. Existem grupos geográficos geneticamente distintos, que se separaram há cerca de 3 milhões de anos ou mesmo mais recentemente.

Estatuto de conservação e ameaças

Em termos de estatuto de conservação é considerada pelo IUCN uma espécie Pouco Preocupante (LC), uma vez que as populações são estáveis. Como ameaças temos vários tipos de poluição, passagens para peixes inadequadas, introdução de espécies exóticas aumento da turbidez e destruição das zonas de postura por extração de inertes.

2.2.3. *Anguilla anguilla* - Enguia-europeia



Figura 4. *Anguilla anguilla* - Enguia-europeia.

Biologia

A enguia-europeia (Figura 4) tem um ciclo de vida fascinante. É uma espécie catádroma, o que significa que nasce no mar migrando para água doce para crescer antes de voltar para o mar para desovar. Pensa-se que todas as enguias-europeias desovam no mar dos Sargaços. As larvas, que se parecem com folhas enroladas e são conhecidos como leptocéfalos. Estes vagueiam à deriva no plâncton enquanto vão sofrendo várias metamorfoses, por um período que pode chegar até três anos e são levadas pela corrente do Golfo em direção às costas da Europa. Quando chegam, sofrem uma última metamorfose transformando-se em jovens enguias e nesta fase são conhecidas como "meixão" ou enguias de vidro, uma vez que são transparentes. Começam a migrar para os rios, tornam-se mais escuras e neste momento medem cerca de 5 cm. Crescem em água doce, demorando vários anos até atingirem a maturidade sexual (6 a 12 anos nos machos e 9 a 20 anos nas fêmeas). Nessa altura, adquirem uma cor prateada, migram novamente para o mar, onde entram sempre em noites de lua nova. Ao voltar para o mar, a enguia-europeia vive na lama, fendas e debaixo de pedras. A desova ocorre durante o inverno e início da primavera no Mar dos Sargaços. Esta é uma espécie de vida muito longa podendo chegar aos 85 anos.

A enguia-europeia é predada por aves aquáticas, bem como por peixes carnívoros. Surpreendentemente, podem sobreviver fora da água por várias horas e nas suas migrações, podem viajar por terra em noites chuvosas e

escuras, por exemplo, para transpor obstáculos como barragens e açudes (<http://www.arkive.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Na sua fase em água doce, pode ser encontrada nos rios que desaguam no Atlântico Norte, Mar Báltico e Mar Mediterrâneo.

Estatuto de conservação e ameaças

Esta espécie está Criticamente em Perigo (CR) segundo o IUCN. A população da enguia-europeia está fortemente ameaçada, tendo diminuído nos últimos anos. No entanto, o difícil ciclo de vida e incapacidade de reprodução em cativeiro dificultam as medidas de gestão sustentada desta espécie. Exemplos de ameaças que pesam sobre a espécie são a poluição, a sobrepesca, a degradação do habitat, infeções parasitárias e alterações no clima. Vários programas de recuperação da enguia-europeia têm sido alvo de financiamento da União Europeia.

2.2.4. *Luciobarbus bocagei* - Barbo-comum

(Sinónimo: *Barbus bocagei*)



Figura 5. *Luciobarbus bocagei* - Barbo-comum.

Biologia

O barbo-comum (Figura 5) apresenta uma alimentação generalista e oportunista. Alimenta-se principalmente de material vegetal (plantas e algas filamentosas) e larvas de insetos, moluscos e aracnídeos aquáticos. Ocasionalmente ingere insetos terrestres e sementes. Os peixes de maiores dimensões alimentam-se mais de material vegetal e ocasionalmente de outros peixes. Em barragem alimenta-se principalmente de larvas de dípteros, detritos, crustáceos planctónicos e algumas algas filamentosas. Ingerem também areia que tem um papel importante na digestão física dos alimentos.

Esta espécie é potamódroma, ou seja, realiza migrações reprodutivas dentro dos rios, após as quais, atingidas as zonas consideradas adequadas para a postura, as fêmeas escavam um sulco onde depositam os ovos, fecundados de seguida pelo macho. O barbo-comum é um nadador ativo com grande capacidade de deslocação (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Esta espécie, endémica da Península Ibérica, na época da reprodução realiza migrações para montante surgindo em zonas de corrente rápida, e boa oxigenação, sobre fundos de areia ou cascalho. Encontra-se disseminada em

zonas com altitude máxima de 450m. Podemos encontrar barbos-comuns em abundância nas bacias atlânticas entre o Lima e o Sado.

Em termos de habitat, o barbo-comum ocorre nos troços médios e inferiores dos rios ocupando o fundo dos rios (espécie bentónica) e prefere zonas com pouca ou moderada velocidade de corrente (exceto na época de reprodução). O habitat preferido apresenta áreas com elevada cobertura ripária de cursos de água permanentes com marcadas características lóticicas (com correntes moderadas a fortes) e reduzida instabilidade hídrica. O barbo-comum tem preferência por troços mais profundos, com mais oxigénio e substrato fino. Os juvenis ocorrem em zonas com alguma profundidade, próximas da margem e sem corrente, evitando habitats com muita cobertura arbórea.

Estatuto de conservação e ameaças

O barbo-comum tem estatuto de Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN. No entanto, a poluição, as barragens, as regularizações dos rios que atinge os jovens desse ano, enfraquecendo a estrutura populacional, a extração de água e inertes com a destruição das zonas de postura, as passagens para peixes inadequadas, a introdução de espécies exóticas e o aumento da turbidez, são algumas das principais ameaças para esta espécie. Como medidas mitigadoras destas ameaças podemos referir a redução da poluição através do controlo das descargas efluentes e tratamento dos mesmos, a construção de passagem para peixes adequadas à espécie e o controlo das espécies exóticas.

2.2.5. *Carassius auratus* / *Carassius carassius* – Pimpão

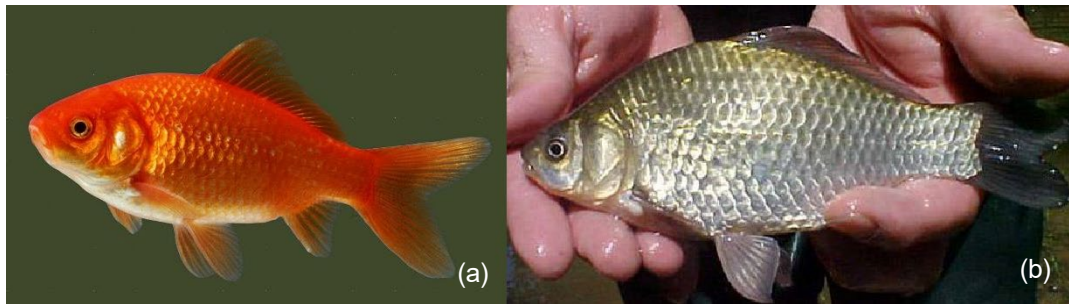


Figura 6. (a) *Carassius auratus* - Pimpão vermelho.
(b) *Carassius carassius* – Pimpão selvagem.

Biologia

O pimpão (Figura 6) foi introduzido em 1611 na Europa Ocidental a partir da China. A reprodução ocorre entre Maio e Junho, em águas com densa vegetação submersa. É predominantemente detritívoro mas também ingere invertebrados aquáticos e, ocasionalmente, também come plantas. Durante o inverno permanece quase totalmente enterrado e inativo nos fundos lodosos. Existe a versão selvagem (*Carassius carassius*) mas também as versões vermelhas ou com outras cores como o branco, preto, laranja ou seus híbridos (*Carassius auratus*). Por questões de simplificação de texto, irá referir-se neste trabalho sempre a espécie *Carassius auratus*. Há populações constituídas unicamente por fêmeas em que os filhos são clones das mães e pode-se cruzar com a carpa-comum (*Cyprinus carpio*). É uma espécie muito resistente à poluição, falta de oxigénio e a grandes amplitudes térmicas (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Originário da Ásia central, China e Japão, atualmente em cerca de 60 países de todos os continentes, vive em águas pouco profundas de lagoas e rios de corrente lenta, com vegetação abundante e fundos de lodo ou areia.

Estatuto de conservação e ameaças

O pimpão tem estatuto de Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN. As ameaças, embora limitadas, são para as espécies endógenas, pelo que deve procurar limitar a expansão desta espécie, por exemplo, impedindo que seja usada como isco vivo.

2.2.6. *Cobitis paludica* - Verdemã-comum



Figura 7. *Cobitis paludica* - Verdemã-comum.

Biologia

O Verdemã-comum (Figura 7) é um pequeno peixe de fundo é um membro da família *Cobitidae*. Vivem até aos 4-5 anos e atingem a maturidade sexual pouco depois de atingir um ano de idade, com a desova a decorrer entre Março e Julho. Durante este tempo, as fêmeas sexualmente maduras libertam até 1400 ovos. O verdemã-comum alimenta-se de invertebrados, principalmente larvas de mosquitos e de crustáceos, bem como detritos e algas (<http://www.arkive.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Aparece nos rios do centro e sul da Península Ibérica, mas também foi introduzido, provavelmente por pescadores (de isco vivo), nos rios de Portugal e Espanha. Habita o curso médio e inferior dos rios, onde há uma corrente suave, fundo de areia ou cascalho e vegetação aquática submersa.

Estatuto de conservação e ameaças

O *Cobitis paludica* é considerado uma espécie Vulnerável (VU) pelo IUCN e consta no Apêndice III da Convenção de Berna. Este pequeno peixe enfrenta uma série de ameaças que levaram à redução das suas populações, em tempos muito abundantes. Atualmente extinto nalguns rios, os principais motivos que levaram a este estado vulnerável foram a extração de inertes, o desvio de água para a agricultura, a poluição, a introdução de espécies exóticas, a construção de barragens e, ultimamente, a sua utilização como isco

vivo para a pesca desportiva. Em termos de conservação da espécie, em Espanha há legislação que garante a manutenção de um caudal mínimo nos rios (caudal ecológico), o que deveria diminuir a ocorrência de alterações fluviais destrutivas, tais como barragens. A lei espanhola também proíbe o uso de isco vivo, mas o comércio de isco vivo continua a ser uma ameaça em Portugal. Para garantir a sobrevivência a longo prazo deste peixe ameaçado recomenda-se o controlo das espécies exóticas e a monitorização rigorosa do caudal e qualidade da água.

2.2.7. *Gambusia holbrooki* - Gambúsia



Figura 8. *Gambusia holbrooki* - Gambúsia.

Biologia

A gambúsia (Figura 8) é uma espécie de pequenas dimensões, ovovívipara, sexualmente muito precoce e fecunda, podendo atingir densidades de mais de 11000 indivíduos por hectare. Reproduz-se em Portugal entre Abril/Maio e Setembro/Outubro e o número médio de embriões por postura é de 32. Esta espécie consome pequenos animais aquáticos (zooplâncton) entre os quais as larvas de mosquito (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Na Península Ibérica, a gambúsia ocorre em praticamente todas as bacias hidrográficas. Vive em troços de águas lentas e temperadas, com abundante vegetação e abaixo dos mil metros de altitude. Suporta águas muito contaminadas, elevadas temperaturas e baixos valores de oxigénio. Foi introduzida nos cinco continentes com fins ornamentais e para controlar indiretamente algumas doenças transmitidas por mosquitos. No entanto o efeito controlador sobre os mosquitos parece ser reduzido. Foi introduzido em Espanha em 1921 e em 1931 foi detetado pela primeira vez em Portugal, no rio Sorraia, bacia do Tejo.

Estatuto de conservação e ameaças

A gambúsia tem estatuto de conservação de Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN, mas tem um efeito negativo sobre espécies nativas que ocupam o mesmo habitat.

2.2.8. *Lepomis gibbosus* - Perca-sol



Figura 9. *Lepomis gibbosus* - Perca-sol.

Biologia

A perca-sol (Figura 9) alimenta-se de insetos e outros artrópodes, quer na fase larvar, quer na fase adulta. Consome também moluscos, ovos e larvas de peixes e material vegetal. Os ninhos, construídos em fundos de areia e gravilha, consistem numa depressão escavada no leito pelo macho, que também vigia a postura e os alevins.

Nos rios com corrente, os machos nidificam junto à vegetação de macrófitas aquáticas submersas, enquanto nas barragens fazem-no em zonas descobertas menos profundas, de declive suave, com areia e cascalho fino e médio (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Esta espécie está fortemente disseminada por toda a Península Ibérica, em permanente expansão, e ocorre nas zonas lânticas nomeadamente lagoas e troços de rios com escassa profundidade, de corrente lenta e densa vegetação, suportando bem a falta de oxigénio e as altas temperaturas.

Estatuto de conservação e ameaças

A perca-sol tem estatuto de Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN, no que respeita à sua conservação. Pelo contrário, esta espécie constitui um dos mais sérios problemas para a conservação dos peixes nativos e seria benéfico o controle dos efetivos nas albufeiras. Em Portugal e Espanha é proibida a restituição à água de qualquer exemplar capturado.

2.2.9. *Micropterus salmoides* - Achigã



Figura 10. *Micropterus salmoides* - Achigã.

Biologia

O achigã (Figura 10) é uma espécie predadora de superfície, que se alimenta predominantemente de peixes e crustáceos. Consome também insetos, anfíbios, micromamíferos e répteis. Não se alimenta no período reprodutivo nem quando a temperatura da água está fora do intervalo 5°C-37°C. A reprodução ocorre de Março a Maio/Julho e necessita de 15,5°C para se iniciar a desova. Esta ocorre em águas pouco profundas, ricas em vegetação e com fundo arenoso ou de gravilha, onde os machos escavam um pequeno ninho que defendem até ao fim da eclosão (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Peixe sedentário que prefere águas quentes, límpidas, vegetação abundante e baixa corrente. Nos rios coloniza tipicamente as zonas média e baixa. Os juvenis ocorrem em zonas mais baixas enquanto os adultos em maiores profundidades.

Estatuto de conservação e ameaças

O achigã tem estatuto de conservação de Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN, mas esta espécie levou à redução de algumas populações autóctones de ciprinídeos. A perca-sol faz parte da dieta do achigã, mas não é controlada por ele. Para manter populações de achigã nos locais onde possam estar em declínio pela pesca excessiva, pode-se repovoar com achigãs produzidos, praticar a pesca sem morte e reajustar do tamanho mínimo de captura.

2.2.10. *Pseudochondrostoma duriense* - Boga-do-norte



Figura 11. *Pseudochondrostoma duriense* - Boga-do-Norte.

Biologia

A boga-do-Norte (Figura 11) é uma espécie omnívora, alimentando-se de detritos e invertebrados, com hábitos alimentares diurnos. Esta espécie não tem dentes, possuindo um par de ossos dentro da garganta designados por "dentes faríngeos", usados para auxiliar o processo de digestão. O período de desova ocorre de Abril a Junho, após a migração subindo os rios para montante. Este peixe tem um comportamento gregário, podendo ser encontrado em grandes cardumes, especialmente na época da migração antes da desova (<http://www.arkive.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

A boga-do-Norte habita rios com correntes fortes, onde é geralmente encontrada nadando próximo ao leito do rio, podendo também ser encontrada em barragens.

Estatuto de conservação e ameaças

O *Pseudochondrostoma duriense* está classificado como vulnerável (VU) pelo IUCN. Quanto a ameaças, a construção de grandes barragens tem levado à destruição do seu habitat. O desvio de caudais, os resíduos agrícolas e industriais ea introdução de espécies exóticas como o a perca-sol (*Lepomis gibbosus*), o achigã (*Micropterus salmoides*), o lúcio (*Esox lucius*) e o lúcio-perca (*Sander lucioperca*) são importantes fatores de ameaça para a espécie.

2.2.11. *Pseudochondrostoma polylepis* - Boga-comum



Figura 12. *Pseudochondrostoma polylepis* - Boga-comum.

Biologia

A boga-comum (Figura 12) alimenta-se quase exclusivamente algas e detritos. Ocasionalmente ingere pequenos invertebrados artrópodes. As fêmeas fazem a postura em areia e gravilha. É um peixe gregário, especialmente na migração pré-reprodutora para montante (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

A boga-comum ocupa os troços médios dos rios, surgindo em zonas com corrente mas também em barragens. Existe uma associação entre a boga e zonas com elevada cobertura ripária.

Estatuto de conservação e ameaças

A boga-comum tem estatuto de conservação de Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN. A destruição das zonas de postura por extração de inertes e a construção de infraestruturas hidráulicas tem levado à redução do seu habitat. O aumento da poluição industrial, urbana e agrícola, a extração de água no período estival e a introdução de espécies exóticas, têm diminuído o efetivo desta espécie. Como medidas de conservação, podemos destacar o controlo e tratamento de efluentes de forma a reduzir a poluição, a correção dos impactos derivados das obras hidráulicas, a restrição das licenças de rega quando o nível das águas for muito baixo e aumentar o controlo das espécies exóticas.

2.2.12. *Salmo trutta* - Truta-fário



Figura 13. *Salmo trutta* - Truta-fário.

Biologia

A truta-fário (Figura 13) é uma espécie muito sensível às variações ambientais, muito exigente em oxigénio dissolvido, em águas frias e despoluídas. É muito procurada pelos pescadores e os stocks naturais não são suficientes para assegurar a espécie, pelo que é frequente fazerem-se repovoamentos. Alimenta-se de invertebrados, insetos, moluscos, peixes e rãs. A desova ocorre nos meses mais frios, entre dezembro e fevereiro. Os ovos são cobertos com cascalho pela fêmea e durante os primeiros dias após a eclosão, o jovem peixe utiliza os nutrientes do saco vitelino que veio da sua vida embrionária. Na natureza, podem viver até aos 5 anos (<http://www.arkive.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

A truta-fário é encontrada em toda a Europa, no curso médio e alto dos rios, com águas frias e bem oxigenadas.

Estatuto de conservação e ameaças

Ao nível global, a truta-fário está bem distribuída e é considerada Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN, mas em Portugal há bastantes regiões em que está em risco devido ao excesso de pesca desportiva e só permanece face aos repovoamentos.

2.2.13. *Squalius alburnoides* - Bordalo



Figura 14. *Squalius alburnoides* - Bordalo.

Biologia

O bordalo (Figura 14) alimenta-se principalmente de insetos, ingerindo também outras presas de invertebrados aquáticos, bem como sementes, material vegetal e areia (para facilitar a digestão). Os machos alimentam-se de forma mais restrita enquanto as fêmeas alimentam-se de uma maior diversidade de presas. O bordalo realiza a postura em zonas de cascalho com corrente (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

O bordalo vive em rios com corrente e maior granulometria do substrato, de reduzida largura e profundidade (0,3 a 0,7 m) e com abundância de macrófitas emergentes. Habita em zonas de corrente moderada a forte e está associado a rios com solos ácidos e a zonas não poluídas.

Estatuto de conservação e ameaças

O bordalo está classificado como vulnerável (VU) pelo IUCN, embora ainda com populações estáveis. A introdução de espécies exóticas piscívoras, a construção de infraestruturas hidráulicas sem passagem para peixes, o aumento da poluição industrial, urbana e agrícola, a extração de água e de inertes com a destruição das zonas de postura, são algumas das ameaças a esta espécie. Como medidas de conservação, temos o controlo e tratamento de efluentes, a correção dos impactos derivados das obras hidráulicas, a restrição das concessões de rega quando o nível das águas for muito baixo e o controlo das espécies exóticas.

2.2.14. *Squalius carolitertii* - Escalo-do-norte



Figura 15. *Squalius carolitertii* - Escalo-do-Norte.

Biologia

O escalo-do-Norte (Figura 15) ingere macroinvertebrados aquáticos e alevins de outros peixes. Enquanto juvenil é uma espécie omnívora (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Distribuição geográfica e habitat

Esta espécie vive em meios muito diversos, encontrando-se em zonas de montanha junto das trutas e em troços baixos dos rios, junto dos ciprinídeos de águas lânticas. Prefere os habitats de maiores profundidades e maiores velocidades de corrente, mas os juvenis escolhem zonas com mais abrigo, pouca profundidade e baixas velocidades de corrente. Para a reprodução, usa fundos de gravilha para construir os ninhos e desovar.

Estatuto de conservação e ameaças

Com estatuto de conservação de Pouco Preocupante (LC) pelo IUCN, esta espécie tem algumas ameaças tais como a construção de barragens sem passagens para peixes adequadas, o aumento da poluição industrial, urbana e agrícola, a introdução de espécies exóticas, a destruição das zonas de postura causada pela extração de inertes, são as principais ameaças para esta espécie. Como medidas de conservação, podemos referir a mitigação dos impactos derivados das obras hidráulicas, nomeadamente a construção de passagens para peixes, garantir o caudal ecológico no Verão, limitando as concessões de rega em alturas críticas, tratamento dos efluentes urbanos e agrícolas, correção do impacto das extrações de inertes e controlar a evolução das espécies exóticas.

2.3. O ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA

O Índice de Integridade Biótica (IIB) baseia-se no princípio das comunidades biológicas responderem às alterações de origem humana sobre os ecossistemas aquáticos, de forma previsível e quantificável, e foi proposto pela primeira vez por Karr (1981) nos Estados Unidos. Baseado na estrutura das comunidades piscícolas, este índice integrava componentes baseados na abundância relativa das espécies, composição trófica, tolerância e condição sanitária dos indivíduos.

A integridade biótica pode definir-se como “uma comunidade de organismos equilibrada e adaptada ao meio, com uma diversidade, uma composição em espécies e uma organização funcional, comparáveis às que seriam de esperar num sistema natural numa determinada região” (Karr e Dudley, 1981). Vários outros Índices de Integridade foram propostos desde então, sempre aplicados para estudar a diversidade e distribuição dos peixes. Todos estes índices são ferramentas importantes para avaliar o estado de saúde dos ecossistemas fluviais (Begon et al. 1996; Kwak e Peterson 2007; Paller et al. 2013).

O Índice de Integridade Biótica inclui parâmetros de relações entre e dentro das comunidades piscícolas, aos níveis da zoogeografia, ecossistema e população. Ao agrupá-los num só índice com base ecológica, o IIB é hoje uma das mais testadas ferramentas da biomonitorização, sendo também um instrumento imprescindível para a criação de medidas de ordenamento e gestão sustentável de populações piscícolas e seus ecossistemas.

2.4. A QUALIDADE DA ÁGUA

Como sabemos, muitos fatores naturais e antropogénicos podem ter um efeito direto no ambiente fluvial, nomeadamente nos recursos alimentares, distribuição de peixe, crescimento, sobrevivência e comportamento (Whitfield 1996; Pombo et al. 2005). A qualidade da água influencia diretamente os recursos piscícolas pelos efeitos diretos na sobrevivência, através dos efeitos negativos na alimentação dos peixes, tais como o plâncton e outros organismos aquáticos, resultando na diminuição da abundância e/ou diversidade das comunidades naturais de peixes (Huang e Xie, 1996; Wedemeyer, 1996; Molony, 2001; Xie y Chen, 2001; Ye, 2007; Ye et al., 2014).

Uma das maiores ameaças à degradação/perda do habitat, são as barragens ou açudes. Estas construções no rio e nos seus afluentes bloqueiam frequentemente a passagem de espécies de peixes migradores, alteram as condições hidrológicas, fragmentam os habitats fluviais e causam impactos graves no habitat dos peixes e na desova (Dudgeon 2000; He et al. 2011; Ye et al. 2014).

2.5. O MÉTODO DA ANÁLISE CANÓNICA DE CORRESPONDÊNCIA

2.5.1. PRINCÍPIOS DO MÉTODO

A análise canónica de correspondência (ACC) é um método de análise estatística multivariada, destinado a representar as relações ecológicas entre as espécies e o seu ecossistema e foi concebido de modo a quantificar gradientes ambientais a partir de conjuntos de dados ecológicos.

Estes gradientes, representados graficamente por um diagrama de ordenação, refletem a grandeza de cada parâmetro na influência que exerce sobre a distribuição geográfica das espécies. São também a base para descrever e visualizar sucintamente, as preferências de habitat diferencial das espécies estudadas (nichos) através de um diagrama de ordenação.

A ACC tem como objetivo explicar a variação na composição das espécies em valores de abundância relativa, ao passo que regressão linear e outros métodos lineares afins, tais como análise de redundância e a PLS (*partial least square*) têm como objetivo explicar a variação de valores de abundância absoluta.

Comparativamente a outros métodos possíveis de análise multivariada linear para relacionar dois conjuntos de variáveis, como é o caso do método dos Mínimos Quadrados Parciais de dois blocos (PLS2), o da Análise de Correlação Canónica ou da Análise de Redundância, a Análise Canónica de Correspondência revela-se mais adequada uma vez que as preferências de habitat por parte dos animais, nomeadamente em espécies de peixes, são vulgarmente funções unimodais de habitats variáveis (Greenacre, 2016).

Nos diagramas que representam graficamente um ecossistema através da ACC, temos pontos relativos às espécies identificadas e pontos relativos ao local (sítio) onde foram efetuadas as amostragens. Além dos pontos relativos a espécies e locais, temos os vetores correspondentes aos parâmetros ambientais que podem condicionar a distribuição zoogeográfica das espécies pelos locais de amostragem.

Esta metodologia dá uma avaliação da importância relativa dos parâmetros de qualidade da água para a distribuição zoogeográfica dos peixes. Também

fornece informação relevante sobre os fatores mais importantes que influenciam a distribuição do conjunto de peixes. O comprimento relativo de cada vetor revela a importância do fator ambiental. Assim, quanto mais longo for o vetor, maior será a influência do parâmetro na distribuição das espécies. Quanto à distribuição gráfica das espécies, quanto mais próximos estão os pontos das espécies, mais semelhante é a sua distribuição na natureza; podemos encontrar uma relação semelhante entre os vetores dos parâmetros ambientais (ter Brack, 1986). Se qualquer espécie for altamente influenciada por duas variáveis, será colocada ao longo do eixo criado por dois vetores e não no final de qualquer vetor (ter Brack 1986). A análise canónica de correspondência revela que as zonas de agrupamento correspondem a espécies semelhantes relativamente às preferências ambientais agrupadas perto dos correspondentes vetores de parâmetros de preferência (Zeng et al. 2017).

O comprimento vetorial de cada parâmetro no gráfico ACC revela a importância do parâmetro no que diz respeito à sua contribuição para a distribuição espacial das comunidades de peixes. Assim, quando temos vetores com comprimentos diferentes, podemos assumir efeitos diferentes na distribuição das espécies de peixes na ACC (Islam et al. 2017; Zeng et al. 2017).

Além do método permitir avaliar a afinidade das espécies por cada local ou conjunto de locais, permite também avaliar o contributo de cada parâmetro ambiental em estudo nessa distribuição. Cada vetor parâmetro (neste caso, de qualidade da água) dá-nos a correlação entre essa variável e a distribuição zoogeográfica das espécies, sendo uma importante ferramenta de apoio à decisão, uma vez que permite, por exemplo, perceber que parâmetros serão mais limitantes para o aparecimento de uma dada espécie num dado local, ou que medidas mitigadoras de impactes ambientais poderemos propor num local, de forma a potenciar a recuperação (ou reintrodução) com sucesso de uma espécie em risco.

2.5.2. INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS DE ACC

a) Espécies x Locais

A proximidade gráfica entre os pontos de espécie e os pontos de local, dá-nos uma informação importante que permite inferir a abundância relativa de cada espécie em cada local de amostragem, comparativamente a outros dos quais está mais afastada. Na verdade, a localização de cada espécie resulta da média ponderada da sua distribuição pelos locais e o fator de ponderação resulta da frequência dessa espécie em cada local.

Um dos princípios que descreve a razão desta distribuição é o denominado princípio do centróide (Braak e Verdonschot, 1995), segundo o qual, as espécies estão no centróide de seu nicho, ou seja, no baricentro dos pontos dos locais em que ocorrem. Assim, os locais que contêm uma espécie em particular estão distribuídos no diagrama em torno do ponto dessa espécie. A abundância inferida de uma espécie é, desta forma, máxima nos pontos de local que coincidem com o ponto de espécie e diminui em todas as direções à medida que os pontos de local se situam no gráfico, mais longe do ponto dessa espécie.

b) Espécies x Espécies

As distâncias entre os pontos das diferentes espécies representam as suas distâncias qui-quadrado. Estas distâncias qui-quadrado são medidas da dissemelhança entre o perfil de abundância de espécies diferentes, comparando um local em que uma espécie (k) é mais abundante relativamente a outra (l), podendo ser representadas pela fórmula (Braak e Verdonschot, 1995, Greenacre, 2016):

$$\delta_{kl} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_{i+}}{y_{i+}} \left(\frac{y_{ik}}{y_{+k}} - \frac{y_{il}}{y_{+l}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

As espécies que estão geometricamente perto no diagrama, deverão ser semelhantes no que respeita à sua distribuição entre os locais, ao passo que as espécies cujos pontos estão muito afastados, deverão ser diferentes no mesmo contexto. O motivo destas diferenças pode ser relativo aos parâmetros

ambientais diferentes entre locais ou, por exemplo, a barreiras físicas que tornam impossível a continuidade fluvial.

c) Locais x Locais

Também as distâncias gráficas entre os pontos representativos dos diferentes locais de amostragem são ilustrativas das distâncias qui-quadrado entre o perfil de abundâncias dos vários locais, definidos analogamente ao referido para o caso espécie x espécie.

As diferenças na abundância de espécies entre diferentes locais, não aumentam necessariamente a dissemelhança entre esses locais (Greenacre, 2016), embora a ACC possa integrar a tendência em riqueza de espécies, tal como demonstrado por Iwatsubo (1984).

d) Locais x Vetores ambientais

Os pontos do local e os vetores dos parâmetros ambientais representam conjuntamente uma medida útil para a interpretação da distribuição geográfica das características físico-químicas da água. Assim, os pontos de localização graficamente perto da extremidade do vetor têm uma correspondência positiva máxima com esse parâmetro da água. Por sua vez, o comprimento do vetor é proporcional à grandeza da correlação existente entre esse parâmetro ambiental e a distribuição das espécies pelos locais. Podemos ainda dizer que quaisquer dois pontos situados na mesma perpendicular a um vetor ambiental, em nada diferem entre si no que respeita a esse parâmetro. Os pontos de local que se situam com valores ambientais inferiores à média de um determinado parâmetro, localizam-se graficamente no prolongamento negativo desse vetor, enquanto os que se localizam na perpendicular ao vetor no seu ponto de origem, têm valores médios relativamente a esse parâmetro ambiental.

e) Espécies x Vetores ambientais

Como já se tinha descrito, os pontos das espécies resultam das médias ponderadas das suas distribuições pelos locais. No entanto, a sua distribuição é também aferida pela projeção sobre cada vetor dos parâmetros ambientais, com os quais está correlacionada positiva ou negativamente. Tal como se tinha visto

no caso da relação "locais x vetores ambientais", também nas "espécies x vetores ambientais", se pode ler a projeção do ponto da espécie no vetor ambiental, como maior ou menor que a média do parâmetro em causa.

Informalmente, o comprimento de um vetor ambiental indica a importância da variável. Mais formalmente, pode-se dizer que (1) o comprimento é igual à correlação múltipla da variável com os eixos de ordenação exibidos e, portanto, indica quão bem os valores da variável é exibida no gráfico *biplot* de locais e variáveis ambientais, (2) o comprimento de cada vetor é igual à taxa máxima de alteração da variável ambiental e, portanto, variáveis ambientais com vetores curtos, não vão ter muita influência na distribuição dos pontos de espécie ou de local e, (3) o comprimento é igual à grandeza do efeito que a variável correspondente tem sobre as pontuações de ordenação no ranking dos parâmetros ambientais.

f) Ranking dos parâmetros ambientais

É importante nalguns casos classificar as variáveis ambientais segundo o seu grau de importância para a determinação a composição das espécies numa região ou num local. Um objetivo relacionado com este é o de reduzir um grande conjunto de variáveis a um conjunto menor que, mesmo assim, seja suficiente para explicar a variação na composição das espécies. Estas variáveis ambientais podem ser classificadas e selecionadas em ACC de várias formas e, por exemplo, podem ser utilizadas como preditores da existência ou inexistência de certas espécies em determinados locais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um conjunto de saídas de campo, efetuadas em diferentes épocas do ano, de modo a avaliar diferentes realidades do curso de água, dependentes da temperatura e caudal. Estas saídas de campo ocorreram entre maio de 2011 e abril de 2013, nos períodos de abril a junho e de agosto a outubro, e permitiram a captura de exemplares de fauna piscícola através do método de pesca elétrica e possibilitaram a realização do diagnóstico do grau de perturbação dos sistemas fluviais. Foi assim avaliado o estado das comunidades piscícolas, nomeadamente em termos do número de espécies existentes, frequência de exemplares de cada espécie e dimensões dos indivíduos, a montante e a jusante dos pontos de perturbação identificados. Estes dados permitiram, em conjunto com outros parâmetros biológicos, calcular o índice de integridade biótica de cada local.

Os troços de rio em que este estudo incidiu abrangeram uma extensão total de 134 km de rio, com 34 pontos de amostragem (posteriormente reduzidos para 30 para eliminar informação redundante), tendo sido efetuado um total de 75 amostragens de fauna piscícola por pesca elétrica, com um mínimo de duas amostragens por ponto em diferentes épocas do ano (média de 2,2 amostragens por ponto).

Simultaneamente, em cada um dos pontos de amostragem, foram realizadas análises à qualidade da água de forma a estudar as possíveis relações entre a distribuição zoogeográfica da fauna piscícola e a qualidade da água. Foram analisados 23 parâmetros físico-químicos da água, em duplicado por cada ponto de amostragem, posteriormente reduzidos aos 13 mais significativos, tendo sido realizadas 3450 análises da água ($23 \times 2 \times 75$).

Estes dados permitiram finalmente realizar uma Análise Canónica de Correspondência para analisar o efeito dos principais fatores ambientais na composição e distribuição espacial da comunidade de peixes e, deste modo, propor diretrizes futuras para a gestão, proteção e restauração dos ecossistemas fluviais.

Nas páginas seguintes estão descritas detalhadamente as metodologias seguidas.

3.1. A SELEÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Após reuniões com as autarquias dos cinco concelhos, foi efetuada a seleção dos locais de estudo, num total de 30 pontos de amostragem, distribuídos pelas três bacias hidrográficas (Figura 16). Os critérios que presidiram a esta seleção resultaram do consenso atingido entre as propostas e esclarecimentos de algumas dúvidas por parte das autarquias, que se prenderam com a realidade local, os objetivos científicos do trabalho e as limitações de meios envolvidos.

De um modo geral, foram escolhidos inicialmente todos os pontos onde seria previsível que a qualidade da água do rio pudesse ser afetada por causas humanas, nomeadamente efluentes de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) ou zonas de descontinuidade da velocidade da corrente, como acontece nas barragens ou açudes. Em seguida, foram hierarquizados por ordem da previsibilidade da sua importância como fator perturbador dos ecossistemas e escolhidos os que se enquadraram na exequibilidade do estudo.

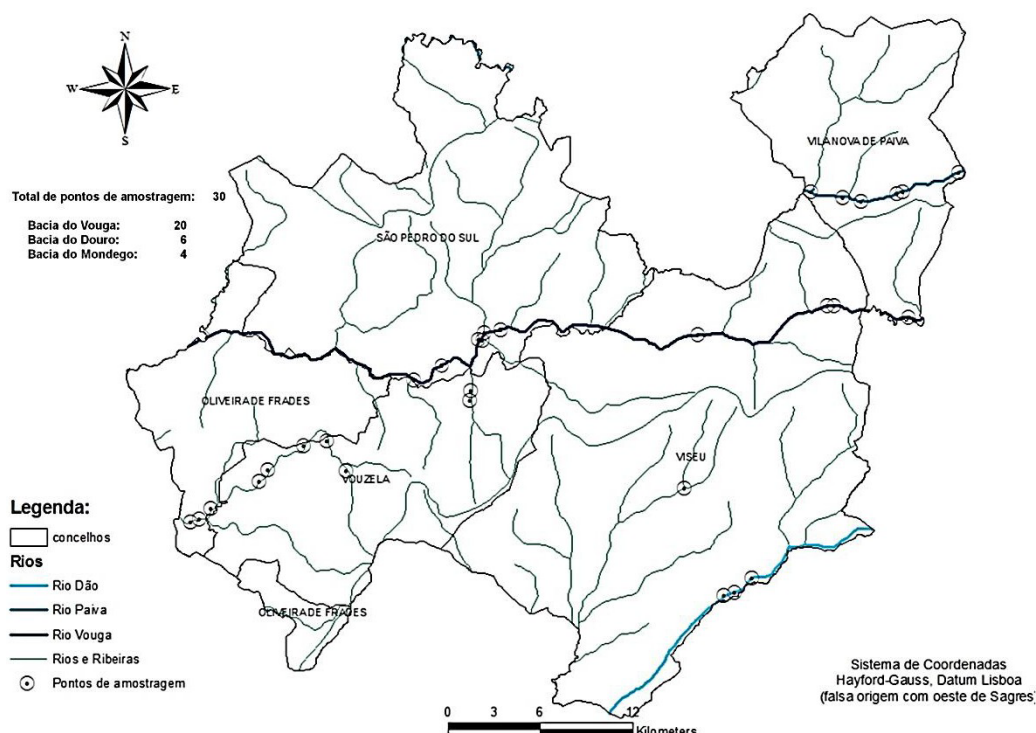


Figura 16. Localização dos pontos de amostragem.

No caso das ETAR, é previsível que possa haver um efeito acrescido de contaminação das águas no verão, motivado, por um lado, pelo aumento das

populações rurais devido ao regresso dos emigrantes e, por outro, pelo menor caudal estival e maior temperatura das águas, serem fatores potenciadores dos riscos de maior concentração dos efluentes das ETAR. Por fim, as águas mais quentes também potenciam o crescimento vegetal e microbiano, competidor com os peixes pelo oxigénio dissolvido na água, sempre presente em menores concentrações em águas mais quentes.

No caso das barragens e açudes, estes podem ser um obstáculo intransponível para os peixes migradores diádromos ⁽¹⁾ ou potamódromos ⁽²⁾. As passagens para peixes nem sempre existem ou nem sempre são eficazes.

Além disso, a diferença da velocidade da água entre a parte superior e inferior de uma barragem causa sempre um efeito depressivo no teor em oxigénio dissolvido na parte a montante. Por um lado, a água quase estática é responsável por uma menor oxigenação da mesma, comparativamente com o troço a jusante. Poderemos esperar também na zona a montante uma maior estratificação térmica, ao contrário da zona a jusante que, pela constante mistura com o ar em correntes mais rápidas, tem temperatura mais homogénea e idêntica à do ar.

Em situações extremas de águas paradas, principalmente se houver fertilização motivada pelas escorrências das chuvas em terrenos agrícolas adjacentes fertilizados com fósforo e azoto, pode haver uma proliferação exacerbada de microalgas à superfície, acentuada com águas mais quentes. Este *boom* de microalgas impede a luz solar de penetrar em camadas mais profundas, levando à morte e putrefação das microalgas e plantas aquáticas, o que provoca a eutrofização dessas águas, com mortalidades maciças da fauna piscícola por falta de oxigénio.

Tendo em conta estes fatores condicionantes da descontinuidade fluvial em cada concelho, foram selecionados os trinta pontos de amostragem referidos, caracterizados no Quadro 1.

⁽¹⁾ Diádromo: Espécie que, ao longo do seu ciclo de vida e, normalmente para se reproduzir, efetua migrações entre o mar e o rio (anádromos) ou vice-versa (catádromos).

⁽²⁾ Potamódromo: Espécie que, ao longo do seu ciclo de vida, para se reproduzir ou por outros motivos, nomeadamente alimentares ou ambientais, migra mas sempre em água doce.

Quadro 1. Caracterização dos pontos de amostragem nos 5 concelhos.

PONTOS DE AMOSTRAGEM	Rio	Bacia Hidrográfica	Critério de amostragem*	Altitude (m)
VILA NOVA DE PAIVA (VNP)				
Azenha + Canal	Paiva	Douro	VNP +	750
Montante ETAR VNP	Paiva	Douro	ETAR +	737
Jusante ETAR VNP	Paiva	Douro	ETAR -	726
Montante ETAR Fráguas	Paiva	Douro	ETAR +	679
Jusante ETAR Fráguas	Paiva	Douro	ETAR -	589
Covo (Entre-os-rios)	Covo (Paiva)	Douro	Afluente	570
Montante ETAR Lousadela	Vouga	Vouga	ETAR +	553
UISEU				
Montante Açude Ponte Vouguinha	Vouga	Vouga	Açude + / ETAR -	499
Jusante Açude Ponte Vouguinha	Vouga	Vouga	Açude -	489
Almargem	Vouga	Vouga	Açude - -	431
Jusante ETAR Fragosela	Dão	Mondego	ETAR -	237
Montante Alcafache	Dão	Mondego	Alcafache +	231
Jusante Alcafache	Dão	Mondego	Alcafache -	227
Parque linear Pavia	Pavia (Dão)	Mondego	Viseu	437
SÃO PEDRO DO SUL (SPS)				
Montante SPS (Central elétrica)	Vouga	Vouga	SPS +	173
Montante Lenteiro (Sul)	Sul	Vouga	Afluente	163
Jusante Lenteiro - ilha (Vouga)	Vouga	Vouga	Afluente +	160
Jusante ribeira Telheiro	Vouga	Vouga	Afluente -	159
Jusante Termas SPS	Vouga	Vouga	Termas - / ETAR +	145
Jusante ETAR SPS/Vouzela	Vouga	Vouga	ETAR -	136
VOUZELA				
Montante ETAR Fataunços	Ribamá	Vouga	ETAR +	225
Jusante ETAR Fataunços	Ribamá	Vouga	ETAR -	215
Jusante ETAR Cambra (= Couto)	Alfusqueiro	Vouga	ETAR -	454
Montante Barragem Cercosa**	Alfusqueiro	Vouga	Barragem +	374
Jusante Barragem Cercosa	Alfusqueiro	Vouga	Barragem -	360
OLIVEIRA DE FRADES (OLF)				
Montante barragem Cainhas	Alfusqueiro	Vouga	Barragem +	413
Jusante barragem Cainhas	Alfusqueiro	Vouga	Barragem -	401
Montante do rio do Carregal	Alfusqueiro	Vouga	Afluente +	279
Montante açude Destriz***	Alfusqueiro	Vouga	Açude + / Afluente	210
Jusante açude Destriz	Alfusqueiro	Vouga	Açude -	205

* Os símbolos + e - significam a montante e a jusante, respetivamente.

** Montante Barragem Cercosa = Jusante de Porto da Várzea (Oliveira de Frades).

*** Montante açude Destriz = Jusante do afluente rio do Carregal.

3.2. O MÉTODO DE AMOSTRAGEM - PESCA ELÉTRICA

As espécies de ictiofauna dulciaquícola identificadas neste estudo, foram resultado de amostragem recorrendo à metodologia conhecida por pesca elétrica. Este é o método mais utilizado atualmente e que garante o melhor compromisso entre, por um lado, o rigor científico das amostragens quando bem executado e, por outro, a restituição dos peixes vivos e saudáveis à água. Os estudos biogeográficos que pretendem obter informação abundante sobre a distribuição de espécies piscícolas por vastas áreas de extensas bacias hidrográficas, têm na pesca elétrica uma ferramenta preciosa de apoio à obtenção sistemática de dados biológicos com a garantia de minimização de impacto sobre as comunidades e ecossistemas.

A Diretiva nº 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 23 de Outubro de 2000 (Diretiva Quadro da Água - DQA), transposta para a legislação nacional pela Lei da Água, Lei nº58/2005, de 29 de Dezembro e pelo Decreto-Lei nº77/2006, de 30 de Março, veio tornar mais premente a necessidade de, a nível nacional, se desenvolver um esforço de normalização dos métodos de amostragem de elementos de qualidade biológica, designadamente na perspetiva dos programas de monitorização. Na elaboração do protocolo para a fauna piscícola, que este estudo seguiu (INAG, I.P. 2008.), teve-se em conta a Norma EN 14011 (2003) *Water quality - sampling of fish with electricity* com as necessárias alterações dadas as características dos cursos de água portugueses e a necessidade de produzir um protocolo, na medida do possível, simples, claro e objetivo.

O equipamento de pesca elétrica utilizado (SAMUS 725 MP) é um dispositivo e uma bateria recarregável de boa portabilidade (Figura 17), capaz de ser facilmente carregado em mochila pelo operador principal (Figura 18). Os troços de rio amostrados foram percorridos a pé, sempre com a necessária proteção individual de toda a equipa técnica, nomeadamente botas de borracha ou neoprene com peito e luvas de borracha, operando o equipamento de pesca elétrica em movimentos tipo "zigzague" entre margens, de jusante para montante, de modo a assegurar a cobertura de todos os habitats do rio.

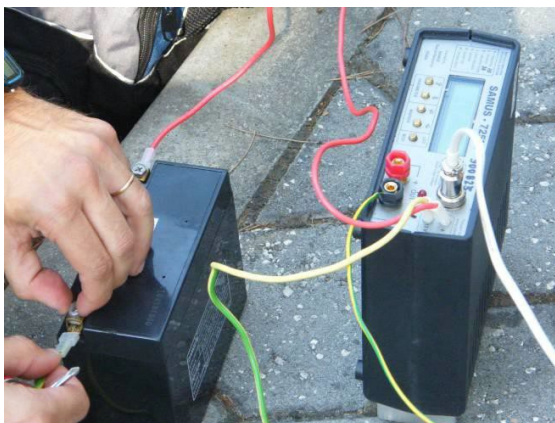


Figura 17. Aparelho de pesca elétrica e bateria. **Figura 18.** Pesca elétrica portátil (mochila).

Em todos os pontos de amostragem foi feita a descrição do habitat fluvial e ripícola, bem como a caracterização do estado do tempo e a sua georreferenciação. Durante a amostragem os peixes, estes são submetidos a uma descarga elétrica capaz de os atordoar e permitir a sua captura (Figuras 19 e 20), sendo colocados em recipientes com água de modo a recuperarem.



Figura 19. Captura de um barbo-comum.



Figura 20. Recolha do exemplar capturado.

No final da amostragem, foi contabilizado o número total e o comprimento dos indivíduos pertencentes a cada espécie capturada (Figura 21), tendo sido restituídos imediatamente à água todos os indivíduos (Figura 22), com uma taxa de sobrevivência próxima dos 100%. Todos os dados recolhidos foram registados em fichas de campo apropriadas (Figura 23). Paralelamente, foram registados dados *in situ* de alguns parâmetros físico-químicos da água (temperatura, pH e oxigénio dissolvido) e recolhidas amostras de água para posteriores análises laboratoriais aos restantes parâmetros.



Figura 21. Medição de um escalo-do-Norte (*Squalius carolitettii*).



Figura 22. Devolução de uma truta-fário (*Salmo trutta*).

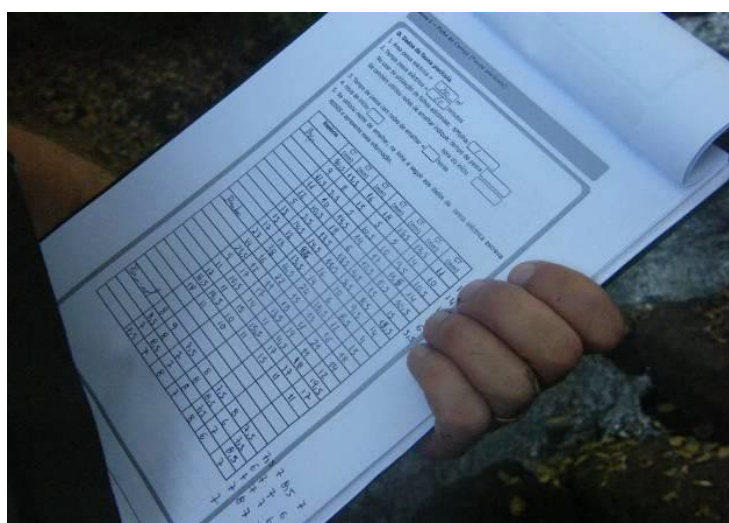


Figura 23. Registo de dados na ficha de campo.

3.3. O ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA

Neste trabalho foi usado o Índice de Integridade Biótica (IIB) proposto por Oliveira *et al* (2007) no Projeto Aquariport, cujos índices são compostos por um conjunto de atributos (métricas) capazes de caracterizar a estrutura e funcionamento das comunidades, tais como, o número de espécies nativas ou a percentagem de indivíduos de espécies intolerantes. As métricas são depois quantificadas para poderem funcionar como estimativa do grau de pressão humana sobre esses ecossistemas (Quadro 2).

Quadro 2. Pontuações para cada métrica (adaptado de Oliveira *et al*, 2007).

Métrica	Critério de pontuação		
	5	3	1
Número de espécies nativas (%) ^a	> 67	33-67	< 33
Indivíduos pertencentes a espécies nativas (%) ^b	> 90	70-90	< 70
Indivíduos pertencentes a espécies muito tolerantes (%) ^b	< 25	25-60	> 60
Indivíduos pertencentes às espécies <i>Squalius alburnoides</i> ou <i>Achondrostoma oligolepis</i> (%) ^b	> 15	5-15	< 5
Indivíduos pertencentes a espécies invertívoras pelágicas (%) ^b	> 60	20-60	< 20
Abundância de <i>Procambarus clarkii</i> ^c	Ausente (0)	Pouco abundante (1-5)	Muito abundante (> 5)
Capturas por 100 m ² de amostragem (%) ^{a,b}	> 67	33-67	< 33
Indivíduos com anomalias (%) ^b	< 2	2-5	> 5

^a a pontuação depende da largura do rio.

^b só se consideram os exemplares com um comprimento total superior a 5 cm, exceto no caso das espécies de pequeno tamanho como *Gambusia holbrooki*, em que se consideram todos os indivíduos capturados.

^c foram considerados os valores por cada 30 min. de pesca: 0 (ausente); 1 a 5 (pouco abundante) e >5 (muito abundante). Os valores dos intervalos foram adaptados, por serem inexistentes na bibliografia original.

Em cada ponto de amostragem, o valor numérico obtido para cada uma das métricas é comparado com os valores ideais (locais de referência) e a soma da pontuação obtida em todas as métricas reflete o grau de perturbação do estado ecológico desse local (Quadro 3). Desta forma é possível quantificar a extensão das perturbações antropogénicas nos ecossistemas aquáticos.

Quadro 3. Índice de Integridade Biótica segundo a pontuação obtida (Oliveira *et al*, 2007).

Integridade Biótica	Pontuação	Descrição
EXCELENTE	36 - 40	Ótima qualidade ambiental, comparável aos locais de referência; elevada condição das comunidades piscícolas
BOA	32 - 34	Razoável qualidade ambiental; alguma perturbação de natureza humana nas comunidades piscícolas
FRACA	20 - 30	Marcada desqualificação ambiental; comunidades piscícolas significativamente alteradas
MUITO FRACA	8 - 18	Locais muito degradados, com elevada perturbação humana; comunidades piscícolas extremamente alteradas e dificilmente recuperáveis

Assim, ao incluir parâmetros das relações entre e dentro das comunidades piscícolas, ao nível da zoogeografia, ecossistema e população, e ao agrupá-los num só índice com base ecológica, o IIB é uma das mais testadas ferramentas de biomonitorização. É um instrumento imprescindível para a criação de medidas de ordenamento e gestão sustentável de populações piscícolas e seus ecossistemas.

Em relação à origem das espécies, da totalidade de catorze identificadas neste estudo, a maioria (10) são consideradas nativas e temos quatro classificadas como exóticas (*Lepomis gibbosus* - perca-sol, *Carassius auratus* - pimpão, *Gambusia holbrooki* - gambúsia e *Micropterus salmoides* - achigã).

Relativamente à métrica das espécies designadas por invertívoras pelágicas, a preferência alimentar das espécies invertívoras (guilda trófica), corresponde às que têm uma proporção elevada da dieta constituída por invertebrados aquáticos. Quanto à zona preferencial de alimentação, as espécies pelágicas alimentam-se preferencialmente na coluna da água e à superfície.

É de referir que, por motivos de coerência no cálculo do IIB, na contabilização da percentagem de espécies invertívoras, excluem-se as espécies tolerantes, e quanto às pelágicas só se consideram as nativas. Assim, para a métrica das espécies invertívoras pelágicas, apenas se consideraram as espécies *Salmo trutta* (truta-fário) e *Squalius alburnoides* (bordalo).

Na nossa opinião, este Índice de Integridade Biológica, mede a qualidade ecológica de um curso de água do ponto de vista da fauna piscícola, num dado momento. Entendemos, contudo, que esta classificação é excessivamente

restritiva e penalizadora, não prevendo a potencialidade de recuperação do mesmo a médio-longo prazo. Se analisarmos a grandeza das métricas, a variação possível da pontuação do IIB pode oscilar entre os 8 e os 40 pontos. Para esta variação máxima de 32 pontos, podemos então considerar que, em termos médios, e seguindo uma distribuição qualitativa mais clássica, os primeiros 16 pontos corresponderiam a uma Integridade Biótica média negativa e os segundos 16 pontos poderiam ser incluídos numa classificação positiva, o que, a somar aos 8 pontos de base, teríamos Integridades Bióticas negativas até aos 24 pontos e positivas acima daquele valor. E se criarmos mais classes, podemos ainda subdividir estes dois intervalos, de modo a ficar com quatro classes de uma nova classificação a que poderíamos chamar Índice de Integridade Biótica Corrigida (IIBC), cujos intervalos podemos ver no Quadro 4.

Quadro 4. Índice de Integridade Biótica Corrigida segundo a pontuação obtida.

Integridade Biótica Corrigida	Pontuação
EXCELENTE	34- 40
BOA	26- 32
FRACA	16- 24
MÁ	8- 14

Em alguns pontos de amostragem de elevada contaminação no final do verão, com IIB muito fracos, na amostragem seguinte em abril/maio, a recuperação destes locais foi uma realidade. As métricas em agosto/setembro são muito fracas, mas não dificilmente recuperáveis como no método inicial refere (Oliveira et al., 2007). O que verificámos pela amostragem de fauna nesses pontos e nos pontos limítrofes, é que no verão, as espécies mais sensíveis, nativas, bioindicadores de boa qualidade ambiental, deslocam-se para áreas mais favoráveis, a montante ou entram em afluentes de melhor qualidade da água. Quando as chuvas regressam e a qualidade da água melhora, regressam aos locais de origem aumentando a sua percentagem e diminuindo a das espécies resistentes, melhorando assim o IIB. É então proposta aqui uma correção do IIB clássico, em face da capacidade de adaptação verificada, porque em locais com IIB de 16 e 18 em setembro (muito fraca), recuperam facilmente quando as chuvas regressam. Quando estes valores passam de IIB muito fraca para fraca (IIBC), já reflete a realidade do local ser recuperável. Os restantes escalões foram depois ajustados de forma proporcional.

3.4. AS ANÁLISES DE ÁGUA

As análises da água foram efetuadas em cada ponto de amostragem, no final de cada amostragem e registo da fauna piscícola.

A metodologia analítica para quantificação dos parâmetros físico-químicos da água está descrita detalhadamente nos anexos. Todas as análises exceto a temperatura e pH foram efetuadas segundo os protocolos presentes no manual de instruções do equipamento utilizado - fotómetro de análise de água multiparâmetros Hanna HI 83200 (Figura 24).



Figura 24. Análise dos parâmetros físico-químicos da água.

Efetuuou-se uma recolha de água em cada um dos pontos após a qual se seguiu de imediato a análise correspondente, segundo os métodos resumidos em seguida descritos.

3.4.1. Temperatura

Mediu-se a temperatura utilizando um termómetro digital flutuante (Figura 25) em imersão e estabilização na água nos pontos de amostragem durante 5 minutos, após os quais foram registados os valores com a exatidão de uma casa decimal.



Figura 25. Medição da temperatura da água.

3.4.2. Oxigénio dissolvido

A análise do oxigénio dissolvido (mg/L) foi efetuada com o fotómetro de análise de água multiparámetros (Figura 26) através do método adaptado do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18ª edição, método de Winkler modificado Azide (Anexo 1).



Figura 26. Medição do oxigénio dissolvido na água.

3.4.3. pH

A análise do pH foi efetuada utilizando um potenciómetro portátil para aquacultura (Figura 27) - Hanna HI 98103.



Figura 27. Medição do pH da água.

4. Compostos amoniacais

A análise dos compostos amoniacais (mg/L), nomeadamente o amoníaco e a amónia, foi feita através do método adaptado do ASTM Manual of Wastewater and Environmental Technology, D1426-92, método Nessler (Anexo 2).

5. Dureza de Cálcio

A análise da dureza do cálcio (°d) foi efectuada através do método adaptado do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18ª edição, método calmagite (Anexo 3).

6. Dureza de Magnésio

A análise da dureza do magnésio ($^{\circ}\text{d}$) foi efectuada através do método adaptado do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18^a edição, método colorimétrico EDTA (Anexo 4).

7. Ferro

A análise do ferro (mg/L Fe) foi efectuada através da adaptação do método EPA da Fenantrolina 315B, por águas naturais ou tratadas (Anexo 5).

8. Fosfato

A análise do fosfato (mg/L PO_4^{3-}) foi efectuada através da adaptação do método Ácido áscórbico (Anexo 6).

9. Fósforo

A análise do fósforo (mg/L P) foi efectuada através do método adaptado do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18^a edição, método Amino-ácido (Anexo 7).

10. Nitritos

A análise dos nitritos (mg/L NO_2^-) foi efectuada através do método adaptado Sulfato ferroso (Anexo 8).

3.4.11. Nitratos

A análise dos nitratos (mg/L NO_3^-) foi efectuada através do método adaptado da Redução de Cádmio (Anexo 9).

3.4.12. Sulfato

Análise do sulfato (mg/L SO_4^{2-}) foi efectuada através da precipitação com cristais de cloreto de bário. A absorvância da luz suspensa é medida (Anexo 10).

3.5. A ANÁLISE CANÓNICA DE CORRESPONDÊNCIA

Um dos objetivos deste estudo foi verificar o efeito da qualidade da água, nomeadamente dos seus parâmetros físico-químicos, na distribuição zoogeográfica da fauna piscícola pela área de estudo. Para este efeito, recorreu-se à metodologia da análise canónica de correspondência para estabelecer as correlações entre a distribuição de frequência das espécies e a qualidade da água, passível de ser alterada por causas antropogénicas.

Neste caso, perante uma gama alargada de parâmetros físico-químicos da água em estudo, fomos obrigados a restringir os mesmos a 13, abdicando de alguns que se mostraram linearmente dependentes de outros, para permitir um tratamento estatístico dos dados mais robusto e para simplificar as conclusões quanto às relações de dependência entre a distribuição zoogeográfica da ictiofauna e a qualidade da água dos rios.

Neste trabalho foi aplicada a metodologia da Análise Canónica de Correspondência do programa XLSTAT 2015[®], que relaciona a distribuição espacial das espécies com os parâmetros ambientais que condicionam a sua frequência em cada habitat.

4. RESULTADOS, DISCUSSÃO E PROPOSTAS

4.1. COMUNIDADES PISCÍCOLAS

4.1.1. AS ESPÉCIES IDENTIFICADAS

Foram identificadas neste estudo, as seguintes 14 espécies de fauna piscícola, previamente descritas no Capítulo 2: Panjorca (*Achondrostoma arcasii*), Ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*), Enguia-europeia (*Anguilla anguilla*), Barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*; sin: *Barbus bocagei*), Pimpão (*Carassius auratus*), Verdemã-comum (*Cobitis paludica*), Gambúsia (*Gambusia holbrooki*), Perca-sol (*Lepomis gibbosus*), Achigã (*Micropterus salmoides*), Boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*), Boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*), Truta-fário (*Salmo trutta*), Bordalo (*Squalius alburnoides*), e Escalo-do-Norte (*Squalius carolitertii*).

Seguidamente, serão apresentados e discutidos os resultados das comunidades piscícolas em cada município.

4.1.2. AS COMUNIDADES PISCÍCOLAS POR CONCELHO

a) VILA NOVA DE PAIVA

Nos pontos de amostragem monitorizados no concelho de Vila Nova de Paiva, foram identificadas um total de seis espécies piscícolas, das quais o ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) representa metade das capturas realizadas (49,7%). Com valores mais reduzidos temos o escalo-do-Norte (*Squalius carolitertii*) com 29,5%, o bordalo (*Squalius alburnoides*) com 9,7%, a truta-fário (*Salmo trutta*) com 7,1%, a boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*) com 3,6 % e a boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*) com 0,4% (Quadro 5 e Figura 28).

Neste concelho não foi capturado qualquer exemplar das espécies exóticas identificadas neste estudo, ao contrário do que aconteceu na totalidade dos restantes concelhos deste estudo.

Podemos assim dizer que este concelho estará ainda, muito provavelmente, bem preservado do ponto de vista das espécies exóticas, nomeadamente no rio Paiva, uma vez que não poderemos garantir que o rio Vouga, a sul do concelho, não tenha já a presença de espécies exóticas, apesar de não terem sido capturadas nas amostragens efetuadas.

Quadro 5. Espécies piscícolas capturadas em Vila Nova de Paiva.

Nome científico	Nome comum	Capturas	
		Nº	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	337	49,7
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	Boga-do-Norte	24	3,5
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Boga-comum	3	0,4
<i>Salmo trutta</i>	Truta-fário	48	7,1
<i>Squalius alburnoides</i>	Bordalo	66	9,7
<i>Squalius carolitertii</i>	Escalo-do-Norte	200	29,5

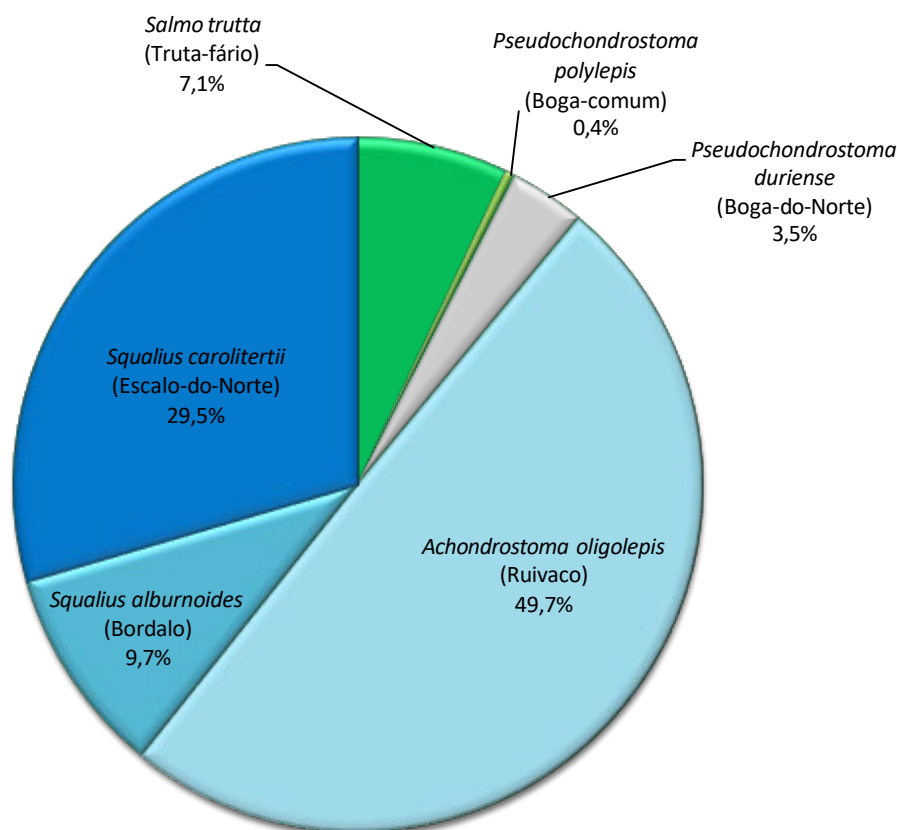


Figura 28. Distribuição percentual das espécies capturadas em Vila Nova de Paiva.

No Quadro 6 está apresentada a distribuição percentual das espécies piscícolas identificadas, em cada ponto de amostragem do concelho de Vila Nova de Paiva.

Quadro 6. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Vila Nova de Paiva.

Nome científico (nome comum)	Azenha + Canal	Mont. ETAR VNP	Jus. ETAR VNP	Mont. ETAR Frág.	Jus. ETAR Frág.	Covo*	Mont. ETAR Lous.
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	75,1	31,4	27,0	48,7	42,4	10,0	34,0
<i>Pseud. duriense</i> (Boga-do-Norte)	1,6	0	2,7	7,7	9,1	25,0	0
<i>Pseud.. polylepis</i> (Boga-comum)	0	0	0	0	0	0	3,1
<i>Salmo trutta</i> (Truta-fário)	4,2	8,6	1,4	0,9	30,3	40,0	10,3
<i>Sq. alburnoides</i> (Bordalo)	0	0	0	23,9	0	0	0
<i>Sq. carolitertii</i> (Escalo-do-Norte)	19,0	60,0	68,9	18,8	18,2	25,0	52,6

* Covo: Entre os rios = Vila Cova à Coelheira

Verifica-se que a boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*) apenas se pôde encontrar no rio Vouga (montante da ETAR de Lousadela), o que está de acordo com a distribuição esperada para esta espécie, uma vez que no rio Paiva, já pertencente à bacia hidrográfica do rio Douro, só se encontra a boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*).

A montante da ETAR de Fráguas, encontrámos 23,9% de bordalos (*Squalius alburnoides*), mas não foi possível identificar mais nenhum exemplar em qualquer outro ponto de amostragem do concelho. A estranheza deste facto leva-nos a suspeitar que, provavelmente, ou estamos perante um híbrido morfológicamente semelhante, não se tratando exatamente de *Squalius alburnoides*, ou há uma localização muito bem definida e concentrada desta espécie neste local, facto que poderia ser motivado pela zona tampão criada pela ETAR de Fráguas logo a jusante e a ETAR de Vila Nova de Paiva, situada exatamente 3 km a montante deste ponto. No caso da ETAR de Fráguas a jusante, não será certamente pela contaminação da água, uma vez que encontrámos aí 30,3% de truta-fário (*Salmo trutta*), bastante mais sensível à qualidade da água, mas possivelmente pela predação destas mesmas trutas em relação aos bordalos, suas presas habituais. Em qualquer caso, este assunto merece um esclarecimento em trabalhos futuros com repetição das amostragens neste ponto e em pontos limítrofes para esclarecer este facto, eventualmente recorrendo a análises moleculares.

b) VISEU

No conjunto dos pontos de amostragem monitorizados no concelho de Viseu, foram identificadas um total de 14 espécies de peixes, tendo sido o concelho que revelou a diversidade mais elevada a este nível. As espécies endógenas *Pseudochondrostoma polylepis* (boga-comum), *Luciobarbus bocagei* (barbo-comum), *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), *Squalius alburnoides* (bordalo) e a espécie exótica *Lepomis gibbosus* (perca-sol), apresentam valores de cerca de 15 a 20% cada. Todas as outras apresentam valores residuais com exceção de *Salmo trutta* (truta-fário) com 4,7% e de *Squalius carolitertii* (escalo-do-Norte) com 2,9% (Quadro 7 e Figura 29).

Quadro 7. Espécies piscícolas capturadas em Viseu.

Nome científico	Nome comum	Capturas	
		Nº	(%)
<i>Achondrostoma arcasii</i>	Panjorca	21	1,43
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	230	15,7
<i>Anguilla anguilla</i>	Enguia-europeia	2	0,1
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Barbo-comum	296	20,2
<i>Carassius auratus</i>	Pimpão	15	1,0
<i>Cobitis paludica</i>	Verdemã-comum	6	0,4
<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambúsia	7	0,5
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perca-sol	305	20,8
<i>Micropterus salmoides</i>	Achigã	11	0,8
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	Boga-do-Norte	1	0,1
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Boga-comum	233	15,9
<i>Salmo trutta</i>	Truta-fário	69	4,7
<i>Squalius alburnoides</i>	Bordalo	225	15,4
<i>Squalius carolitertii</i>	Escalo-do-Norte	43	2,9

É de salientar, pela negativa, a presença bastante significativa da espécie invasora perca-sol. Esta foi encontrada no rio Pavia mas, principalmente, no rio Dão. Algumas espécies apenas foram capturadas no concelho de Viseu como são os casos do *Achondrostoma arcasii* (panjorca), *Micropterus salmoides* (achigã), *Carassius auratus* (pimpão) e *Gambusia holbrooki* (gambúsia), sendo as três últimas consideradas exóticas.

Pelo contrário, destacamos pela positiva no concelho de Viseu a inexistência de qualquer captura de exemplares de espécies exóticas nos pontos de amostragem do rio Vouga. Apesar de não podermos garantir a sua inexistência nestes locais, mas a existirem, serão ainda residuais e eventualmente controladas. De facto, só encontramos estas espécies exóticas no rio Vouga em concelhos a jusante de Viseu, o que merece a nossa maior atenção futura no sentido de monitorizar esta realidade do ponto de vista biogeográfico e ao longo dos próximos anos.

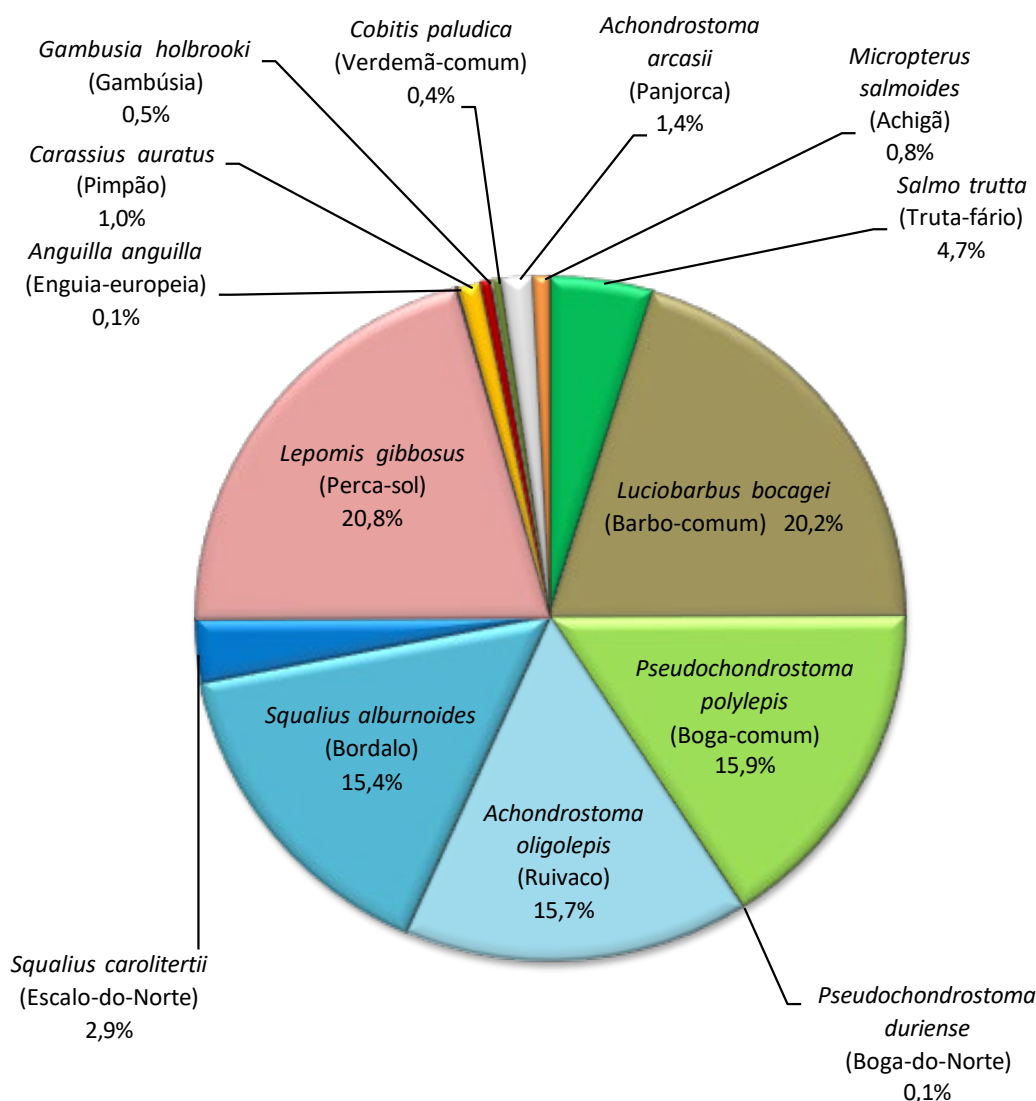


Figura 29. Distribuição percentual das espécies capturadas em Viseu.

No Quadro 8 estão representadas as espécies identificadas no concelho de Viseu, em percentagem de cada espécie por ponto de amostragem.

Quadro 8. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Viseu.

Nome científico (nome comum)	Mont. Açude - Ponte Vougui- -nha	Jusante Açude - Ponte Vougui- -nha	Almar- -gem	Jusante ETAR Frago- -sela	Mont. Alcafa- -che	Jusante Alcafa- -che	Parque linear Pavia
<i>Ach. arcasii</i> (Panjorca)	0	0	0	0	0	0	9,8
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	0	9,7	22,6	0	0	0	55,3
<i>Ang. anguilla</i> (Enguia-europeia)	0	0	0	0	0,7	0	0
<i>L. bocagei</i> (Barbo-comum)	19,5	7,3	21,2	42,8	26,4	19,8	0
<i>C. auratus</i> (Pimpão)	0	0	0	0	0	0	7,0
<i>Cob. paludica</i> (Verdemã-comum)	0	0	0	2,3	0	0	0,5
<i>Gamb. holbrooki</i> (Gambúsia)	0	0	0	4,0	0	0	0
<i>L. gibbosus</i> (Perca-sol)	0	0	0	31,2	31,5	69,5	12,6
<i>M. salmoides</i> (Achigã)	0	0	0	0	1,8	3,0	0
<i>Pseud. duriense</i> (Boga-do-Norte)	0	0	0	0	0,4	0	0
<i>Pseud. polylepis</i> (Boga-comum)	9,8	19,4	3,9	19,1	39,1	7,6	14,9
<i>Salmo trutta</i> (Truta-fário)	0	15,3	11,4	0	0	0	0
<i>Sq. alburnoides</i> (Bordalo)	0	46,0	38,4	0	0	0	0
<i>Sq. carolitertii</i> (Escalo-do-Norte)	70,7	2,4	2,3	0,6	0	0	0

Verificou-se uma realidade totalmente diferente quando comparámos a fauna piscícola do rio Vouga (montante e jusante do açude da Ponte Vouguinha e Almargem) com a do rio Dão (jusante da ETAR de Fragosela e montante e jusante de Alcafache) ou do seu afluente Pavia (Parque Linear).

Por um lado, só foram encontradas trutas-fário no rio Vouga. Este facto deve-se, tanto à elevada temperatura estival da água dos rios Pavia e Dão ser dificilmente suportável por animais tão intolerantes a águas quentes como as trutas, como pelos baixos níveis de oxigénio dissolvido daí resultantes e

valores de alguns parâmetros físico-químicos da água destes rios, ser pouco compatível com a existência de salmonídeos. Estes factos foram comprovados pelas análises físico-químicas da água nestes pontos (como pode ver-se no ponto 4.3).

Por outro lado, espécies exóticas como a perca-sol (*Lepomis gibbosus*), o pimpão (*Carassius auratus*), o achigã (*Micropterus salmoides*) e a gambúsia (*Gambusia holbrooki*), não foram encontrados no rio Vouga. A perca-sol foi encontrada com grande representatividade nos quatro locais dos rios Pavia e Dão, tendo mesmo chegado aos 70% dos exemplares capturados a jusante das termas de Alcafache. O pimpão (*Carassius auratus*) só foi encontrado no rio Pavia (7%), enquanto a gambúsia (*Gambusia holbrooki*) só foi encontrada a jusante da ETAR de Fragosela. Por sua vez, o achigã foi encontrado apenas na zona de Alcafache (a montante e a jusante das termas daquela localidade. De qualquer forma, exceto para a perca-sol, a dispersão e a abundância das espécies exóticas parecem estar ainda reduzidas (como será discutido em 4.5.3.).

Tanto o barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*) como a boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*) estão distribuídos na quase totalidade do território estudado no concelho de Viseu. A sua plasticidade fisiológica e tolerância para um intervalo alargado de variação de parâmetros da água, permite que os possamos encontrar com facilidade, quer nas águas mais puras, frescas e oxigenadas como no Vouga, onde podemos encontrar a exigente truta-fário, como nas águas mais quentes, menos oxigenadas e com alguma contaminação, como é o caso dos rios Pavia e Dão, coabitando com as espécies exóticas como a perca-sol.

c) SÃO PEDRO DO SUL

Nos pontos de amostragem monitorizados em São Pedro do Sul, foram identificados um total de dez espécies de peixes, das quais o *Luciobarbus bocagei* (barbo-comum), *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), *Squalius alburnoides* (bordalo) e a exótica *Lepomis gibbosus* (perca-sol), revelaram valores elevados e sensivelmente semelhantes, entre os 19 e os 22%. Com valores mais reduzidos surgem a *Pseudochondrostoma polylepis* (boga-comum) com 8,5%, alguns exemplares de *Anguilla anguilla* (enguia-europeia) com 3,4% das capturas totais, *Squalius carolitertii* (escalo-do-Norte) com 2,9% e *Salmo trutta* (truta-fário) com 1,2%. Finalmente, com valores residuais, a *Cobitis paludica* (verdemã-comum) com 0,5% e *Pseudochondrostoma duriense* (boga-do-Norte) com 0,34% (Quadro 9 e Figura 30).

Quadro 9. Espécies piscícolas capturadas em São Pedro do Sul.

Nome científico	Nome comum	Capturas	
		Nº	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	129	21,9
<i>Anguilla anguilla</i>	Enguia-europeia	20	3,4
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Barbo-comum	125	21,2
<i>Cobitis paludica</i>	Verdemã-comum	3	0,5
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perca-sol	112	19,0
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	Boga-do-Norte	2	0,3
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Boga-comum	50	8,5
<i>Salmo trutta</i>	Truta-fário	7	1,2
<i>Squalius alburnoides</i>	Bordalo	124	21,1
<i>Squalius carolitertii</i>	Escalo-do-Norte	17	2,9

Neste concelho aparece pela primeira vez no rio Vouga, no seu percurso de montante para jusante, a espécie exótica *Lepomis gibbosus* (perca-sol) e logo com valores percentuais muito significativos. Como já foi referido anteriormente, não podemos garantir que, pela inexistência de qualquer exemplar capturado nas amostragens do rio Vouga, nos concelhos de Vila Nova de Paiva e de Viseu, esta espécie invasora não se encontre já disseminada nestes concelhos a montante de São Pedro do Sul. Esta suspeita será muito provavelmente uma realidade, uma vez que não se vislumbram

obstáculos capazes de impedir a sua expansão para montante. Esperamos, em trabalhos futuros, ser capazes de validar a existência ou inexistência desta espécie nos dois concelhos referidos.

Se, por um lado, temos o sinal negativo neste concelho, da existência confirmada da perca-sol, a exótica mais preocupante desta vasta região, podemos referir, pela positiva, que não foram capturados quaisquer exemplares das outras três espécies exóticas que identificámos na globalidade do estudo, *Micropterus salmoides* (achigã), *Carassius auratus* (pimpão) e *Gambusia holbrooki* (gambúsia).

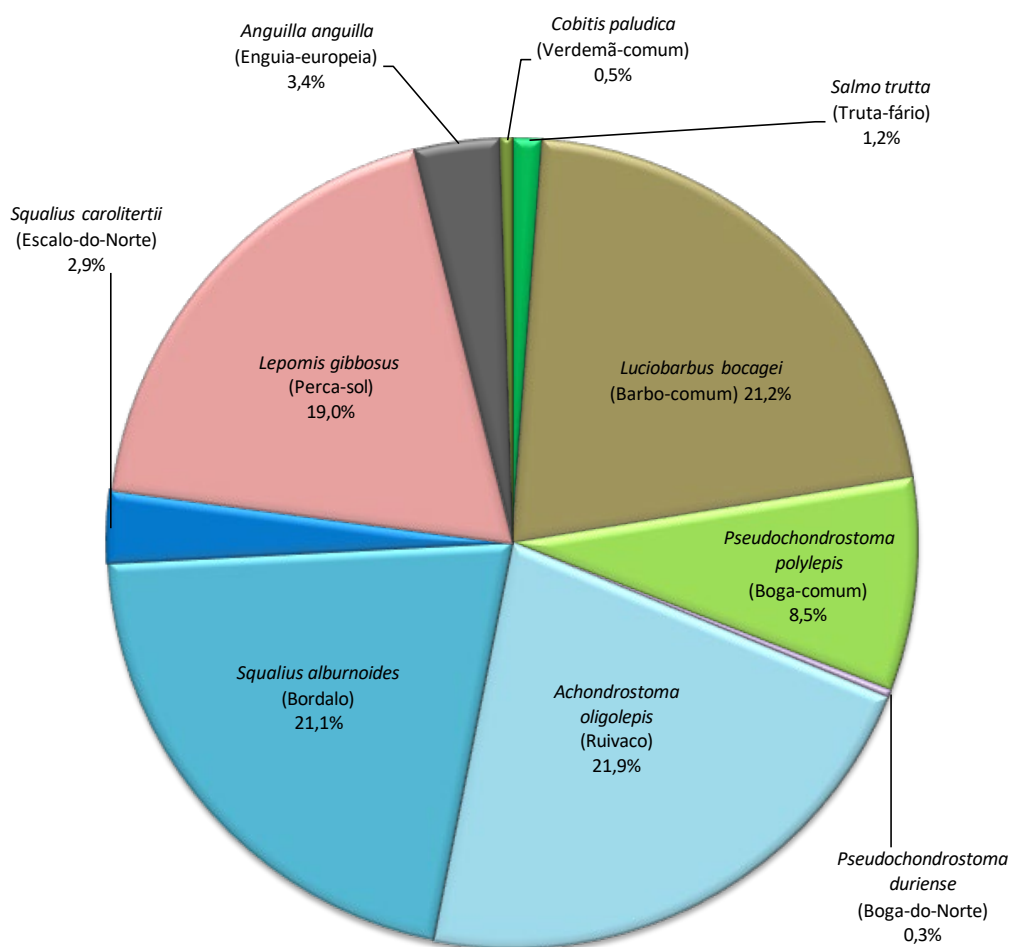


Figura 30. Distribuição percentual das espécies capturadas em São Pedro do Sul.

No Quadro 10 estão representadas as espécies identificadas no concelho de São Pedro do Sul, em percentagem de cada espécie por ponto de amostragem.

Neste concelho, os pontos de amostragem incidiram em vários locais do rio Vouga, começando no ponto mais a montante, junto a uma central elétrica, uma zona de curso intermédio, de águas ainda rápidas e bem oxigenadas, antes de passar junto ao maior aglomerado populacional, precisamente a sede de concelho. Depois de percorrer o trajeto descendente do rio, as amostragens acabam num ponto importante a jusante da ETAR comum às comunidades urbanas de São Pedro do Sul e Vouzela.

Quadro 10. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de São Pedro do Sul.

Nome científico (nome comum)	Mont. SPS (Central elétrica)	Montante Lenteiro (Sul)	Jusante Lenteiro - ilha (Vouga)	Jusante ribeira Telheiro	Jusante Termas SPS	Jusante ETAR SPS/ Vouzela
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	20,5	33,3	20,6	0	15,2	18,0
<i>Ang. anguilla</i> (Enguia-europeia)	5,5	0	5,1	0	1,5	3,3
<i>L. bocagei</i> (Barbo-comum)	15,8	29,4	26,3	6,7	18,2	9,8
<i>Cob. paludica</i> (Verdemã-comum)	0	2,4	0	0	0	0
<i>L. gibbosus</i> (Perca-sol)	8,9	11,1	14,9	80,0	34,9	39,3
<i>Pseud. duriense</i> (Boga-do-Norte)	0	0	1,1	0	0	0
<i>Pseud. polylepis</i> (Boga-comum)	19,9	7,1	2,3	13,3	3,0	6,6
<i>Salmo trutta</i> (Truta-fário)	2,1	1,6	1,1	0	0	0
<i>Sq. alburnoides</i> (Bordalo)	24,7	11,1	25,7	0	24,2	21,3
<i>Sq. carolitertii</i> (Escalo-do-Norte)	2,7	4,0	2,9	0	3,0	1,6

Em São Pedro do Sul verifica-se uma transição bem marcada entre o Vouga superior, a montante da cidade, onde ainda é possível encontrar a truta-fário (*Salmo trutta*), o que confirmámos nos três primeiros pontos de amostragem, embora com valores baixos e decrescentes à medida que descíamos o rio e, a partir do ponto a jusante da ribeira do Telheiro, onde já não foi possível identificar qualquer truta, em todo o restante curso do Vouga, quer neste concelho, quer nos de Vouzela e de Oliveira de Frades. Por sua vez, nos locais onde existem trutas, embora em baixo número, os valores percentuais

encontrados para a perca-sol (*Lepomis gibbosus*), são claramente inferiores aos verificados onde não há trutas. Neste caso, nos locais onde abunda a perca-sol, a má qualidade da água só por si não permite a permanência saudável das trutas, mas nas zonas onde as percas-sol invadem o território da truta, de águas mais frias, puras e oxigenadas, parece haver um efeito controlador das trutas sobre as percas-sol, mas esta relação entre as duas espécies merece uma abordagem mais desenvolvida e aprofundada, em conjunto com os parâmetros de qualidade da água adequados para cada espécie.

Pelos motivos biogeográficos anteriormente expostos, pensamos estar em condições de afirmar que, no que ao rio Vouga diz respeito, a cidade de São Pedro do Sul será o limite geográfico para a truta-fário (*Salmo trutta*), em termos de presença contínua. Embora possa ser encontrada esporadicamente mais a jusante, será sempre nas imediações de algum afluente com características mais apropriadas para salmonídeos (nomeadamente para a sua reprodução), mas sem grande possibilidade de se instalarem de forma estável no rio principal, quer pela qualidade da água, quer por um eventual efeito nefasto provocado nos exemplares mais jovens por parte de espécies exóticas como a perca-sol. Vários motivos contribuirão para este facto. Por um lado, a jusante de São Pedro do Sul, em águas mais lentas, pouco profundas e expostas ao sol, a temperatura da água no verão atinge e ultrapassa facilmente 20°C, o que constitui uma barreira física quase intransponível um peixe de água fria como a truta-fário. As águas mais frias, num percurso do Vouga mais encravado entre encostas declivosas constituídas por galerias ripícolas mais densas e sombrias, encontram-se a montante de São Pedro do Sul com mais frequência ou então nos seus afluentes. Por outro lado, os níveis baixos de oxigénio dissolvido em alturas críticas do ano (verão), em parte motivados pela elevada temperatura da água, mas também por alguma contaminação, nomeadamente microbiológica (que promove uma competição pelo oxigénio), são fatores inibidores para a truta, que se mantém por estes motivos a montante da cidade. No entanto, nos afluentes do Vouga, as trutas estão ainda bem preservadas, encontrando excelentes locais de refúgio e boas condições de sobrevivência, nas águas mais frias e oxigenadas, como acontece nos pontos de amostragem dos concelhos de Vouzela e Oliveira de Frades, nomeadamente no rio Alfusqueiro.

O local designado por "jusante da ribeira do Telheiro", revelou-se um ponto de elevada perturbação antropogénica da qualidade da água, que merece a maior atenção e eventual intervenção de requalificação. As amostragens de fauna e análises de água foram realizadas no verão, o que pode ter contribuído para os resultados encontrados, mas o que se verificou foi uma quase inexistência de fauna piscícola num local muito pontual de um troço de rio Vouga, correspondente a cerca de 100 metros imediatamente a jusante do ponto de confluência da referida ribeira. Neste ponto apenas foi possível recolher uma amostra muito reduzida de exemplares de fauna piscícola, onde predominou a espécie exótica perca-sol (*Lepomis gibbosus*), com 80% dos exemplares capturados, o que constitui a maior percentagem de capturas desta espécie em todo o estudo. Além desta espécie dominante, apenas foram capturados poucos exemplares de boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*) e de barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*). O que é um facto é que os peixes não permanecem nesta zona e, apesar de alguma capacidade de autodepuração do rio, no seu percurso para jusante este efeito prolonga-se durante algumas centenas de metros de forma marcada embora, naturalmente, decrescente.

É ainda de salientar em São Pedro do Sul, a presença de enguia-europeia (*Anguilla anguilla*) em praticamente toda a extensão do rio Vouga no concelho. No entanto, mais importante que a sua presença é a estrutura etária nalguns locais, nomeadamente a montante de São Pedro do Sul (zona da central elétrica) em que foram capturadas várias enguias com 10 a 12 cm, o que demonstra uma idade muito jovem, provavelmente fruto da entrada no rio Vouga no ano anterior à sua captura, com migração para montante, característica desta espécie catádroma. Infelizmente, neste momento já não poderemos contar com estas migrações bem-sucedidas, uma vez que a grande barragem de Ribeiradio, construída no concelho de Oliveira de Frades é, se nada for feito, certamente obstáculo intransponível para estas espécies migradoras.

É de referir a presença inesperada de alguns exemplares de boga-do-norte (*Pseudochondrostoma duriense*), em conjunto com a esperada boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*), numa zona já relativamente distante da sua bacia hidrográfica de origem. Por trás desta presença poderá estar, por exemplo, algum povoamento selvagem de exemplares trazidos da bacia do

Douro, quer para o Vouga, quer para algum dos seus afluentes. Outra situação possível merecedora de futura confirmação com análises moleculares, será a existência de algum híbrido morfológicamente idêntico à boga-do-Douro, eventualmente responsável por um lapso de identificação taxonómica.

Referimos também a captura de alguns exemplares de verdemã-comum (*Cobitis paludica*), mas apenas no único ponto de amostragem deste concelho fora do rio Vouga, mais precisamente num seu afluente, o rio Sul. Este facto constitui uma possível informação de relevância para a preservação desta espécie nesta zona do Vouga, pois poderá ser um local elegível como reserva para preservação da mesma, de forma a servir de stock natural para a manutenção do verdemã-comum nesta região.

d) VOUZELA

Nos pontos de amostragem monitorizados no concelho de Vouzela, foram identificadas sete espécies de fauna piscícola, tendo sido o concelho que revelou a percentagem mais elevada de exemplares de *Salmo trutta* (truta-fário) capturados com 34,3%, seguido do *Pseudochondrostoma polylepis* (boga-comum) com 30,1% e de *Squalius carolitertii* (escalo-do-Norte) com 19,0%. Neste concelho capturaram-se 11,4% de exemplares da espécie *Lepomis gibbosus* (perca-sol) e ainda 3,9% de *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco). Em percentagem residual surgiram a *Anguilla anguilla* (enguia-europeia) com 0,65% e o *Luciobarbus bocagei* (barbo-comum) com 0,65% (Quadro 11 e Figura 31).

Quadro 11. Espécies piscícolas capturadas em Vouzela.

Nome científico	Nome comum	Capturas	
		Nº	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	12	3,9
<i>Anguilla anguilla</i>	Enguia-europeia	2	0,7
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Barbo-comum	2	0,7
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perca-sol	35	11,4
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Boga-comum	92	30,1
<i>Salmo trutta</i>	Truta-fário	105	34,3
<i>Squalius carolitertii</i>	Escalo-do-Norte	58	19,0

Podemos salientar a elevada percentagem de *Salmo trutta* (truta-fário), com mais de um terço das capturas neste concelho. A isto não é alheio o facto dos pontos de amostragem serem fora do rio Vouga, onde esta espécie é praticamente inexistente nesta zona tão baixa do seu curso, mas sim nos seus afluentes da margem esquerda, rio Alfusqueiro e ribeira de Ribamá (Fataunços), ambos classificados como águas de salmonídeos, com boas características ambientais para o desenvolvimento da truta-fário (*Salmo trutta*).

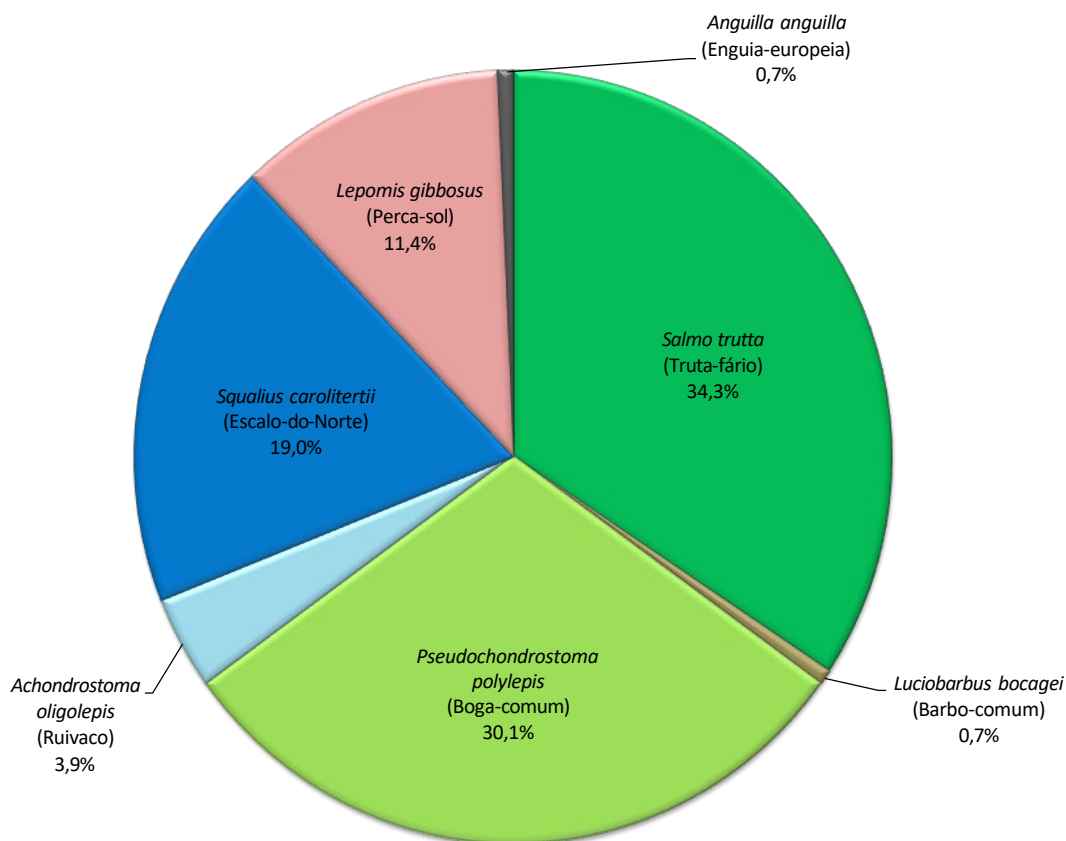


Figura 31. Distribuição percentual das espécies capturadas em Vouzela.

É de referir também neste concelho, o facto indesejável de se ter encontrado uma comunidade importante da espécie exótica e invasora *Lepomis gibbosus* (perca-sol) em cursos de água afluentes do Vouga, já bastante longe do rio principal, o que demonstra a capacidade desta espécie, pelos seus meios ou, muito provavelmente, com a ajuda do Homem, de penetrar bastante para montante nos rios de montanha, onde a truta e alguns ciprinídeos como as bogas, escalos, bordalos ou ruivacos, deveriam ser as espécies a povoar este habitat.

No Quadro 12 estão representadas as espécies identificadas no concelho de Vouzela, em percentagem de cada espécie por ponto de amostragem.

Quadro 12. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Vouzela.

Nome científico (nome comum)	Mont. ETAR Fataun- ços	Jusante ETAR Fataun- ços	Jusante ETAR Cambra*	Mont. Barragem Cercosa**	Jusante Barragem Cercosa
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	0	0	0	9,9	17,9
<i>Ang. anguilla</i> (Enguia-europeia)	2,6	0	0	0	3,6
<i>L. bocagei</i> (Barbo-comum)	0	6,1	0	0	0
<i>L. gibbosus</i> (Perca-sol)	0	0	0	39,4	25,0
<i>Pseud. polylepis</i> (Boga-comum)	5,3	24,2	33,8	39,4	28,6
<i>Salmo trutta</i> (Truta-fário)	89,5	39,4	42,6	0	0
<i>Sq. carolitertii</i> (Escalo-do-Norte)	2,6	30,3	23,5	11,3	25,0

* Jusante da ETAR de Cambra (rio Alfusqueiro) = rio Couto

** Montante da barragem de Cercosa = Jusante de Porto da Várzea (Oliveira de Frades)

Em relação à ribeira de Ribamá (montante e jusante da ETAR de Fataunços), podemos dizer que predominam as trutas-fário (*Salmo trutta*). Houve, no entanto, uma nítida diferença na qualidade da água (ver 4.3) entre estes dois pontos, nos momentos da amostragem (finais de julho), com prejuízo para o ponto a jusante da ETAR. Estes valores deveriam ser confirmados com novas análises e amostragens de fauna piscícola para verificar se se tratou de uma alteração pontual e reversível ou se, pelo contrário, é sistemática. É de salientar que os cerca de 90% de trutas capturadas na amostragem a montante da ETAR eram de uma classe etária extremamente jovem (até 2 anos de idade), situando-se a sua larga maioria num pequeno troço de 200 metros de rio localizado entre a "Ponte Pedrinha" e um açude localizado a montante da mesma. Trata-se de uma zona de profundidade inferior a 50 cm e com excelentes características de pureza e temperatura da água, oxigenação e ensombramento, que nos leva a considerar um local de eleição para a sua reprodução, pelo que será de propor a sua preservação com interdição total da pesca desportiva, de forma a constituir uma reserva natural para reprodução natural desta espécie (ver proposta no ponto 4.5.2.).

Já no rio Alfusqueiro, mas ainda no que se refere à truta-fário (*Salmo trutta*), é de estranhar não ter sido capturado nenhum exemplar desta espécie, quer a montante, quer a jusante da barragem de Cercosa. Esta nossa surpresa reside no facto de haver uma população estável de trutas-fário no mesmo rio, tanto em pontos localizados a montante da referida barragem (jusante da ETAR de Cambra - Vouzela, ou barragem das Cainhas - Oliveira de Frades), como em pontos a jusante da mesma barragem de Cercosa (zona de Destriz - Oliveira de Frades).

Outro aspeto importante que podemos constatar foi que, na barragem de Cercosa, tanto a montante como a jusante, foram amostrados numerosos exemplares de perca-sol (*Lepomis gibbosus*), ao contrário do que aconteceu em todos os outros pontos de amostragem de concelho de Vouzela, onde foram encontradas trutas mas não percas-sol. Hipoteticamente, estas duas espécies parecem estar a influenciar negativamente a presença uma da outra, não sabendo ainda qual será a relação de causa-efeito, na verdade, raros são os locais de todo este estudo nos cinco concelhos, onde coabitam estas duas espécies. E sempre que isso acontece, quando uma abunda, a outra está presente em números substancialmente reduzidos. Quando a água não permite a sobrevivência saudável da truta, mais sensível a estes fatores, a perca-sol abunda. Aqui não será um efeito supressor da perca-sol sobre a truta, mas sim fatores ambientais a fazê-lo. Pelo contrário, quando a qualidade da água permite existência de ambas as espécies, parece haver uma população reduzida ou inexistente de perca-sol.

e) OLIVEIRA DE FRADES

Nos pontos de amostragem monitorizados no concelho de Oliveira de Frades, foram identificados um total de sete espécies de peixes, dos quais três espécies revelaram valores de percentagem semelhantes, designadamente o *Squalius carolitertii* (escalo-do-Norte) com 24,3%, *Pseudochondrostoma polylepis* (boga-comum) com 23,7% e *Salmo trutta* (truta-fário) com 21,4%. Neste concelho a espécie exótica *Lepomis gibbosus* (perca-sol) apresenta um valor de percentagem relativamente elevado com 15,6%, acompanhada de perto pelo endógeno *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco) com 12,1%. O *Luciobarbus bocagei* (barbo-comum) com 1,2% e *Anguilla anguilla* (enguia-europeia) com 1,7%, representam valores residuais neste concelho (Quadro 13 e Figura 32).

Quadro 13. Espécies piscícolas capturadas em Oliveira de Frades.

Nome científico	Nome comum	Capturas	
		Nº	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	21	12,1
<i>Anguilla anguilla</i>	Enguia-europeia	3	1,7
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Barbo-comum	2	1,2
<i>Lepomis gibbosus</i>	Perca-sol	27	15,6
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Boga-comum	41	23,7
<i>Salmo trutta</i>	Truta-fário	37	21,4
<i>Squalius carolitertii</i>	Escalo-do-Norte	42	24,3

Neste último concelho deste estudo, como já foi dito, foi recentemente construída uma grande barragem no rio Vouga, que alterou completamente o habitat ribeirinho, pelo que, tal como já aconteceu no concelho vizinho de Vouzela, os pontos de amostragem foram escolhidos nos afluentes, nomeadamente no rio Alfusqueiro, onde o efeito da barragem sobre a fauna piscícola foi pouco significativo.

Além disso, é nestes afluentes que é ainda possível prever algumas medidas de preservação da fauna piscícola com sucesso, sem, no entanto, ter em conta o sucesso das migrações diádromas de espécies como a enguia, que necessitam de migrar para o mar para se reproduzirem e depois os jovens regressariam para os rios para o seu desenvolvimento até à maturidade sexual.

Difícilmente poderemos esperar que estas migrações ocorram com sucesso nos anos após a construção da barragem. Poderemos, no entanto, propor medidas conservadoras das espécies potamódromas, cujas migrações reprodutivas ocorrem só dentro dos rios, nomeadamente para os afluentes de águas mais frescas e oxigenadas como o Alfusqueiro.

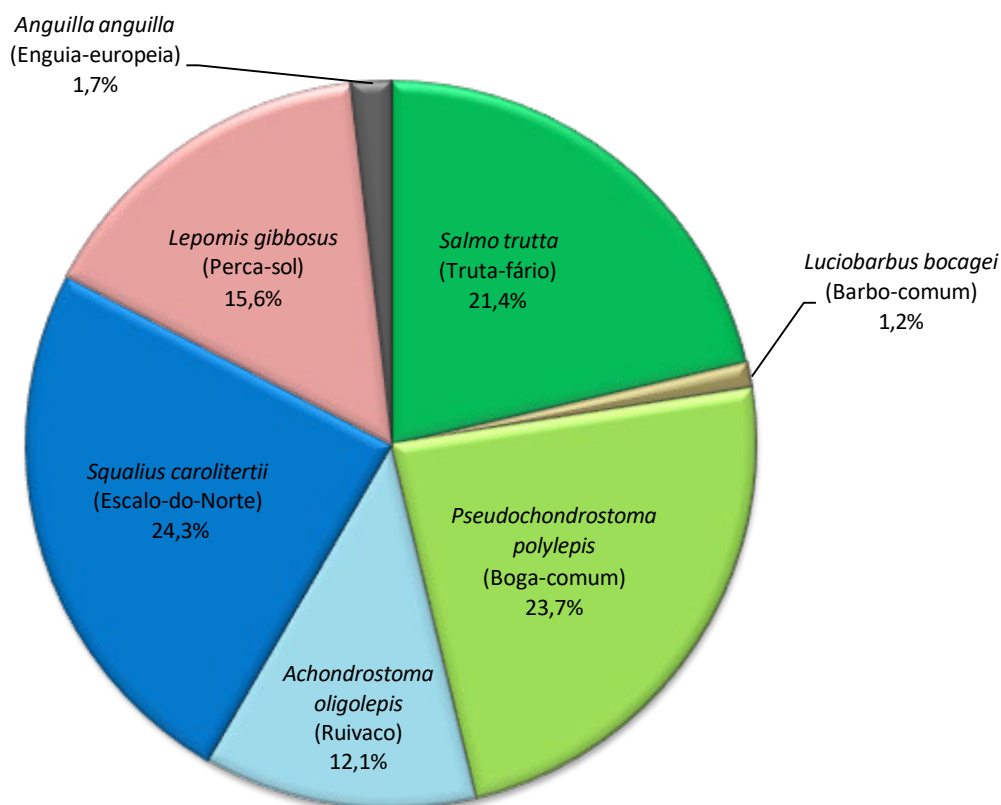


Figura 32. Distribuição percentual das espécies capturadas em Oliveira de Frades.

No Quadro 14 estão as espécies identificadas no concelho de Oliveira de Frades, em percentagem, por espécie em cada ponto de amostragem.

Em relação ao *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), a sua distribuição é sensivelmente decrescente à medida que nos deslocamos de montante para jusante do rio Alfusqueiro, não tendo sido encontrado qualquer exemplar a jusante do açude de Destriz. Uma causa provável para a sua redução e eventual desaparecimento a jusante deste açude poderá ser a grande abundância de perca-sol neste local (31,6%).

Quadro 14. Espécies capturadas (%) em cada ponto de amostragem de Oliveira de Frades.

Nome científico (nome comum)	Mont. barragem Cainhas	Jusante barragem Cainhas	Mont. Rio do Carregal*	Mont. açude Destriz**	Jusante açude Destriz
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	18,4	13,5	15,4	7,5	0
<i>Ang. anguilla</i> (Enguia-europeia)	0	5,4	2,6	0	0
<i>L. bocagei</i> (Barbo-comum)	0	0	0	0	10,5
<i>L. gibbosus</i> (Perca-sol)	10,5	27,0	10,3	7,5	31,6
<i>Pseud. polylepis</i> (Boga-comum)	36,8	29,7	17,9	20,0	5,3
<i>Salmo trutta</i> (Truta-fário)	15,8	5,4	28,2	42,5	5,3
<i>Sq. carolitertii</i> (Escalo-do-Norte)	18,4	18,9	25,6	22,5	47,4

* Rio Alfusqueiro, a montante do seu afluente, rio do Carregal

** Montante do açude de Destriz = Jusante do afluente rio do Carregal

Neste concelho registou-se uma captura significativa da espécie escalo-do-Norte (*Squalius carolitertii*), presente em todos os locais de modo aproximadamente uniforme (18,4 a 25,6%), com exceção do ponto a jusante do açude de Destriz, onde se aproxima da metade dos exemplares totais capturados (47,4%).

Além desta espécie, também no caso de *Pseudochondrostoma polylepis* (boga-comum), *Lepomis gibbosus* (perca-sol) e *Salmo trutta* (truta-fário), foram encontradas em todos os locais estudados em Oliveira de Frades. Tal como o *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), também a *Pseudochondrostoma polylepis* (boga-comum) diminuiu a sua representatividade ao longo do trajeto descendente do rio, acabando com uns quase residuais 5,3% a jusante do açude de Destriz.

Relativamente à possível relação entre a *Lepomis gibbosus* (perca-sol) e a *Salmo trutta* (truta-fário), houve novamente algum antagonismo entre as duas espécies. Exceto a montante da barragem de Cainhas, onde a percentagem das duas é aproximada, em todos os outros locais, sempre que uma espécie está bem representada, a outra está presente em números claramente baixos, com destaque a montante da barragem de Destriz, onde a *Salmo trutta* (truta-fário) predomina em conjunto com o escalo-do-Norte (*Squalius carolitertii*), enquanto a *Lepomis gibbosus* (perca-sol) se encontra limitada a valores muito baixos.

4.2. ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA

Nas páginas seguintes estão apresentados e discutidos os resultados do método de cálculo do Índice de Integridade Biótica, primeiro no geral com os valores médios por concelho e depois, dentro de cada um, por cada ponto de amostragem.

4.2.1. O ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA NO GERAL

No Quadro 15 estão apresentados os resultados do Índice de Integridade Biótica (IIB), relativos aos valores médios dos 5 concelhos em estudo (Oliveira et al, 2007) e o Índice de Integridade Biótica Corrigida (IIBC), proposto neste trabalho.

Esta abordagem geral do IIB não permite avançar conclusões ou medidas de correção dos ecossistemas, relativas a cada local em concreto, mas apenas nos dá uma noção geral da qualidade biológica dos ecossistemas de forma comparativa entre concelhos.

Quadro 15. Média concelhia do IIB e do IIBC nos 5 concelhos.

Concelho	Pontuação média obtida	Integridade Biótica	Integridade Biótica Corrigida
Vila Nova de Paiva	32,8	Boa	Excelente
Viseu	26,0	Fraca	Boa
São Pedro do Sul	24,3	Fraca	Boa
Vouzela	28,0	Fraca	Boa
Oliveira de Frades	27,6	Fraca	Boa

Neste caso, foi aplicado o IIBC apenas ao nível da média concelhia, mas numa visão mais global, poderia ser aplicada a cada ponto, numa perspetiva de potencialidade de recuperação de cada ecossistema em particular. Desta forma poderemos aplicar uma classificação menos redutora que a original e desta

forma, em vez de avaliar apenas o estado momentâneo de um troço de rio, pode também refletir a sua potencialidade de recuperação.

Como se pode ver no Quadro 15, à excelente Integridade Biótica Corrigida de Vila Nova de Paiva, nos outros concelhos, descendo o Vouga, seguiram-se valores médios que correspondem à classificação de Boa. Apesar de haver locais muito diferentes dentro de cada concelho, para os quais temos de olhar de forma isolada de modo a interpretar e eventualmente corrigir anomalias, podemos também ter uma visão mais global e abrangente, quer no espaço (ao nível do curso de água, freguesia ou concelho) quer no tempo, permitindo uma análise temporal que perspetive a capacidade real de recuperação de um ambiente degradado a médio prazo.

4.2.2. O ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA POR CONCELHO

a) VILA NOVA DE PAIVA

Como é visível no Quadro 16, a Integridade Biótica calculada (IIB) foi, no geral, bastante boa, tendo predominado as classificações de Boa ou Excelente nos seis locais do rio Paiva, com exceção do local a jusante da ETAR de Vila Nova de Paiva, onde o IIB se mostrou “Fraco”.

Quadro 16. Índice de Integridade Biótica no concelho de Vila Nova de Paiva.

Métrica	Praia da Azenha = Canal	Mont. ETAR VNP	Jusante ETAR VNP	Mont. ETAR Fráguas	Jusante ETAR Fráguas	Covo = V.Cova Coelh.	Mont. ETAR Lousad.
Número de espécies nativas (%)	5	5	5	5	5	5	5
Indivíduos de espécies nativas (%)	5	5	5	5	5	5	5
Indivíduos de espécies muito tolerantes (%)	3	3	1	1	1	3	1
Indivíduos de <i>Sq. alburnoides</i> ou <i>Ach. oligolepis</i> (%)	5	5	5	5	5	5	5
Indiv. de espécies invertívoras pelágicas (%)	5	3	1	3	3	5	3
Abundância de <i>Procambarus clarkii</i>	5	5	5	5	5	5	3
Capturas por 100 m ² de área de amostragem (%)	3	3	3	3	3	3	3
Indivíduos com anomalias (%)	5	5	5	5	5	5	5
PONTUAÇÃO TOTAL	36	34	30	32	32	36	30
INTEGRIDADE BIÓTICA	EXCELENTE	BOA	FRACA	BOA	BOA	EXCELENTE	FRACA

Também no único ponto de amostragem do rio Vouga neste concelho (montante da ETAR de Lousadela), foi obtida a mesma pontuação. É de realçar, no entanto que, em ambos os casos a pontuação do IIB atingida de 30 pontos está no limite entre o Fraco e o Bom. Podemos ainda destacar pela positiva a Praia da Azenha (= Canal) e o rio Covo (= Vila Cova à Coelheira), pela natureza Excelente do Índice de integridade Biótica atingido.

É de salientar que este foi o concelho onde os valores do IIB se mostraram mais favoráveis no geral, tendo-se destacado na globalidade por ter atingido a pontuação máxima em todos os pontos de amostragem, no que respeita às quatro métricas. Foram eles, o número de espécies nativas, os indivíduos de espécies nativas, os indivíduos (%) de *Squalius alburnoides* (bordalo, Figura 33) ou *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco, Figura 34) e os indivíduos com anomalias (%). No parâmetro relativo à abundância de *Procambarus clarkii*, todos os locais do rio Paiva atingiram a pontuação máxima, pelo facto desta espécie invasora de lagostim estar ainda ausente neste rio, embora já tenha aparecido no único ponto de amostragem do rio Vouga neste concelho.



Figura 33. Exemplar de bordalo (*Sq. alburnoides*) capturado em Vila Nova de Paiva.



Figura 34. Exemplar de ruivaco (*A. oligolepis*) capturado em Vila Nova de Paiva.

a) VISEU

Analisando o Quadro 17, o IIB para o concelho de Viseu revelou-se bastante heterogéneo. Desde a classificação de Excelente obtida em Almargem, ao Muito Fraco a jusante de Alcafache. A variabilidade na fauna piscícola no que respeita a diversidade de espécies, presença ou ausência de espécies que são bioindicadores como o bordalo (*Squalius alburnoides*) ou o ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) ou a presença e abundância do lagostim-vermelho-do-Louisiana (*Procambarus clarkii*), contribuíram para estas grandes diferenças no Índice de Integridade Biótica em Viseu. Uma vez que neste concelho houve três habitats distintos consoante o rio considerado, questiona-se agora a possibilidade de haver algum paralelismo entre cada rio e um IIB correspondente. De facto, os piores resultados foram obtidos no rio Dão, designadamente a jusante da ETAR de Fragosela, a montante e jusante de Alcafache, com os dois primeiros a resultarem em Integridade Biótica Fraca e, no último caso, Muito Fraca.

Quadro 17. Índice de Integridade Biótica no concelho de Viseu.

Métrica	Montante Açude - Ponte Vouguinha	Jusante Açude - Ponte Vouguinha	Almargem	Jusante ETAR Frago- sela	Mont. Alcafa- che	Jusante Alcafa- che	Parque linear Pavia
Número de espécies nativas (%)	5	5	5	3	3	3	3
Indivíduos de espécies nativas (%)	5	5	5	1	1	1	5
Indivíduos de espécies muito tolerantes (%)	3	1	3	3	3	1	3
Indivíduos de <i>Sq. alburnoides</i> ou <i>Ach. oligolepis</i> (%)	3	1	5	1	1	1	5
Indiv. de espécies invertív. pelágicas (%)	3	1	3	3	3	1	3
Abundância de <i>Procambarus clarkii</i>	5	5	5	3	1	1	3
Capturas por 100 m ² de amostragem (%)	3	3	5	5	5	3	5
Indivíduos com anomalias (%)	5	5	5	3	3	3	5
PONTUAÇÃO TOTAL	32	26	36	22	20	14	32
INTEGRIDADE BIÓTICA	BOA	FRACA	EXCELENTE	FRACA	FRACA	MUITO FRACA	BOA

Neste local a jusante de Alcafache, em cinco das oito métricas foi atingida a pontuação mais baixa (1 ponto) e, em relação à abundância de lagostim-vermelho-do-Louisiana (Figura 35), partilhou a pior classificação, pela grande abundância desta espécie invasora, com o outro local a montante da mesma localidade. Este é um caso já preocupante, de uma população aparentemente descontrolada deste predador, que tem uma elevada resistência aos ambientes degradados. Os três locais do rio Dão partilham também as piores classificações relativamente à percentagem de indivíduos de espécies nativas e de espécies bioindicadoras (bordalo ou ruivaco).

Além de Almargem com um IIB “Excelente”, outro local do rio Vouga mostrou boa qualidade do ponto de vista da Integridade Biótica, o ponto a Montante do Açude - Ponte Vouguinha, embora a jusante deste açude, os piores valores obtidos nas métricas relativas aos indivíduos de espécies muito tolerantes, à percentagem de bordalos ou ruivacos e de espécies invertívoras pelágicas, fossem suficientes para baixar a Integridade Biótica para Fraca.

Em relação ao rio Pavia, afluente do rio Dão após atravessar a cidade de Viseu, é um curso de água de pequeno porte, com caudais reduzidos em época estival. Foi alvo de recuperação das margens, afluentes e fontes de contaminação, pelo que a sua qualidade biológica recuperou bastante nos últimos anos, tendo atingido o nível de “Bom” em termos de Integridade Biótica.



Figura 35. Exemplares de lagostim-vermelho-do-Louisiana (*Procambarus clarkii*) capturados a jusante de Alcafache.

c) SÃO PEDRO DO SUL

O concelho de São Pedro do Sul revelou-se, em geral, bastante heterogéneo relativamente ao Índice de Integração Biótica (Quadro 18). Tal como aconteceu no concelho vizinho de Viseu, também aqui encontramos locais com IIB extremos. A grande diferença em relação a Viseu, é que em São Pedro do Sul a grande heterogeneidade manifestou-se ao longo do rio Vouga.

Na verdade, em cerca de 1600 metros de rio, entre a zona da central elétrica a montante da cidade e a zona da ribeira do Telheiro, o Índice de Integridade Biótica passou de Excelente para Muito Fraco. Temos de referir, no entanto, que a má qualidade do ecossistema do ponto de vista da integridade biótica neste local, melhora substancialmente no local imediatamente a jusante (após as termas de São Pedro do Sul), mantendo depois praticamente o mesmo valor no último ponto do concelho e deste estudo no rio Vouga, a jusante da ETAR de São Pedro do Sul (ETAR partilhada com Vouzela).

Quadro 18. Índice de Integridade Biótica no concelho de São Pedro do Sul.

Métrica	Montante SPS (Central elétrica)	Montante Lenteiro (Sul)	Jusante Lenteiro - ilha (Vouga)	Jusante ribeira Telheiro	Jusante Termas SPS	Jusante ETAR SPS/ Vouzela
Número de espécies nativas (%)	5	5	5	3	5	3
Indivíduos de espécies nativas (%)	5	3	3	1	1	1
Indivíduos de espécies muito tolerantes (%)	3	1	1	1	1	3
Indivíduos de <i>Sq. alburnoides</i> ou <i>Ach. oligolepis</i> (%)	5	5	5	1	5	5
Indiv. de espécies invertívoras pelágicas (%)	3	1	3	1	3	3
Abundância de <i>Procambarus clarkii</i>	5	3	3	1	3	3
Capturas por 100 m ² de área de amostragem (%)	5	3	3	1	3	1
Indivíduos com anomalias (%)	5	5	3	3	3	3
PONTUAÇÃO TOTAL	36	26	26	12	24	22
INTEGRIDADE BIÓTICA	EXCELENTE	FRACA	FRACA	MUITO FRACA	FRACA	FRACA

Ainda relativamente aos dois pontos extremos (em IIB) deste concelho, podemos salientar que na zona mais a montante da cidade (central elétrica) podemos verificar que em seis das oito métricas foi atingida a pontuação máxima e o rio Vouga ainda mantém uma velocidade e oxigenação das águas, características de um rio na sua fase jovem (Figura 36).



Figura 36. Rio Vouga a montante de São Pedro do Sul (zona da central elétrica).

Ao atravessar a zona urbana, o Vouga sofre uma redução na sua velocidade e, conseqüentemente, na oxigenação daí resultante. Isto é motivado por uma pequena represa e conseqüente espelho de água criado na zona do Parque do Lenteiro do rio, na zona de confluência do rio Sul no rio Vouga (Figura 37 e 38).

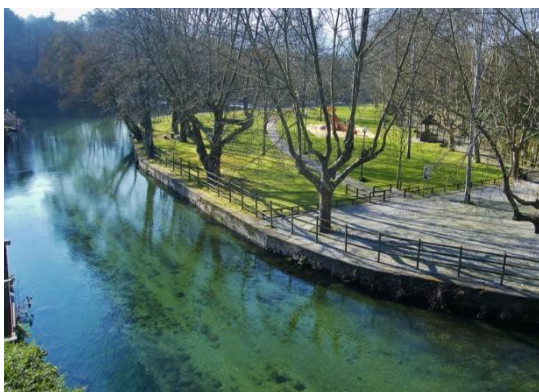


Figura 37. Rio Sul (Parque Lenteiro do Rio). **Figura 38.** Confluência dos rios Sul e Vouga.

Logo em seguida, há a confluência de um pequeno curso de água bastante contaminado, na margem direita do Vouga, a ribeira do Telheiro. Os efeitos negativos desta contaminação podem estar a ser potenciados pela diminuição da velocidade e do oxigénio dissolvido, imediatamente a montante do local de perturbação. Neste local, pode verificar-se que em seis das oito métricas

avaliadoras do Índice de Integridade Biótica, foi atingida a pontuação mínima. Além disso, o aspeto do rio nesta zona é bastante degradado, com matéria orgânica de origem antropogénica a acumular-se em flutuação junto às margens (Figura 39).



Figura 39. Aspeto da água na margem do rio Vouga, a jusante da ribeira do Telheiro.

O único ponto de amostragem do concelho de São Pedro do Sul fora do rio Vouga, foi no rio Sul, sendo também o único local do concelho com capturas de verdemã-comum (*Cobitis paludica*). Neste local foi visível uma grande comunidade de barbos-comuns (*Luciobarbus bocagei*) de grandes dimensões (Figura 40).



Figura 40. Barbos (*Luciobarbus bocagei*) no rio Sul (São Pedro do Sul).

d) VOUZELA

Vouzela foi um dos dois concelhos (tal como Oliveira de Frades), em que foram escolhidos como pontos de amostragem, os afluentes do Vouga em detrimento do rio principal (Quadro 19). Neste sentido, é de esperar que a qualidade da água e a Integridade Biótica da fauna piscícola reflitam uma melhoria relativamente ao concelho vizinho de São Pedro do Sul, mais a montante no rio Vouga, no qual todas as amostragens, com exceção de um ponto no rio Sul, foram efetuadas no rio principal, com menor velocidade, alguma contaminação, temperatura mais elevada e menor oxigenação, comparativamente aos seus afluentes.

Quadro 19. Índice de Integridade Biótica no concelho de Vouzela.

Métrica	Mont. ETAR Fataunços	Jusante ETAR Fataunços	Jusante ETAR Cambra*	Mont. Barragem Cercosa**	Jusante Barragem Cercosa
Número de espécies nativas (%)	5	5	5	5	5
Indivíduos de espécies nativas (%)	5	5	5	1	3
Indivíduos de espécies muito tolerantes (%)	1	3	5	1	3
Indivíduos de <i>Sq. alburnoides</i> ou <i>Ach. oligolepis</i> (%)	1	1	1	3	5
Indiv. de espécies invertívoras pelágicas (%)	5	3	3	1	1
Abundância de <i>Procambarus clarkii</i>	5	3	5	5	5
Capturas por 100 m ² de área de amostragem (%)	5	1	3	3	3
Indivíduos com anomalias (%)	5	3	5	3	5
PONTUAÇÃO TOTAL	32	24	32	22	30
INTEGRIDADE BIÓTICA	BOA	FRACA	BOA	FRACA	FRACA

* Jusante da ETAR de Cambra (rio Alfusqueiro) = rio Couto

** Montante da barragem de Cercosa = Jusante de Porto da Várzea (Oliveira de Frades)

Neste concelho destacaram-se algumas métricas, nomeadamente a elevada percentagem de espécies nativas, que levou este parâmetro a atingir a pontuação máxima em todos os locais de amostragem.

Podem-se destacar dois pontos de amostragem neste concelho, pela boa Integridade Biótica que demonstraram, o local a montante da ETAR de Fataunços (Figura 41) e a jusante da ETAR de Cambra (Figura 42) Também a jusante da barragem de Cercosa, a pontuação atingida de 30 pontos está no limite entre a Integridade Biótica fraca e boa.

Ao contrário do que aconteceu em Viseu no açude da Ponte Vouguinha, em Vouzela, na barragem de Cercosa, a redução da velocidade do rio motivado pela barragem, beneficiou o ambiente e a Integridade Biótica a jusante da mesma, tendo-se verificado pontuações superiores nas métricas: Indivíduos de espécies nativas; Indivíduos muito tolerantes; bordalos (*Squalius alburnoides*) ou ruivacos (*Achondrostoma oligolepis*) e Indivíduos com anomalias.

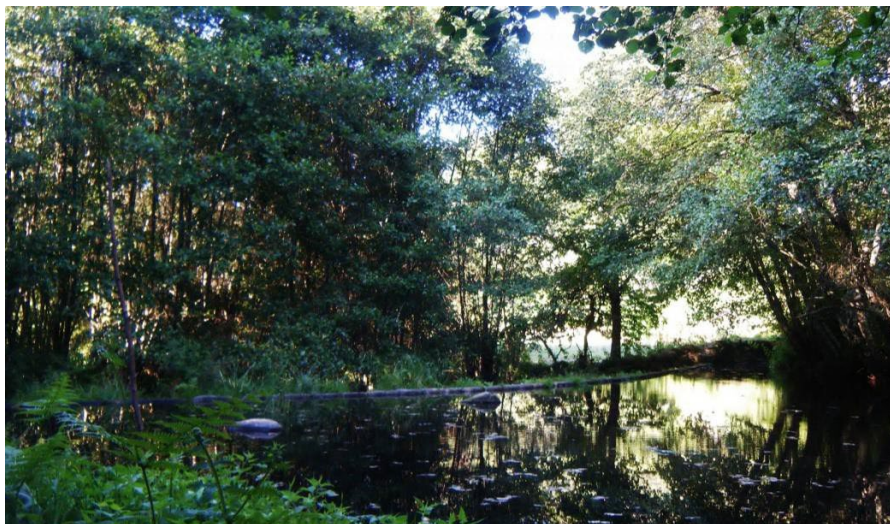


Figura 41. Açude a montante da ETAR de Fataunços (ribeira de Ribamá).

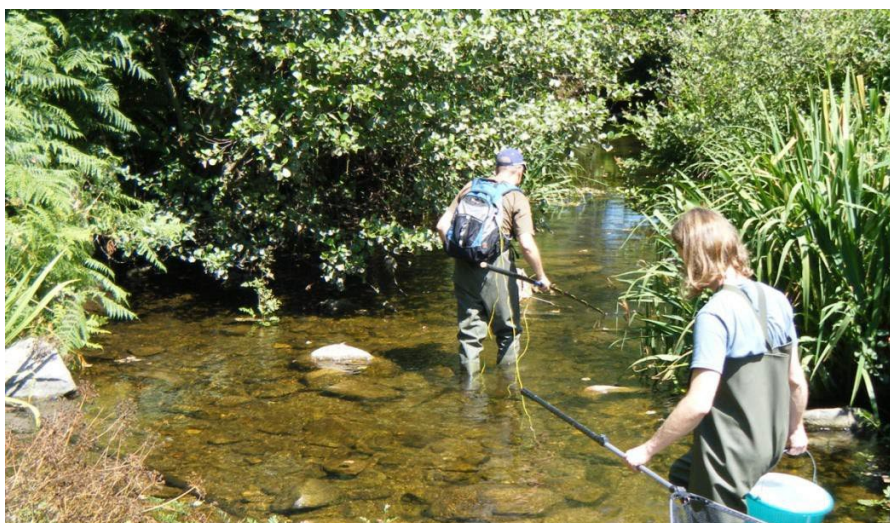


Figura 42. Jusante da ETAR de Cambra (rio Alfusqueiro, antes da confluência do rio Couto).

e) OLIVEIRA DE FRADES

Tal como aconteceu no concelho de Vouzela, os pontos de amostragem em Oliveira de Frades incidiram nos afluentes do rio Vouga e, tal como naquele concelho, também aqui tivemos dois locais de Índice de Integridade Biótica com classificação Boa e três com Fraca (Quadro 20).

Quadro 20. Índice de Integridade Biótica no concelho de Oliveira de Frades.

Métrica	Montante barragem Cainhas	Jusante barragem Cainhas	Montante Rio do Carregal*	Montante açude Destriz**	Jusante açude Destriz
Número de espécies nativas (%)	5	5	5	5	5
Indivíduos de espécies nativas (%)	3	3	3	5	1
Indivíduos de espécies muito tolerantes (%)	3	1	3	3	1
Indivíduos de <i>Sq. alburnoides</i> ou <i>Ach. oligolepis</i> (%)	5	3	5	3	1
Indiv. de espécies invertívoras pelágicas (%)	1	1	3	3	1
Abundância de <i>Procambarus clarkii</i>	5	5	5	5	5
Capturas por 100 m ² de área de amostragem (%)	1	1	3	3	3
Indivíduos com anomalias (%)	5	5	5	5	5
PONTUAÇÃO TOTAL	28	24	32	32	22
INTEGRIDADE BIÓTICA	FRACA	FRACA	BOA	BOA	FRACA

* Rio Alfusqueiro, a montante do seu afluente, rio do Carregal

** Montante do açude de Destriz = Jusante do afluente rio do Carregal

Algumas métricas destacaram-se bastante neste concelho pela positiva. Relativamente ao número de espécies nativas, à abundância de *Procambarus clarkii* (não detetados) e aos indivíduos com anomalias (não detetados), o concelho de Oliveira de Frades atingiu a pontuação máxima de 5 pontos em todos os locais de amostragem.

Neste concelho encontraram-se grandes diferenças entre os pontos a montante e a jusante do açude de Destriz (Figuras 43 e 44). Enquanto o número de espécies nativas (em percentagem), foi igualmente excelente em ambos os lados do açude, o número desses indivíduos foi tão diferente entre os dois lados, que levou a terem pontuações máxima (a montante) e mínima (a

jusante). Apesar de nos dois locais se verificarem quatro espécies nativas e uma exótica e invasora, a perca-sol (*Lepomis gibbosus*), o número de exemplares por espécie e correspondente frequência relativa em cada local, evidenciaram grandes diferenças.



Figura 43. Montante do açude de Destriz (rio Alfusqueiro).

Quanto à perca-sol (*Lepomis gibbosus*), a jusante correspondeu a 31,6% das capturas enquanto a montante foi de apenas 7,5%. Já com a espécie nativa truta-fário se verificou o oposto, com 5,3% das capturas a jusante e 42,5% a montante, evidenciando-se aqui algum antagonismo entre estas duas espécies, também descrito noutros capítulos deste estudo.

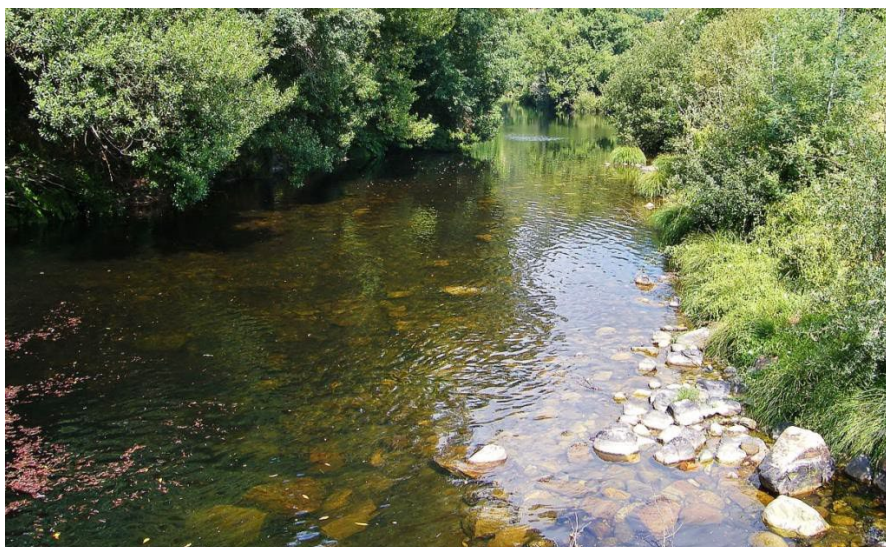


Figura 44. Jusante do açude de Destriz (rio Alfusqueiro).

Também não encontramos qualquer explicação razoável para o facto de só terem sido detetados exemplares de ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) com 7,5% das capturas, a montante deste açude, enquanto no caso do barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*) só fossem amostrados peixes desta espécie a jusante do mesmo (10,5% das capturas).

No que respeita à barragem das Cainhas, podemos salientar pela negativa, com pontuação mínima do Índice de Integridade Biótica, a percentagem de indivíduos de espécies invertívoras pelágicas e as capturas por 100 m² de amostragem. Em ambas as métricas podemos encontrar alguma explicação nos baixos níveis de oxigénio dissolvido nestes dois locais, em parte motivados pelo baixo caudal registado.

3. A QUALIDADE DA ÁGUA

1. A QUALIDADE DA ÁGUA NO GERAL

No Quadro 21 estão apresentados os valores médios dos parâmetros analisados nos 5 concelhos estudados. Embora não seja possível tirar qualquer conclusão do ponto de vista da tolerância biológica aos valores analíticos médios, estes valores permitem ter uma noção da variação qualitativa média da água nos pontos de amostragem dos 5 concelhos.

Estes valores médios refletem obviamente aspetos naturais, tanto de origem química, dependentes de variações litológicas do leito, diferentes consoante a constituição dos solos nas diferentes regiões, como os dependentes da altitude média do concelho, que influencia a temperatura do ar da água.

No entanto, há concelhos em que o grau de perturbação humana, mais ou menos intenso, influencia de forma marcante os valores analíticos médios por concelho. Estes dependem principalmente dos aglomerados urbanos, zonas industriais ou terrenos agrícolas que o rio atravessa, o funcionamento das ETAR, quando existem, e os obstáculos como açudes ou barragens.

Quadro 21. Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água nos 5 concelhos.

Parâmetro	V.N. Paiva	Viseu	S.P. Sul	Vouzela	O. Frades
Temperatura (°C)	16,2	17,9	19,9	18,4	18,7
Oxigénio Dissolvido (mg/L)	9,6	8,9	8,7	9,3	9,1
pH	6,2	6,6	6,7	6,5	6,7
Compostos amoniacais (mg/L)					
Amoníaco (NH ₃)	0,03	0,10	0,16	0,12	0,12
Amónia (NH ₄ ⁺)	0,03	0,11	0,18	0,15	0,15
Dureza Ca (°d)	1,54	0,05	0,07	0,70	0,10
Dureza Mg (°d)	1,60	0,52	0,57	3,28	4,63
Ferro (mg/L Fe)	0,16	0,05	0,05	0,08	0,10
Fosfato (mg/L PO ₄ ³⁻)	1,00	1,23	1,05	1,26	0,41
Fósforo (mg/L P)	0,90	0,83	1,06	1,40	1,08
Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)	0,03	0,05	0,06	0,06	0,04
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	1,00	1,24	3,50	3,36	3,59
Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01

Os valores médios das análises de água efetuadas no concelho de Vila Nova de Paiva, são perfeitamente compatíveis com os valores de tolerância admissíveis para as espécies piscícolas que habitam nos respetivos cursos de água. Este concelho destaca-se pelos valores mais baixos nos parâmetros da temperatura (16,2 °C), compostos amoniacais (0,03 mg/L) e nitratos (1,00 mg/L), e mais elevados em oxigénio dissolvido (9,6 mg/L) e dureza de cálcio (1,54 °d).

Também no concelho de Viseu, os valores médios são perfeitamente compatíveis com as espécies encontradas e foi o concelho que registou os valores mais reduzidos de dureza de cálcio (0,05 °d), dureza de magnésio (0,52 °d) e de fósforo (0,83 mg/L).

Em São Pedro do Sul, os resultados médios das análises de água efetuadas são ainda compatíveis com os valores de tolerância para as espécies que habitam nos rios do concelho. No entanto, destaca-se por ter sido o concelho onde se registaram valores médios mais elevados de temperatura (19,9 °C), compostos amoniacais (amoníaco 0,16 mg/L, amónia 0,18 mg/L) e sulfato (0,03 mg/L). Foi também aquele onde a quantidade de oxigénio dissolvido na água registou o valor mais baixo (8,7 mg/L).

O concelho de Vouzela revelou valores médios compatíveis com as espécies encontradas, mas temos de salientar o facto dos pontos de amostragem terem sido escolhidos nos afluentes do rio Vouga, facto que justifica plenamente a tolerância admissível de espécies mais sensíveis como os salmonídeos aos valores médios e individuais registados neste concelho. No entanto, foi aqui que se evidenciaram dos valores mais elevados de dureza de magnésio (3,28 mg/L), fosfatos (1,26 mg/L) e fósforo (1,40 mg/L).

Os valores médios dos parâmetros físico-químicos da água em Oliveira de Frades, embora também não tenham sido incompatíveis com a sobrevivência das espécies, apresentaram os valores máximos em dureza de magnésio (4,63 mg/L) e nitratos (3,59 mg/L). Por outro lado, foi o concelho com valores médios mais baixos em fosfato (0,41 mg/L).

4.3.2. A QUALIDADE DA ÁGUA POR CONCELHO

a) VILA NOVA DE PAIVA

No Quadro 22 apresentam-se os valores respeitantes a cada ponto de amostragem onde, naturalmente, os resultados são mais heterogéneos que os valores médios do concelho, embora neste caso, mesmo os valores mais extremos, não colocaram em risco as espécies piscícolas mais sensíveis.

Quadro 22. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Vila Nova de Paiva.

Parâmetro	Praia da Azenha = Canal	Mont. ETAR VNP (Hotel)	Jus. ETAR VNP	Mont. ETAR Fráguas	Jus. ETAR Fráguas	Covo*	Mont. ETAR Lousadela
Temp. (°C)	14,2	16,8	17,9	14,8	15,8	14,9	19,3
Oxig. diss. (mg/L)	9,8	9,6	9,0	10,1	9,5	10,3	8,6
pH	6,8	5,9	6,2	5,5	6,5	6,4	6,0
Comp. amon. (mg/L)							
Amoníaco (NH ₃)	0,02	0,03	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03
Amónia (NH ₄ ⁺)	0,03	0,01	0,06	0,03	0,04	0,01	0,03
Dureza Ca (°d)	1,50	1,20	1,60	1,50	1,70	1,50	1,80
Dureza Mg (°d)	1,60	1,20	1,70	1,50	1,80	1,40	2,00
Ferro (mg/L Fe)	0,24	0,12	0,25	0,16	0,20	0,05	0,10
Fosfato (mg/L PO ₄ ³⁻)	1,00	0,40	1,50	0,80	1,20	0,70	1,40
Fósforo (mg/L P)	0,80	0,50	0,90	0,70	1,10	0,80	1,50
Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)	0,01	0,02	0,05	0,00	0,03	0,02	0,08
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	0,40	0,80	1,00	0,70	1,20	1,40	1,50
Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00

* Covo (Entre os Rios) = Vila Cova à Coelheira

Atendendo a todos os parâmetros analisados, podemos considerar que os locais de amostragem com melhores resultados de qualidade de água para fins piscícolas foram os da Praia da Azenha (= Canal), montante da ETAR de VNP e no Covo. Depois destes três locais que lideram a qualidade da água em Vila Nova de Paiva do ponto de vista da fauna piscícola, e ainda com boa qualidade, temos os locais a jusante da ETAR de VNP, a montante e a jusante da ETAR de Fráguas. Finalmente, com qualidade um pouco inferior aos anteriores, temos o único ponto de amostragem do rio Vouga no concelho de Vila Nova de Paiva, a montante da ETAR de Lousadela.

b) VISEU

Quando analisamos os valores individuais de cada local de amostragem (Quadro 23), verificamos que a disparidade de alguns parâmetros consoante o local de amostragem, não nos permite tirar conclusões globais ao nível do concelho, uma vez que existem locais de excelente qualidade da água, ao contrário de outros cuja valorização para fins piscícolas fica muito aquém do desejado.

Quadro 23. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Viseu.

Parâmetro	Montante Açude - Ponte Vouguinha	Jusante Açude - Ponte Vouguinha	Almargem	Jusante ETAR Fragosela	Montante Alcafache	Jusante Alcafache	Parque linear Pavia
Temperatura (°C)	17,0	17,6	15,5	18,8	17,4	19,3	20,0
Oxig. Diss. (mg/L)	9,7	9,9	10,1	8,2	8,9	7,3	8,1
pH	7,3	7,0	7,5	5,9	6,0	6,6	6,2
Comp. amon. (mg/L)							
Amoníaco (NH ₃)	0,04	0,04	0,02	0,20	0,10	0,19	0,14
Amónia (NH ₄ ⁺)	0,05	0,05	0,01	0,24	0,12	0,18	0,15
Dureza Ca (°d)	0,00	0,00	0,00	0,08	0,10	0,10	0,05
Dureza Mg (°d)	0,20	0,30	0,10	0,75	0,80	0,90	0,60
Ferro (mg/L Fe)	0,04	0,05	0,08	0,04	0,03	0,05	0,09
Fosfato (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,60	1,00	0,40	1,80	1,70	2,10	1,00
Fósforo (mg/L P)	0,30	0,40	0,20	1,30	1,30	1,80	0,50
Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)	0,01	0,04	0,02	0,09	0,06	0,10	0,03
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	0,30	0,80	0,40	2,10	1,60	2,50	1,00
Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00

Podemos considerar que os locais de amostragem em que foram evidentes os melhores resultados de qualidade de água para efeitos de fauna piscícola, foram os de Almargem e a montante do açude da Ponte Vouguinha.

Depois destes dois locais que lideram a qualidade da água em Viseu do ponto de vista dos recursos piscícolas, seguem-se, ainda com boa qualidade, os locais a jusante do açude da Ponte Vouguinha e no Parque Linear do rio Pavia, embora neste último ponto, as várias análises efetuadas ao longo do ano apresentem valores muito diferentes, sempre de pior qualidade nos meses com menores valores de precipitação, em que o baixo caudal se revela claramente limitante da qualidade da água.

Os três restantes locais de amostragem, no rio Dão, revelaram-se os de pior qualidade para fins piscícolas, não sendo compatíveis com espécies sensíveis como é o caso dos salmonídeos, que dificilmente poderiam sobreviver ao verão nestas águas com elevada temperatura e, nalgumas situações, baixos níveis de oxigénio dissolvido. Nestes três pontos do rio Dão e, descendo de montante para jusante, é interessante verificar que os parâmetros analisados revelaram uma ligeira melhoria dos valores entre o ponto a jusante da ETAR de Fragosela e o seguinte, a montante de Alcafache. Provavelmente há o efeito conjunto de, por um lado, uma natural autodepuração pela movimentação e oxigenação da água e, por outro, a diluição de alguns parâmetros ao longo do rio no seu percurso para jusante. Depois de passar pela povoação de Alcafache, as análises mostram de novo um agravamento de quase todos os parâmetros, com realce para o caso interessante da temperatura.

Na povoação de Alcafache existe uma estação termal de águas sulfurosas e quentes, cujo efluente que é canalizado para o rio Dão. A temperatura desta água atinge os 51 °C e, apesar do seu baixo caudal e algum arrefecimento que ocorre entre o ponto de captação e o local de descarga, poderá haver um ligeiro efeito de aquecimento da água do rio Dão, principalmente em épocas estivais de caudal mais reduzido do rio. Nas análises, os valores médios das medições a montante e a jusante das termas mostraram uma diferença de 1,9 °C.

c) SÃO PEDRO DO SUL

Individualmente, por local de amostragem, este concelho evidencia grandes diferenças entre a qualidade da água nos troços mais a montante do rio Vouga (Central elétrica) e mais a jusante do mesmo rio (ETAR SPS/Vouzela). Esta heterogeneidade faz deste concelho o "ponto de viragem" entre um Vouga de águas bem oxigenadas, rápidas, frias e com menos carga poluente, a montante, e um Vouga a jusante do concelho onde estes parâmetros se alteram de forma assinalável. Quando analisamos o Quadro 24, a alteração dos parâmetros físico-químicos da água ao longo do concelho são bem visíveis, o que justifica perfeitamente as diferenças encontradas a montante e a jusante do concelho, tanto no que concerne à fauna piscícola (ponto 4.1.), como à integridade biótica calculada (ponto 4.2.), também muito variável ao longo do Vouga no seu percurso em São Pedro do Sul.

Quadro 24. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de São Pedro do Sul.

Parâmetro	Mont. SPS (Central elétrica)	Montante Lenteiro (Sul)	Jusante Lenteiro - ilha (Vouga)	Jusante ribeira Telheiro	Jusante Termas SPS	Jusante ETAR SPS/Vouzela
Temperatura (°C)	18,5	18,0	18,8	20,6	21,4	22,3
Oxig. Diss. (mg/L)	10,1	9,7	8,9	6,8	8,5	7,9
pH	6,8	6,0	7,2	7,3	6,2	6,9
Comp. amon. (mg/L)						
Amoníaco (NH ₃)	0,04	0,08	0,12	0,40	0,16	0,19
Amónia (NH ₄ ⁺)	0,01	0,03	0,10	0,54	0,22	0,18
Dureza Ca (°d)	0,06	0,02	0,05	0,08	0,08	0,11
Dureza Mg (°d)	0,08	0,00	0,12	1,52	0,80	0,90
Ferro (mg/L Fe)	0,02	0,11	0,05	0,06	0,03	0,05
Fosfato (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,25	0,34	1,10	3,00	0,52	1,07
Fósforo (mg/L P)	0,40	0,10	0,70	2,05	1,50	1,60
Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)	0,00	0,02	0,04	0,20	0,05	0,07
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	1,80	2,42	2,80	8,40	2,06	3,50
Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,03	0,11	0,00	0,01

Tal como tínhamos constatado no concelho de Viseu, também aqui verificamos que a disparidade verificada em alguns parâmetros, dependente do local de amostragem, não permite concluir globalmente acerca da qualidade desta água

para fins piscícolas ao nível concelhio, uma vez que existem locais do rio Vouga de qualidade da água muito boa, ao contrário de outros cuja avaliação para fins piscícolas é claramente inferior.

Em São Pedro do Sul, dois locais revelaram-se nitidamente merecedores da classificação de excelente qualidade da água para fins piscícolas. São eles, o ponto de amostragem a montante da cidade (junto à central elétrica) e no rio Sul, antes da confluência com o Vouga, a montante do Lenteiro do Rio. Os restantes quatro pontos de amostragem do concelho, todos no Vouga, mostraram valores mais degradados da qualidade da água para a fauna piscícola. As diferenças encontradas nos parâmetros analisados, entre o ponto a montante de São Pedro do Sul e o ponto seguinte do Vouga (jusante do Lenteiro do Rio), já em plena área urbana, são muito evidentes. Estas só podem significar algum efeito negativo da diminuição da velocidade e oxigenação da água, mas a influência da passagem do rio pela cidade terá certamente uma consequência prejudicial na qualidade da água. Se é verdade que o único rio que se junta ao Vouga entre estes dois pontos é o rio Sul, com excelente qualidade da água no ponto de amostragem, verificámos, no entanto, que, entre o local de amostragem no Sul e o seu ponto de confluência com o Vouga (cerca de 200 metros mais a jusante), existem algumas descargas de efluentes urbanos que poderão estar na origem deste tipo de alterações. Ou seja, o rio Sul não será, na sua maior extensão, responsável pela contaminação do Vouga, mas poderá sê-lo por eventuais descargas muito próximas do ponto de confluência. De qualquer forma, o pequeno caudal do rio Sul comparado com o rio Vouga, terá sempre um efeito minimizado pela diferença do volume de água, mas pode ter contribuído para o agravamento dos parâmetros analisados.

Caso diferente é o que se passa no ponto de amostragem seguinte, a jusante da ribeira do Telheiro. Aqui, a qualidade da água mostrou-se verdadeiramente problemática para qualquer espécie piscícola, pelo menos nos momentos das nossas deslocações ao rio para as recolhas de amostras por pesca elétrica e realização de análises de água. Provavelmente este local merece uma atenção especial no sentido da minimização de danos graves ao ecossistema fluvial, nomeadamente nos meses de verão. As descargas provenientes desta ribeira, mostraram ser demasiado concentradas em contaminantes químicos e

orgânicos, de forma que o seu efeito no rio Vouga no troço imediatamente a jusante do local, manifestava evidente turbidez, cheiro desagradável e redução clara da fauna piscícola aí existente, como pode ser constatado no ponto 4.1.2.c). Felizmente o rio Vouga mostrou alguma capacidade de autodepuração a jusante deste ponto, pois apesar do local seguinte já sofrer o efeito das termas de São Pedro do Sul, os valores analíticos verificados são já bastante melhores que os verificados no ponto a jusante da ribeira do Telheiro.

O ligeiro agravamento verificado no último local mais a jusante de todos do concelho de São Pedro do Sul (jusante da ETAR SPS/Vouzela), é compreensível que se verifique face a uma ETAR que funciona para as duas sedes de concelho e pelo facto das amostragens serem efetuadas numa época estival. Com o aumento da temperatura da água e da concentração de contaminantes, devido à menor quantidade de água no verão e maior carga sobre a ETAR, motivada pelo aumento da população neste período, poderá vir a ser considerada a hipótese de repensar esta utilização conjunta desta ETAR.

d) VOUZELA

No caso do concelho de Vouzela, já não foi o rio Vouga o alvo das análises de água, pelo facto deste se encontrar num curso médio-baixo e os valores verificados a montante deste concelho (os mais a jusante do concelho de São Pedro do Sul) terem mostrado uma qualidade da água incompatível com a sobrevivência de algumas espécies mais sensíveis, nomeadamente salmonídeos como a truta-fário. Como pretendemos avaliar o efeito da qualidade da água e suas alterações, na sobrevivência de espécies mais sensíveis, foi decidido, em conjunto com as autarquias de Vouzela e de Oliveira de Frades, efetuar esta avaliação nos rios afluentes do Vouga, que ainda têm capacidade de garantir a sobrevivência destas espécies.

Quadro 25. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Vouzela.

Parâmetro	Montante ETAR Fataunços	Jusante ETAR Fataunços	Jusante ETAR Cambra*	Montante Barragem Cercosa**	Jusante Barragem Cercosa
Temperatura (°C)	17,2	18,8	18,6	18,9	18,4
Oxig. Diss. (mg/L)	10,5	8,7	9,5	8,9	9,1
pH	6,8	7,2	6,6	6,2	5,8
Comp. amon. (mg/L)					
Amoníaco (NH ₃)	0,06	0,22	0,08	0,12	0,10
Amónia (NH ₄ ⁺)	0,09	0,26	0,15	0,14	0,12
Dureza Ca (°d)	0,41	0,89	0,53	0,77	0,90
Dureza Mg (°d)	3,38	4,72	2,45	2,85	3,00
Ferro (mg/L Fe)	0,08	0,11	0,09	0,06	0,06
Fosfato (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,82	1,78	0,95	1,35	1,40
Fósforo (mg/L P)	0,39	0,71	0,74	2,50	2,66
Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)	0,02	0,12	0,04	0,07	0,05
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	2,45	4,85	2,82	3,10	3,58
Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01

* Jusante da ETAR de Cambra (rio Alfusqueiro) = rio Couto

** Montante da barragem de Cercosa = Jusante de Porto da Várzea (Oliveira de Frades)

Quando analisamos os resultados das análises individuais efetuadas em cada ponto (Quadro 25), constatamos alguma heterogeneidade de valores, tendo em conta alguns pontos de perturbação antropogénica como ETAR's ou barragens. No entanto, não se encontrou aqui tanta disparidade como foi verificado no concelho anterior de São Pedro do Sul. Este facto deve-se claramente aos

cursos de água analisados em Vouzela serem todos fora do rio Vouga, mais propriamente em alguns dos seus afluentes, com características de água semelhantes, ao contrário de São Pedro do Sul em que a quase totalidade dos locais amostrados se estendeu ao longo do rio Vouga, com a consequente progressiva degradação da qualidade da água para fins piscícolas de montante para jusante.

Em relação aos pontos individuais, podemos referir que não se manifestaram diferenças tão marcantes como aconteceu noutros concelhos. Os dois melhores locais de amostragem em relação às análises de água para fins piscícolas foram a montante da ETAR de Fataunços e a jusante da ETAR de Cambra. Tanto a montante como a jusante da barragem de Cercosa, os valores obtidos são bastante aceitáveis com exceção do fósforo, que evidenciou valores bastante mais elevados comparativamente aos restantes pontos de amostragem. Uma hipótese explicativa para este facto pode ser a ocorrência de aguaceiros que se verificou nos dias anteriores aos momentos de amostragem, que poderão ter arrastado eventuais resíduos de fertilizações ricas naquele mineral, dos terrenos agrícolas adjacentes para a água do rio. Este facto não se verificou em análises de controlo que foram efetuadas cerca de um mês mais tarde. A jusante da ETAR de Fataunços os valores registados foram os piores de todos os amostrados no concelho de Vouzela, mas não atingiram níveis preocupantes como aconteceu noutros pontos de outros concelhos, onde a vida das espécies piscícolas mais sensíveis está seriamente comprometida. Este facto está comprovado pela captura de alguns exemplares de truta-fário neste local que, apesar de terem continuidade fluvial, não se deslocaram para jusante em busca de águas de melhor qualidade.

e) OLIVEIRA DE FRADES

Como já foi referido no concelho anterior, em Vouzela, também em Oliveira de Frades já não foram efetuadas amostragens no rio Vouga, mas sim nos seus afluentes da margem esquerda. Esta decisão, mereceu o consenso entre a equipa técnica deste estudo e a autarquia, uma vez que o grau de perturbação do rio Vouga neste concelho é demasiado importante para merecer qualquer monitorização da qualidade da água e fauna piscícola.

Os motivos principais para esta decisão já foram referidos anteriormente, a grande barragem de Ribeiradio, responsável por alterações muito significativas da qualidade da água e dos ecossistemas que dela dependem, tornando infrutíferas quaisquer recomendações de ordenamento, requalificação ou preservação de habitats, no contexto deste trabalho. Em segundo lugar, e tal como aconteceu no concelho de Vouzela, o rio Vouga na área de influência deste concelho, está já numa fase média-baixa do seu curso, pelo que a conjugação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, não permite a sobrevivência das espécies mais sensíveis como a truta-fário que, desta forma, se limitam aos seus afluentes, pelo que foi tomada a decisão de optar pelos afluentes como pontos de amostragem.

Quando analisamos os valores individuais de cada local de amostragem do concelho de Oliveira de Frades (Quadro 26), verificamos que, apesar de existir uma situação que merece alguma preocupação no rio Alfusqueiro, não existe grande disparidade dos valores amostrados em cada local. Assim, os valores revelaram-se algo diferentes, mas em nenhum local foram considerados perigosos para as espécies mais sensíveis que neles habitam, nomeadamente a truta-fário.

Em ambas as descontinuidades consideradas, barragem de Cainhas e açude de Destriz, verificou-se uma maior temperatura e menor oxigénio dissolvido a montante destes locais, facto que era de esperar pelo efeito de abrandamento das águas antes da sua queda para jusante. Há que considerar a dificuldade que alguns peixes de espécies potamódromas poderão sentir nas suas migrações ao longo destes pequenos rios, perante este tipo de descontinuidades físicas como açudes ou barragens. No caso do açude de Destriz, fomos informados por elementos da junta de Freguesia presentes no local que, no inverno, aquando das elevadas precipitações, o caudal e o nível

do rio elevam-se tanto, que o muro do açude não constitui um verdadeiro obstáculo para os peixes, sendo transposto com facilidade uma vez que a água passa abundantemente sobre o referido muro. Pelo contrário, nas restantes épocas do ano, o problema da descontinuidade fluvial é uma realidade.

Quadro 26. Valores dos parâmetros físico-químicos da água nos pontos de amostragem do concelho de Oliveira de Frades.

Parâmetro	Montante barragem Cainhas	Jusante barragem Cainhas	Montante Rio do Carregal*	Montante açude Destriz**	Jusante açude Destriz
Temperatura (°C)	19,8	19,4	17,6	18,5	18,4
Oxig. Diss. (mg/L)	8,1	8,8	9,8	9,0	10,0
pH	6,5	6,3	7,0	6,9	7,0
Comp. amon. (mg/L)					
Amoníaco (NH ₃)	0,14	0,13	0,12	0,10	0,12
Amónia (NH ₄ ⁺)	0,15	0,21	0,14	0,10	0,13
Dureza Ca (°d)	0,08	0,09	0,12	0,10	0,11
Dureza Mg (°d)	3,94	3,66	5,12	5,78	5,60
Ferro (mg/L Fe)	0,08	0,10	0,09	0,11	0,12
Fosfato (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,39	0,38	0,47	0,33	0,49
Fósforo (mg/L P)	0,60	0,40	1,00	1,60	1,80
Nitrito (mg/L NO ₂ ⁻)	0,02	0,01	0,04	0,09	0,06
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻)	3,38	3,80	3,81	3,13	3,82
Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01

* Rio Alfusqueiro, a montante do seu afluente, rio do Carregal

** Montante do açude de Destriz = Jusante do rio do Carregal, afluente do rio Alfusqueiro

Já na barragem das Cainhas, a situação é mais grave, funcionando esta como barreira permanente às migrações. Apesar de não ter escada para peixe, o que não é muito compreensível, principalmente em águas de salmonídeos, podemos, no entanto, afirmar que, neste caso, a construção de escadas para peixe poderá, por si própria, não resolver o que consideramos o principal problema desta barragem. No nosso entender, a manutenção do caudal ecológico no rio Alfusqueiro não estará a ser devidamente acautelada de forma permanente. A extração de água na época estival está claramente a pôr em risco o ecossistema fluvial nesta zona, pelo que são propostas medidas de correção no ponto 4.5.

4.4. EFEITO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA DISTRIBUIÇÃO DA FAUNA PISCÍCOLA

Estamos convictos que a presença de uma espécie num determinado local nem sempre está relacionado com a qualidade da água, pelo menos nas espécies mais resistentes, dependendo também de fatores como as migrações potamódromas, a escassez ou abundância de alimento num determinado local, a presença de predadores ou de outros fatores perturbadores como ruídos, a presença de humanos, animais ou viaturas nas proximidades. No entanto, é conhecido o efeito da qualidade da água na presença ou ausência de espécies mais sensíveis a parâmetros tão limitantes como a temperatura ou o oxigénio dissolvido.

Em seguida são apresentados e discutidos os resultados da aplicação da Análise Canónica de Correspondência (AAC) aos dados anteriores, relativos à distribuição da fauna piscícola e da qualidade da água.

4.4.1. ANÁLISE CANÓNICA DE CORRESPONDÊNCIA NO GERAL

Inicialmente tentou avaliar-se o efeito de todos os parâmetros ambientais na distribuição de todas as espécies em todos locais de amostragem numa única ACC que pudesse englobar todos os efeitos ambientais em simultâneo (Figura 45). Tal como esperado, verifica-se claramente que, a quase sobreposição de alguns vetores e a diminuição da sua grandeza relativamente ao afastamento total de alguns pontos de espécie e local, relativamente à origem, demonstra que a sobreposição de correlações entre parâmetros é indicadora da pertinência da redução do número de parâmetros ambientais para facilitar a interpretação dos resultados.

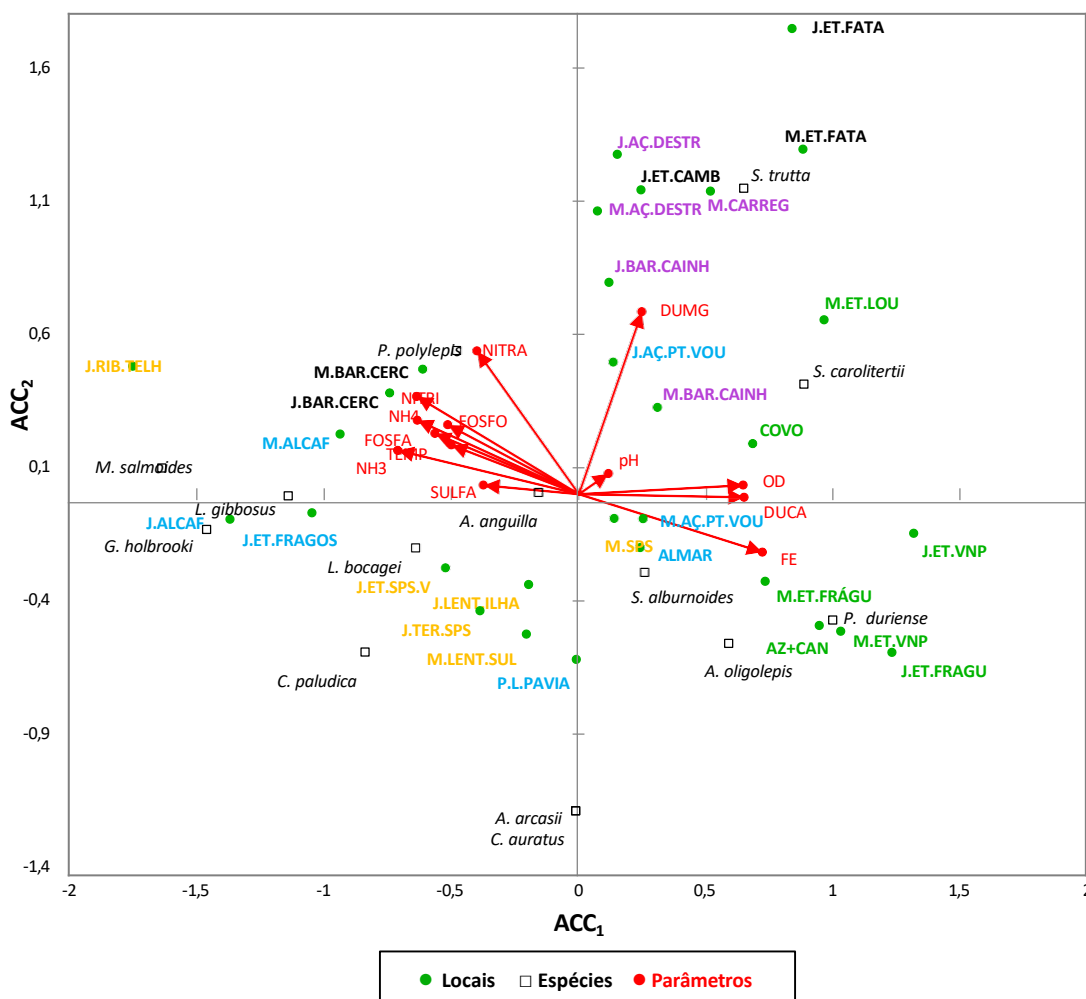


Figura 45. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos 13 parâmetros ambientais nos 5 concelhos.

Quando se retiram alguns parâmetros redundantes (Figura 46), ficando com 9 dos 13 iniciais, o comprimento dos vetores ambientais, proporcionalmente torna-se maior em relação às distâncias dos pontos espécie e local ao centro do gráfico, o que revela uma melhor explicação das correlações entre os fatores ambientais e a distribuição zoogeográfica da fauna piscícola em cada concelho.

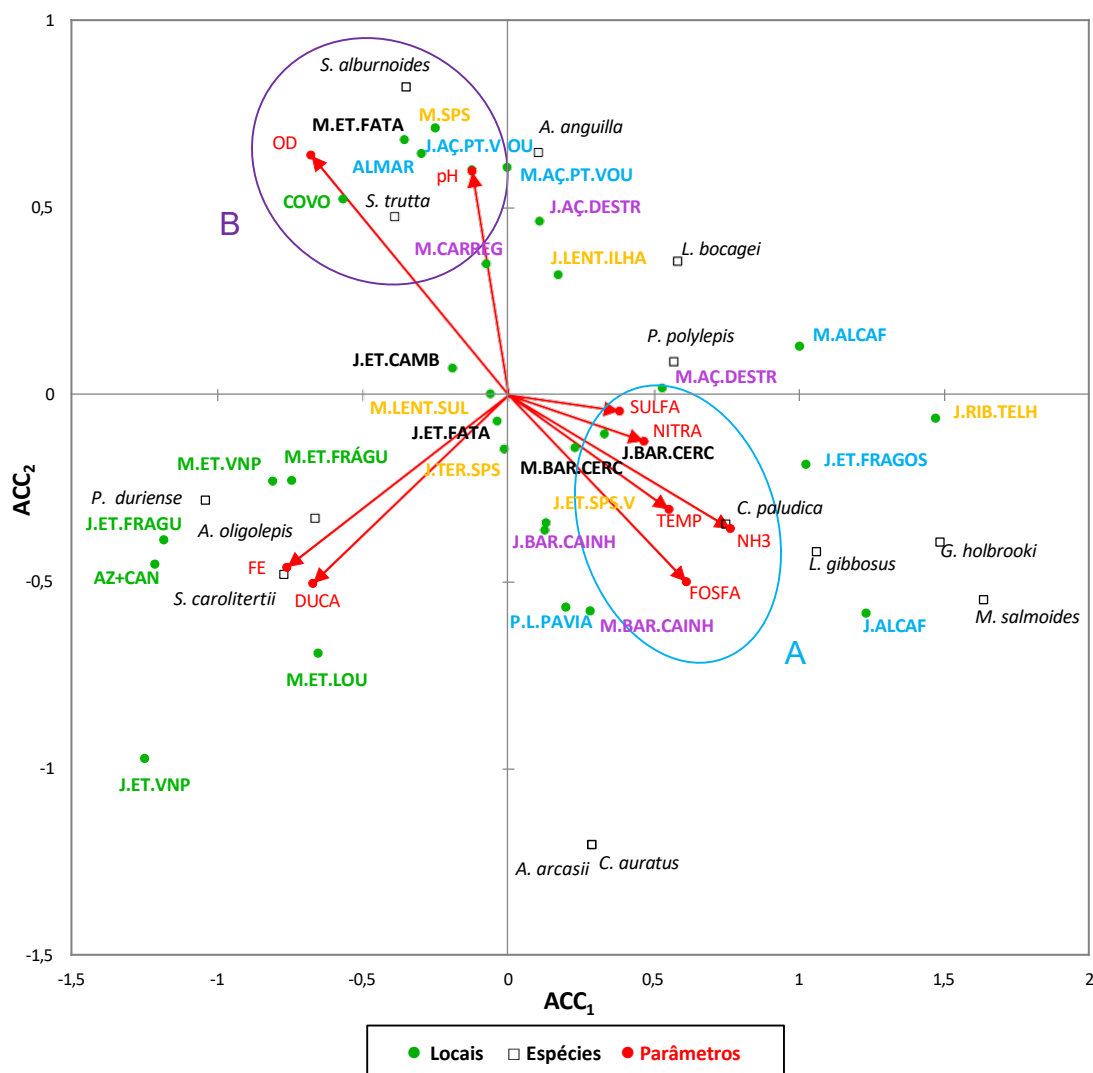


Figura 46. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente a 9 parâmetros ambientais principais nos 5 concelhos.

Relativamente aos parâmetros físico-químicos da água, é de notar a partilha da mesma zona do gráfico (A) entre a elevada temperatura da água e os parâmetros mais coincidentes com contaminações antropogénicas, como é o caso dos sulfatos, nitratos, fosfatos e compostos amoniacais como o amoníaco. De facto, é nas zonas de menor altitude que se situam os cursos mais lentos dos rios, com águas mais quentes e, simultaneamente, com maiores contribuições de contaminantes de efluentes urbanos ou outros. Em oposição a estes parâmetros encontramos, na zona oposta do gráfico (B), o oxigénio dissolvido e o pH, cujos prolongamentos negativos coincidem com os vetores daqueles seis parâmetros de pior qualidade da água, situados nas zonas mais baixas.

Os parâmetros do ferro e dureza de cálcio, encontram-se claramente fora deste eixo (A-B), aparentemente em nada relacionados com os parâmetros anteriores, mas bastante correlacionados positivamente entre si. Este aspeto revela-se à primeira vista surpreendente pelo facto das águas mais ferrosas serem predominantemente graníticas nesta região, o que não explica, a proximidade com o vetor da dureza de cálcio, característica de águas mais calcárias. No entanto, se verificarmos os valores absolutos desta dureza, podemos concluir que, apesar de serem dos mais elevados do estudo, são bastante baixos em termos globais, por não existirem águas verdadeiramente duras (calcárias) em toda a região.

Em termos de espécies, podemos encontrar facilmente algumas tendências gerais. Por exemplo, é evidente a associação de proximidade geográfica e ambiental entre *Squalius alburnoides* (bordalo) e *Salmo trutta* (truta-fário), correspondendo, em termos de proximidade de vetores ambientais, ao seu aparecimento em regiões com elevado teor em oxigénio dissolvido na água e também elevado pH. Pelo contrário, em termos dos vetores temperatura e outros parâmetros associados à contaminação das águas como sulfatos, nitratos, fosfatos ou amoníaco, as trutas e os bordalos ocupam claramente uma zona oposta a estes parâmetros (B), pelo que o seu aparecimento estará negativamente correlacionado com eles.

É precisamente na zona do gráfico (A) das elevadas temperaturas e parâmetros de contaminação, que podemos encontrar as espécies exóticas deste estudo, *Carassius auratus* (pimpão), *Gambusia holbrooki* (gambúsia), *Lepomis gibbosus* (perca-sol) e *Micropterus salmoides* (achigã), embora também possamos ver duas espécies locais nestas regiões mais degradadas, nomeadamente *Achondrostoma arcasii* (panjorca) e *Cobitis paludica* (verdemã-comum).

Relativamente aos locais, a distribuição pelos 4 quadrantes dos gráficos de ACC, foi uma realidade em todos os concelhos, mostrando alguma interessante diversidade de habitats em cada concelho. Só no caso de Vila Nova de Paiva é que a quase totalidade dos pontos (exceto o Covo) se situou no mesmo quadrante, muito correlacionados positivamente com os elevados teores em ferro e elevada dureza de cálcio.

Vamos agora analisar as relações entre os parâmetros da água e a distribuição geográfica das espécies, em cada concelho separadamente. Para clarificação

das interpretações, dividiram-se os parâmetros da água em três grupos para cada concelho. Num primeiro grupo de ordenação de Análise Canónica de Correspondência, temos a temperatura da água (TEMP) o oxigénio dissolvido (OD) e o pH (pH). Num segundo gráfico temos os parâmetros do ferro (FE), dureza de cálcio (DUCA) e amoníaco (NH₃). Finalmente, numa terceira e última ordenação gráfica de ACC, foram incluídos os parâmetros de fosfatos (FOSFA), nitratos (NITRA) e sulfatos (SULFA). Estas foram as distribuições e agrupamentos de parâmetros cujos resultados de ACC se mostraram mais conclusivas e independentes entre si, em relação à distribuição das espécies pelos diferentes pontos de amostragem em cada concelho.

4.4.2. ANÁLISE CANÓNICA DE CORRESPONDÊNCIA POR CONCELHO

a) VILA NOVA DE PAIVA

Relativamente aos parâmetros temperatura da água, oxigénio dissolvido e pH, o gráfico de ordenação da ACC em Vila Nova de Paiva (Figura 47) mostra claramente uma distribuição da maioria das espécies na zona superior do gráfico (5 em 6 espécies), com exceção de *A. oligolepis* (ruivaco), cuja distribuição está correlacionada positivamente com pH e oxigénio dissolvido elevados.

Aqui, 3 das 6 espécies, *S. trutta* (truta-fário), *P. polylepis* (boga-comum) e *S. carolitertii* (escalo-do-Norte) aparecem numa associação de proximidade assinalada (A) com 4 locais, 3 deles no rio Paiva (Montante e Jusante da ETAR de V. N. Paiva e Covo) e 1 no rio Vouga (Montante de ETAR de Lousadela).

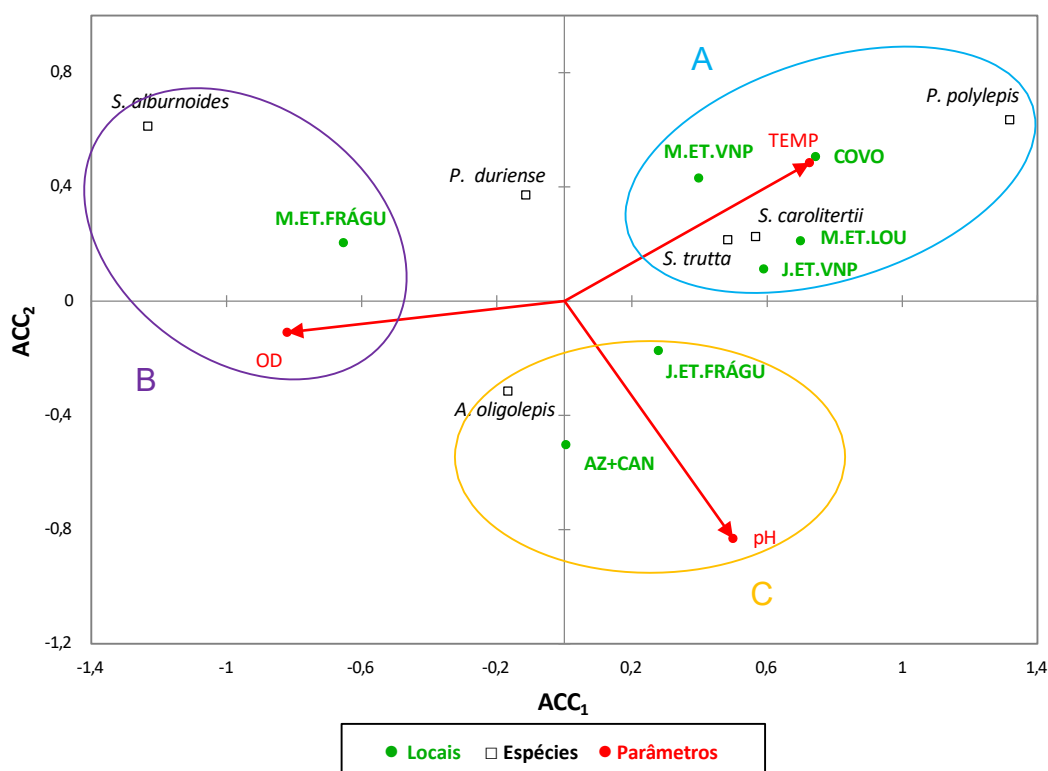


Figura 47. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Vila Nova de Paiva.

Abordando agora os parâmetros de qualidade da água, a aglomeração gráfica de espécies e locais referida no parágrafo anterior, tem associada uma correlação positiva com a temperatura. Numa abordagem mais primária, pareceria estranho encontrarmos espécies como a truta-fário associadas a

temperaturas elevadas. No entanto, o que se passa neste concelho em relação a este parâmetro, é atípico e diferente da realidade dos outros 4 concelhos. De facto, as variações de temperatura em Vila Nova de Paiva são ligeiras e todos os valores se encontram dentro do que se podem considerar águas frias, perfeitamente adaptadas à sobrevivência e conforto térmico das trutas. Logo, dentro de um intervalo de temperaturas tão favorável encontramos naturalmente mais trutas onde a temperatura for mais elevada, pois mesmo esta está perfeitamente suportável por esta espécie e, com a vantagem de ser mais produtiva e abundante em alimento natural, pelo que é mais procurada por esta espécie predadora.

Por consequência da temperatura, mas inversamente correlacionado com esta, aparece quase sempre o oxigénio dissolvido pois, como é globalmente conhecido, o oxigénio dissolvido está inversamente correlacionado com a temperatura mais elevada. Mais uma vez isto se verifica neste concelho com os dois vetores em posições praticamente invertidas. Uma vez que as trutas aparecem neste concelho mais frequentemente associadas às temperaturas mais elevadas, vão também, e como consequência disso, encontrar-se de forma mais rara nos locais com maior quantidade de oxigénio dissolvido na água, o que também é estranho se for avaliado de forma desenquadrada com a realidade montanhosa deste concelho.

Relativamente aos parâmetros oxigénio dissolvido e pH, o ponto de amostragem mais correlacionado positivamente com o oxigénio dissolvido é o localizado a Montante da ETAR de Fráguas (B), que é também o local de maior abundância de *S. alburnoides* (bordalo). Em termos de pH, pode-se encontrar uma relação gráfica de proximidade (C) entre valores mais elevados de pH (embora sempre inferiores a 7) e os locais a Juzante da ETAR de Fráguas e Azenha+Canal, tendo associada a estes locais o *A. oligolepis* (ruivaco) com alguma abundância relativa.

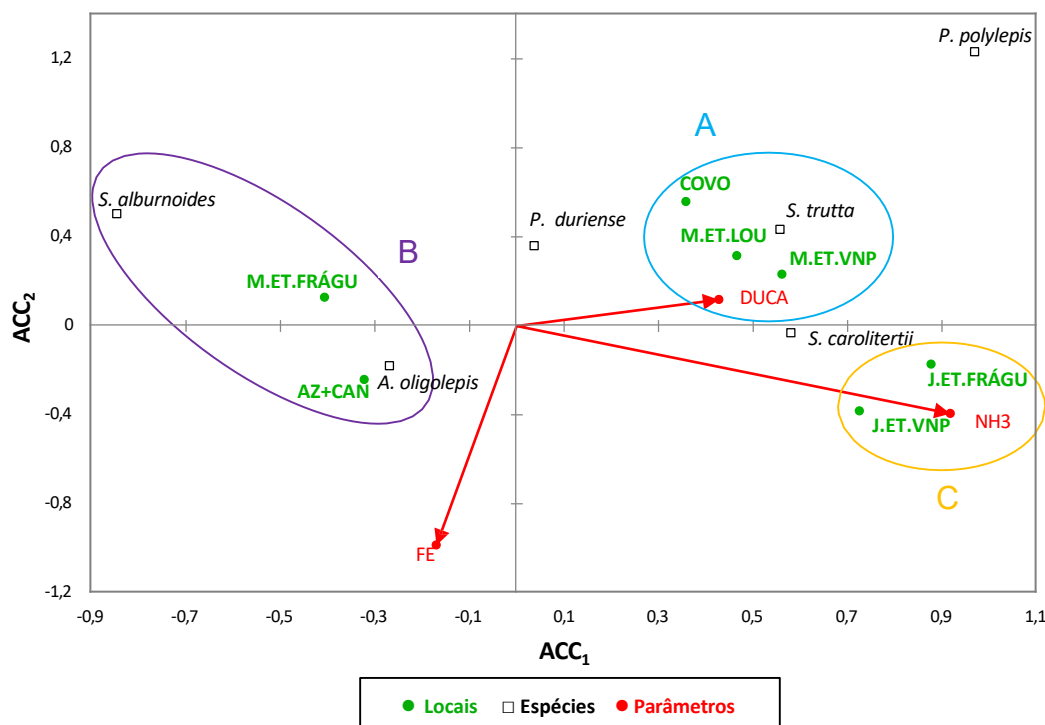


Figura 48. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH₃) e ferro (FE), em Vila Nova de Paiva.

No que diz respeito aos parâmetros dureza de cálcio, amoníaco e ferro, o gráfico de ordenação da ACC em Vila Nova de Paiva (Figura 48) revela-nos uma proximidade gráfica do ponto relativo à *S. trutta* (truta-fário) com os locais a Montante da ETAR de Vila Nova de Paiva, Montante da ETAR de Lousadela e Covo, tendo sido mais abundante nestes locais relativamente às outras espécies aí identificadas (A). De uma forma mais secundária relativamente às trutas, podemos também verificar alguma proximidade relativamente a este núcleo (A) no que concerne às espécies *S. carolitertii* - (escalo-do-Norte), *P. polylepis* (boga-comum) e *P. duriense* (boga-do-Norte).

É visível, neste caso, que estes locais e as espécies que neles abundam estão associados a valores mais elevados de dureza de cálcio e compostos amoniacais e estão correlacionados negativamente com os valores mais elevados em ferro.

Podemos também perceber que há uma associação (B) entre os locais a Montante da ETAR de Fráguas e Azenha+Canal, tendo a eles ligadas por uma relação de maior abundância relativa, as espécies *S. alburnoides* (bordalo) e *A. oligolepis* (ruivaco). Ao contrário do verificado no agrupamento anterior (A),

nestes locais e correspondentes espécies, há uma correlação positiva com o teor em ferro e negativa com a dureza de cálcio e os compostos amoniacaís.

Por sua vez, ficou também claro que os locais onde estes compostos amoniacaís foram mais concentrados nas amostragens e análises efetuadas, foram os pontos a Jusante das ETAR de Fráguas e Vila Nova de Paiva (C). Apesar disso, os valores máximos deste parâmetro foram ainda reduzidos, pelo que foi possível encontrar espécies tão sensíveis como as trutas nestes locais.

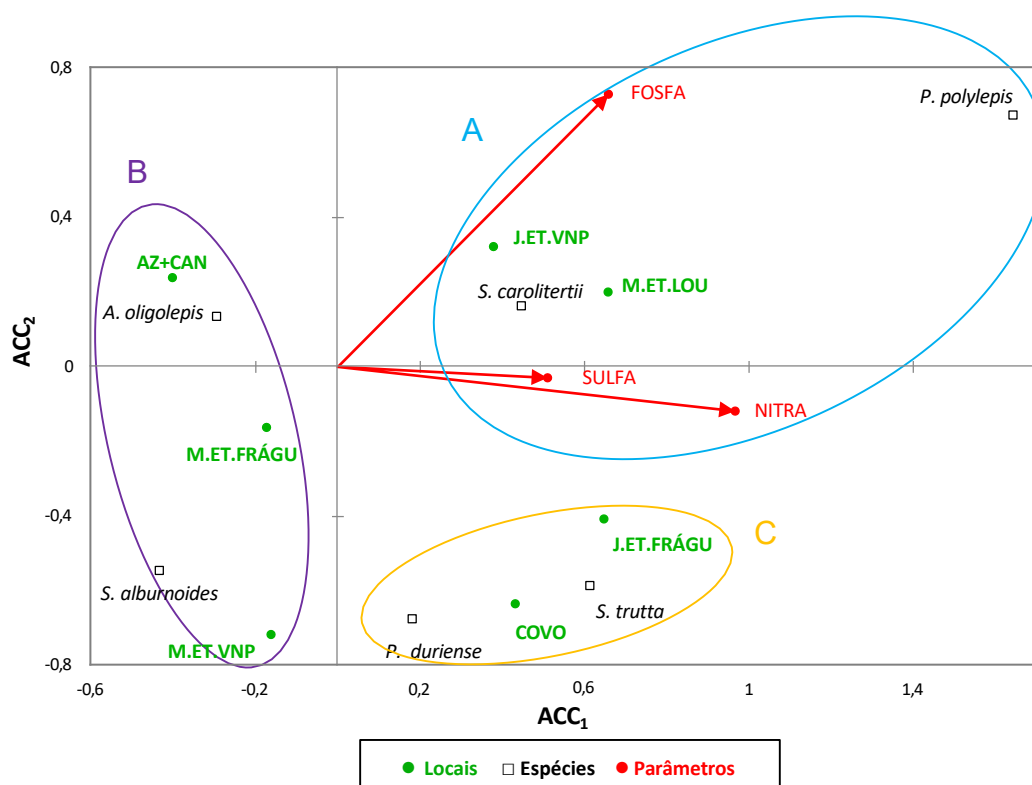


Figura 49. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Vila Nova de Paiva.

Quanto aos parâmetros fosfatos, sulfatos e nitratos, no gráfico de ordenação da ACC em Vila Nova de Paiva (Figura 49), é visível um agrupamento entre a frequência relativa das espécies *S. carolitertii* (escalo-do-Norte) e *P. polylepis* (boga-comum) com os locais a Jusante da ETAR de Vila Nova de Paiva e a Montante da ETAR de Lousadela (A).

O maior afastamento gráfico da *P. polylepis* (boga-comum) relativamente a estes dois locais deve-se apenas a uma maior correlação positiva da distribuição relativa desta espécie com os três parâmetros de qualidade da água, que

promovem um maior afastamento do ponto de espécie para a periferia do gráfico.

Em oposição aos vetores dos fosfatos, sulfatos e nitratos (correlacionados negativamente com as elevadas concentrações destes parâmetros), podemos encontrar os locais a Montante das ETAR de Fráguas e de Vila Nova de Paiva, bem como a zona da Azenha+Canal (B). Associados a estes locais, temos o aparecimento frequente de *A. oligolepis* (ruivaco) e de *S. alburnoides* (bordalo).

Podemos ainda encontrar um pequeno agrupamento (C) entre dois pontos, Jusante da ETAR de Fráguas e Covo, e duas espécies, *P. duriense* (boga-do-Norte) e *S. trutta* (truta-fário). O aparecimento frequente destas espécies nestes locais já não pode justificar-se, tal como acontecia no agrupamento B, pela correlação negativa com os três parâmetros da água em causa neste gráfico, uma vez que, os locais e espécies de C já se encontram numa zona do gráfico cujas perpendiculares encontram a porção positiva dos vetores do sulfato e nitrato, em todos eles, mas também do sulfato no caso da truta-fário e do local a Jusante da ETAR de Fráguas.

b) VISEU

No que respeita aos parâmetros temperatura da água, oxigénio dissolvido e pH, o gráfico de ordenação da ACC em Viseu (Figura 50) mostra-nos claramente uma distribuição bipolar.

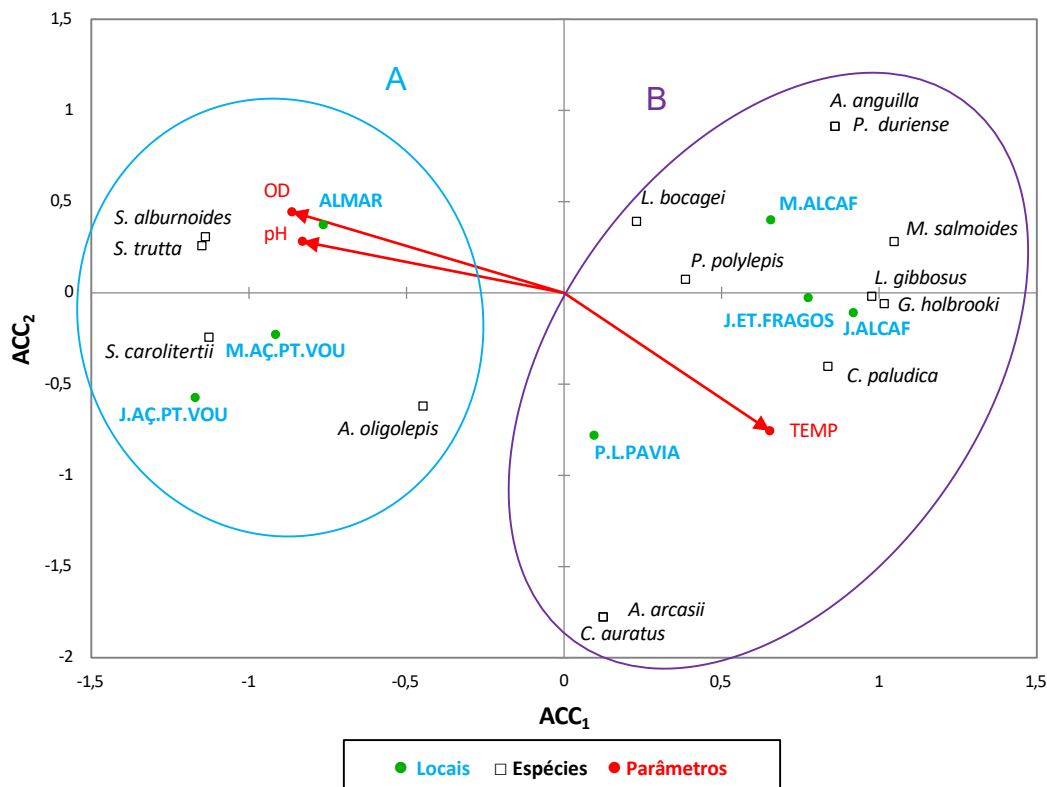


Figura 50. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Viseu.

Por um lado, temos três locais muito correlacionados positivamente com valores elevados de oxigénio dissolvido e pH e negativamente com a temperatura. Todos estes locais estão situados no rio Vouga e são os casos de Almargem, Montante e Jusante do açude da ponte Vouguinha (A). Nestes locais predominam espécies como *S. alburnoides* (bordalo), *S. trutta* (truta-fário), *S. carolitertii* (escalo-do-Norte) ou *A. oligolepis* (ruivaco). Por outro lado, temos os locais e as espécies com afinidade para a temperatura mais elevada e correlacionadas negativamente com os valores elevados de oxigénio dissolvido e pH (B). Assim, temos neste caso os locais de amostragem dos rios Pavia (Parque Linear do Pavia) e Dão (Jusante da ETAR de Fragosela, Montante e Jusante de Alcafache), coincidentes com águas mais quentes, confirmado pelo facto de todos terem a sua perpendicular na porção positiva do vetor

temperatura. É também nestas zonas que encontramos as espécies mais resistentes aos baixos níveis de oxigénio dissolvido e pH.

Já no que diz respeito à dureza de cálcio, ao amoníaco e ao ferro, o gráfico de ordenação da ACC em Viseu (Figura 51) pode ser classificado como tendo uma distribuição com alguma polaridade.

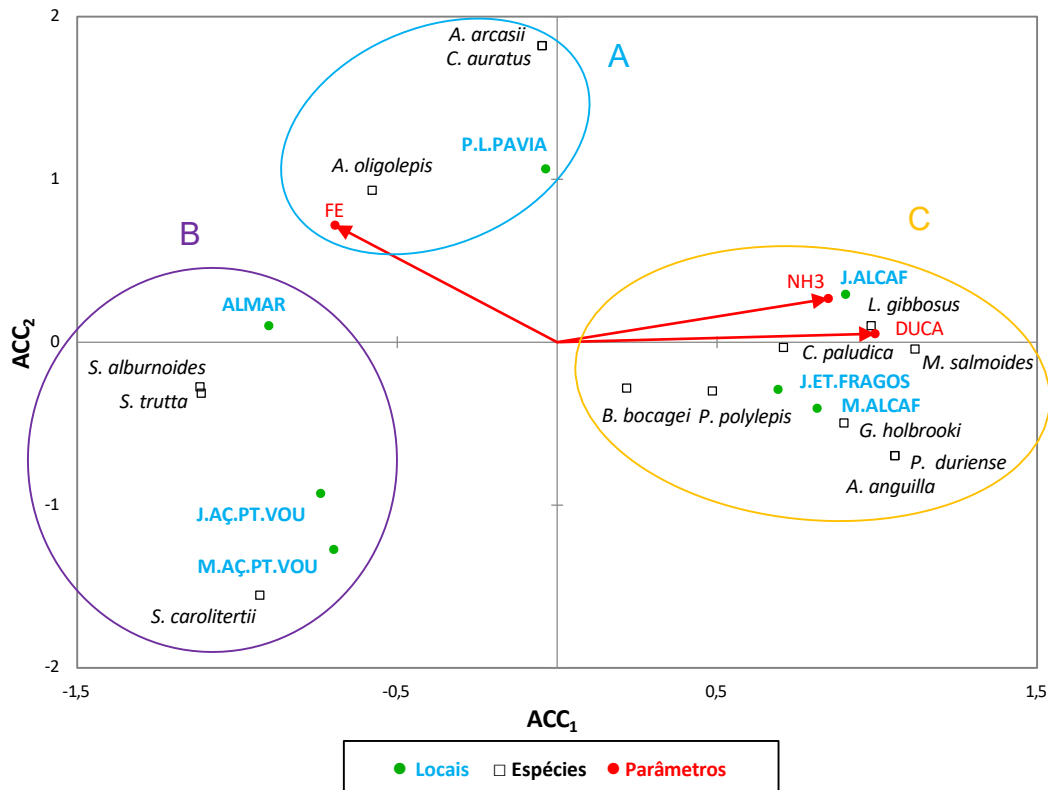


Figura 51. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH₃) e ferro (FE), em Viseu.

Neste caso, se agruparmos todos os locais e espécies positivamente correlacionados com a concentração em ferro, temos os dois conjuntos representados pelas letras A e B, em oposição ao grupo C, onde há grande concentração de locais e espécies positivamente correlacionadas com os valores elevados dos parâmetros amoníaco e dureza de cálcio. Enquanto no gráfico da Figura 50 avaliámos o efeito da temperatura versus oxigénio dissolvido e pH e verificámos que os locais dos rios Pavia e Dão se poderiam agrupar pela elevada temperatura (A), quando introduzimos neste caso fatores diferenciadores como o parâmetro da concentração em ferro (Figura 51), podemos ver claramente que o ponto Parque Linear do Pavia se afasta dos pontos do rio Dão, por ser elevada a concentração em ferro naquele local, ao contrário do que acontece no rio Dão.

As espécies que só foram praticamente encontradas no Parque Linear do Pavia, nomeadamente *A. arcasii* (panjorca) e *C. auratus* (pimpão), provocaram o afastamento deste grupo A relativamente ao grupo C onde não existem, mas também foram elas as responsáveis pela separação deste ponto de local em relação aos pontos do rio Vouga, apesar de ambos (A e B) estarem positivamente correlacionados com a elevada concentração em ferro.

Em relação aos fosfatos, sulfatos e nitratos, o gráfico de ordenação da ACC em Viseu (Figura 52) mostra também uma clara bipolaridade.

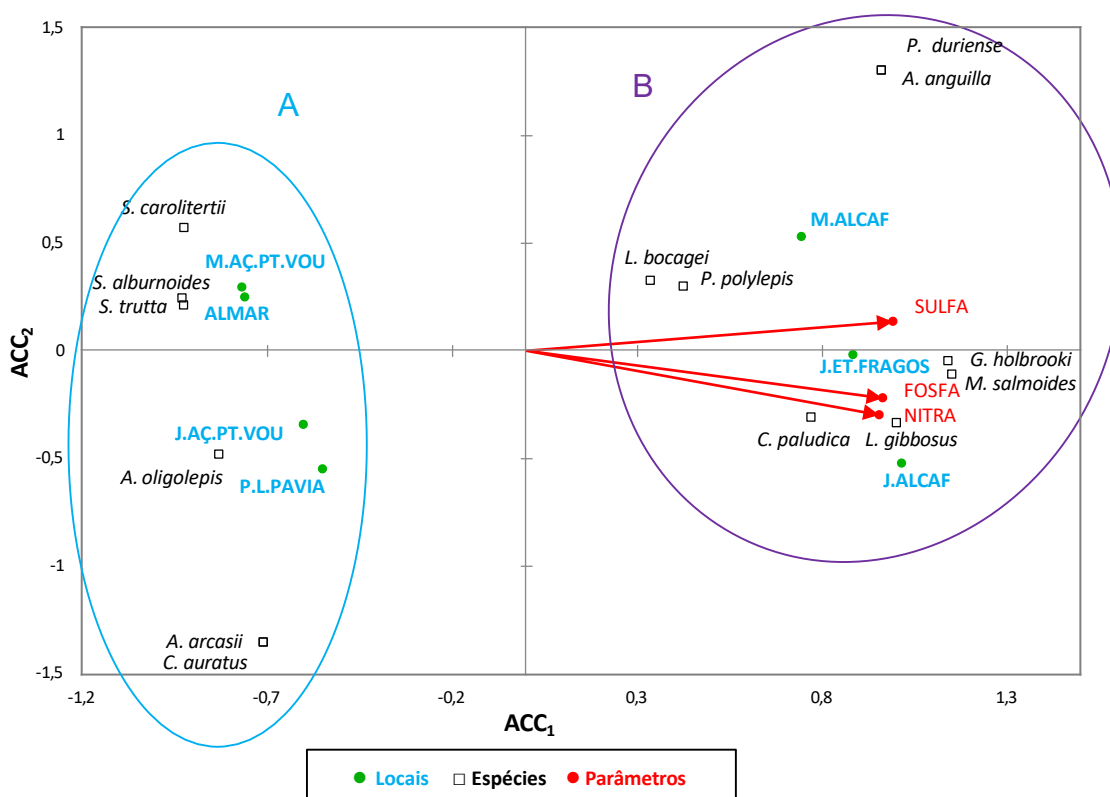


Figura 52. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Viseu.

Por um lado, temos os locais com menos carga em fosfatos, sulfatos e nitratos, que agrupam os rios Vouga e Pavia e, portanto, a sua posição no gráfico da ACC fica claramente na zona do prolongamento negativo dos vetores daqueles parâmetros indesejáveis, logo, correlacionados negativamente com eles (A). Neste agrupamento encontramos espécies sensíveis à poluição como *S. trutta* (truta-fário) ou *S. carolitertii* (escalo-do-Norte) ou outras que vulgarmente

habitam os mesmos ecossistemas e até são suas presas pelo pequeno tamanho médio que atingem, como é o caso de *S. alburnoides* (bordalo) ou *A. oligolepis* (ruivaco). Mas também podemos ver *A. arcasii* (panjorca) ou mesmo o resistente e exótico *C. auratus* (pimpão), que só o encontramos neste grupo pela sua frequência no Parque Linear do Pavia.

Por outro lado, e em perfeita oposição a este grupo A, temos um grupo B, onde podemos ver todos os locais do rio Dão, fortemente correlacionados com as elevadas concentrações em fosfatos, sulfatos e nitratos, onde predominam as espécies mais resistentes e, nalguns casos, em grande predominância, como é o caso da exótica e invasora *L. gibbosus* (perca-sol).

c) SÃO PEDRO DO SUL

Relativamente aos parâmetros temperatura da água, oxigénio dissolvido e pH, o gráfico de ordenação da ACC em São Pedro do Sul (Figura 53) é também evidente, embora com menor polaridade que nos concelhos anteriores, uma distribuição oposta entre os locais e espécies com correlação positiva com o oxigénio dissolvido e temperaturas mais baixas (A) e outros com maior afinidade para elevadas temperaturas e baixos níveis de oxigénio dissolvido (B).

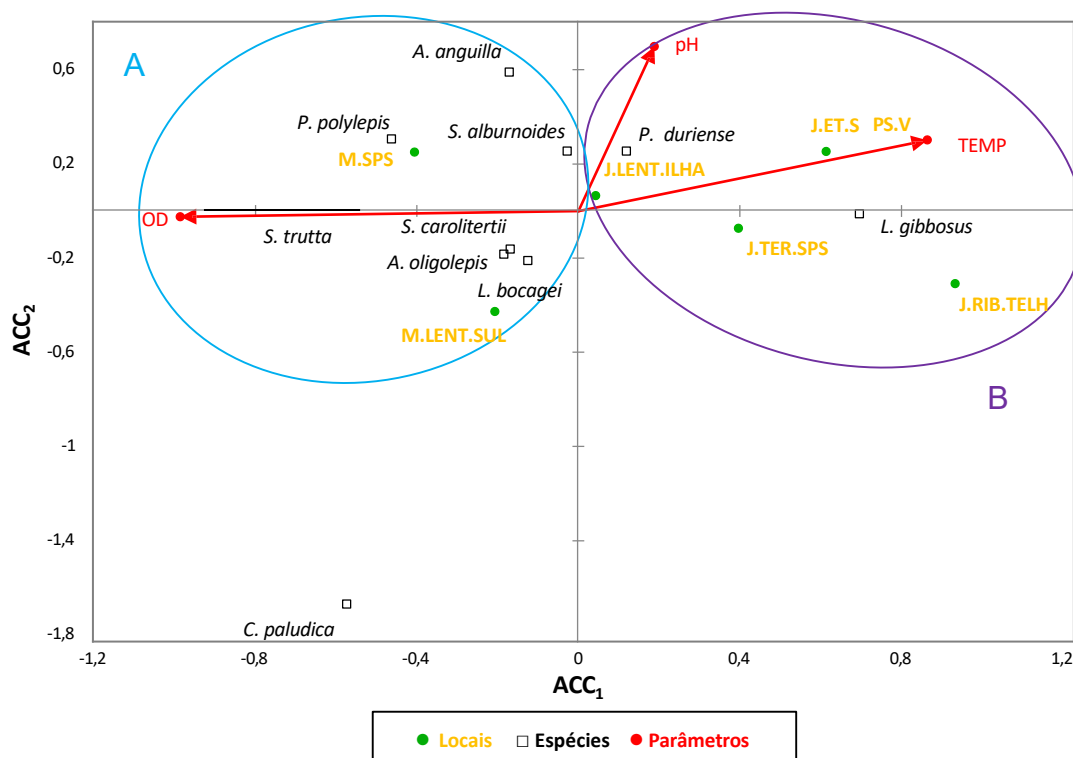


Figura 53. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em São Pedro do Sul.

Deste modo, associadas ao agrupamento A e correlacionadas positivamente com níveis elevados de oxigénio dissolvido, temos sete espécies, das quais se pode destacar a *S. trutta* (truta-fário), e dois locais, a Montante de S. Pedro do Sul e a Montante do Lenteiro (rio Sul). Neste concelho, a espécie *C. paludica* (verdemã-comum), apenas foi encontrada no rio Sul, como já foi descrito no ponto 4.1, pelo que aparece graficamente afastada das outras espécies e locais, tendo obviamente como ponto de amostragem mais próximo, o único do rio Sul (Montante do Lenteiro).

No que respeita ao agrupamento B, vários locais deste concelho, todos no rio Vouga, se encontram correlacionados com a elevada temperatura. Aqui podemos destacar o ponto a Jusante da ribeira do Telheiro. Neste local, o nível de perturbação já referido noutros capítulos foi responsável pelo baixo número de exemplares e de espécies, predominando a exótica e invasora *L. gibbosus* (perca-sol). Também associados a temperaturas mais elevadas e inversamente proporcionais ao oxigénio dissolvido podemos referir, por ordem decrescente desta relação, os locais a Jusante da ETAR de São Pedro do Sul / Vouzela, a Jusante das Termas de São Pedro do Sul e a Jusante do Lenteiro (ilha).

Em relação ao pH, embora mais correlacionado positivamente com a temperatura e, por esse motivo, incluído no agrupamento B, este vetor aparece numa posição quase intermédia entre os outros dois parâmetros pelo que não é direta a sua relação com qualquer um deles, bem como com locais ou espécies. A exceção a este facto é a correlação negativa entre o pH e o aparecimento de *C. paludica* (verdemã-comum), uma vez que o rio Sul é o que tem um menor valor de pH de todo o concelho (6,0) e é o único onde a espécie foi recolhida, aspeto que motivou a deslocação do ponto da espécie para o prolongamento negativo do vetor pH (correlação negativa com aquele parâmetro).

No que respeita ao gráfico da dureza de cálcio, amoníaco e ferro, o gráfico de ordenação da ACC em São Pedro do Sul (Figura 54) pode ser interpretado como uma distribuição com alguma polaridade, mas esta é mais vincada no que se refere à distribuição gráfica dos locais e das espécies relativamente aos vetores do amoníaco e dureza de cálcio.

Temos assim dois locais, a Montante de São Pedro do Sul e a Montante do Lenteiro (rio Sul), e sete das dez espécies amostradas no concelho que se agrupam neste gráfico de ACC de uma forma oposta aos vetores do amoníaco e da dureza de cálcio (A), podendo dizer que estarão correlacionados negativamente com estes parâmetros ambientais. É bem visível neste grupo a *S. trutta* (truta-fário) numa posição mais oposta ao vetor do amoníaco, mostrando provavelmente a sua maior intolerância aos compostos azotados relativamente a outras espécies.

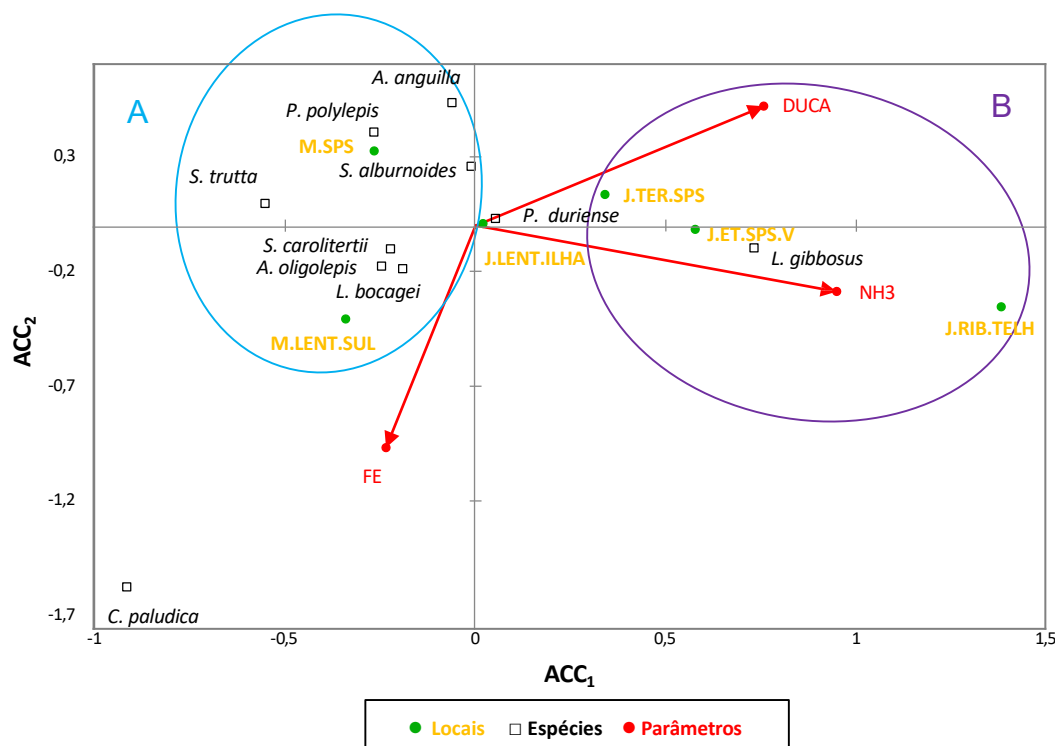


Figura 54. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH₃) e ferro (FE), em São Pedro do Sul.

Quanto ao agrupamento B, os três locais mais correlacionados positivamente com o amoníaco e dureza de cálcio são, por ordem decrescente de correlação com este parâmetro, o local a Jusante da ribeira de Telheiro, a jusante da ETAR de S. Pedro do Sul / Vouzela e a Jusante das termas de S. Pedro do Sul. Aos baixos níveis de oxigénio dissolvido e elevada temperatura da água a Jusante da ribeira de Telheiro verificados na figura 63, junta-se agora o elevado amoníaco, o que explica a prevalência de espécies como a resistente *L. gibbosus* (perca-sol) e a inexistência da sensível *S. trutta* (truta-fário).

Em relação ao ferro, apenas um local mostrou valores bastante acima dos valores normalmente baixos de ferro neste concelho, foi o ponto de amostragem a Montante do Lenteiro (rio Sul), com 0,11 mg/L. Consequentemente, a espécie *C. paludica* (verdemã-comum), que só foi identificada neste local de S. Pedro do Sul, ficou posicionada de forma a poder dizer-se que está positivamente correlacionada com o parâmetro ferro e que o ponto de amostragem mais próximo graficamente é o que se situa a Montante do Lenteiro (rio Sul).

Em relação aos fosfatos, sulfatos e nitratos, o gráfico de ordenação da ACC em São Pedro do Sul (Figura 55) mostra uma clara bipolaridade de locais e espécies e uma tendência de agrupamento direcionado no mesmo sentido destes parâmetros de qualidade da água.

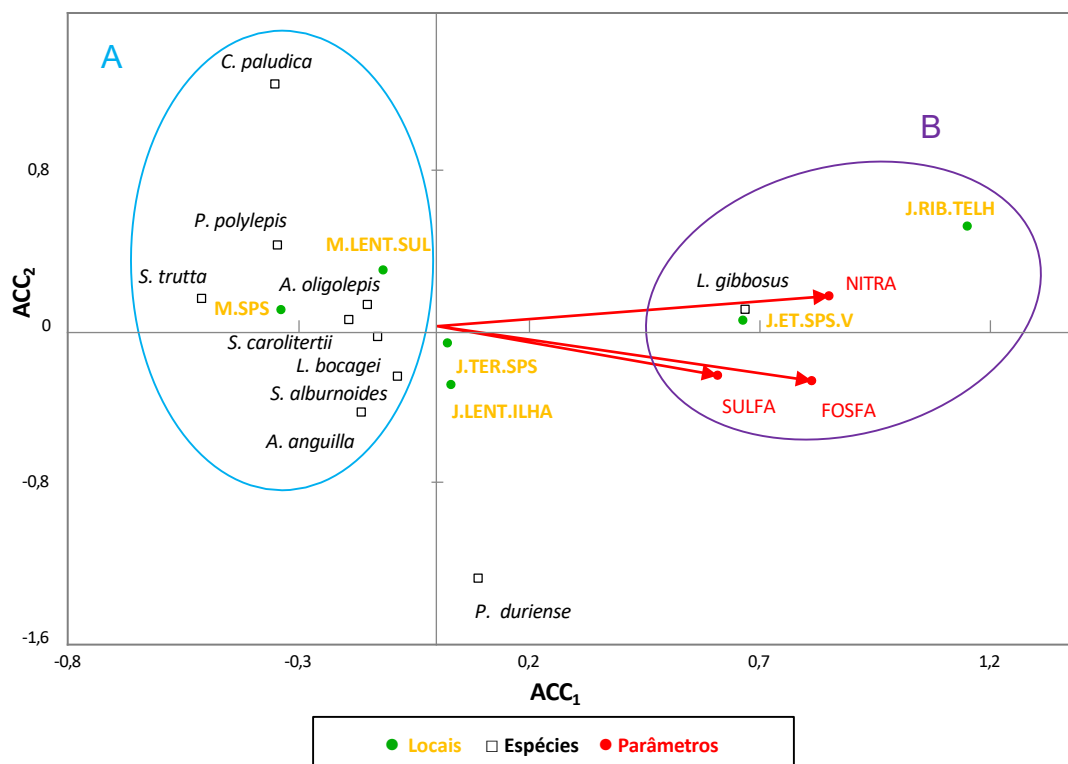


Figura 55. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em São Pedro do Sul.

Tal como já se tinha verificado no gráfico de ACC para estes vetores em Viseu (Figura 52), também aqui podemos encontrar locais com baixa concentração em fosfatos, sulfatos e nitratos, como são os casos do rio Sul, a montante do Lenteiro e, principalmente, a Montante de São Pedro do Sul, na zona da central elétrica. Estes locais têm os seus pontos no lado esquerdo do gráfico e as suas perpendiculares para os vetores dos parâmetros da água em causa iriam encontrá-los na sua porção negativa, pelo que estão correlacionados negativamente com eles (A). Podemos encontrar nesta zona a maior parte das capturas do concelho, tanto em número de espécies (8/10) como em número de exemplares, pelo que é fácil deduzir que os fosfatos, sulfatos e nitratos sejam altamente perturbadores da fauna piscícola.

Por sua vez, do lado oposto do gráfico temos um grupo B, onde domina em termos de espécies a *L. gibbosus* (perca-sol), motivada pela resistência que tem aos locais mais concentrados naqueles parâmetros, liderados pelo ponto a Jusante da ribeira de Telheiro e seguido do ponto a jusante da ETAR de S. Pedro do Sul / Vouzela.

De uma forma pouco correlacionada com estes parâmetros de qualidade, comprovado pela proximidade da origem dos vetores, temos os locais a Jusante das termas de S. Pedro do Sul e a Jusante do Lenteiro (ilha), ambos no rio Vouga. Em termos de espécies, podemos dizer que a *P. duriense* (boga-do-Norte) está desenquadrada com os grupos A e B e, pela perpendicular com os três vetores, podemos dizer que está menos correlacionada com os elevados valores de nitratos, comparativamente aos de sulfatos e fosfatos.

d) VOUZELA

Relativamente aos parâmetros temperatura da água, oxigénio dissolvido e pH, o gráfico de ordenação da ACC em Vouzela (Figura 56) mostra uma distribuição por três agrupamentos de pontos de locais e espécies, de uma forma que poderemos associar a cada um dos parâmetros de qualidade da água considerados.

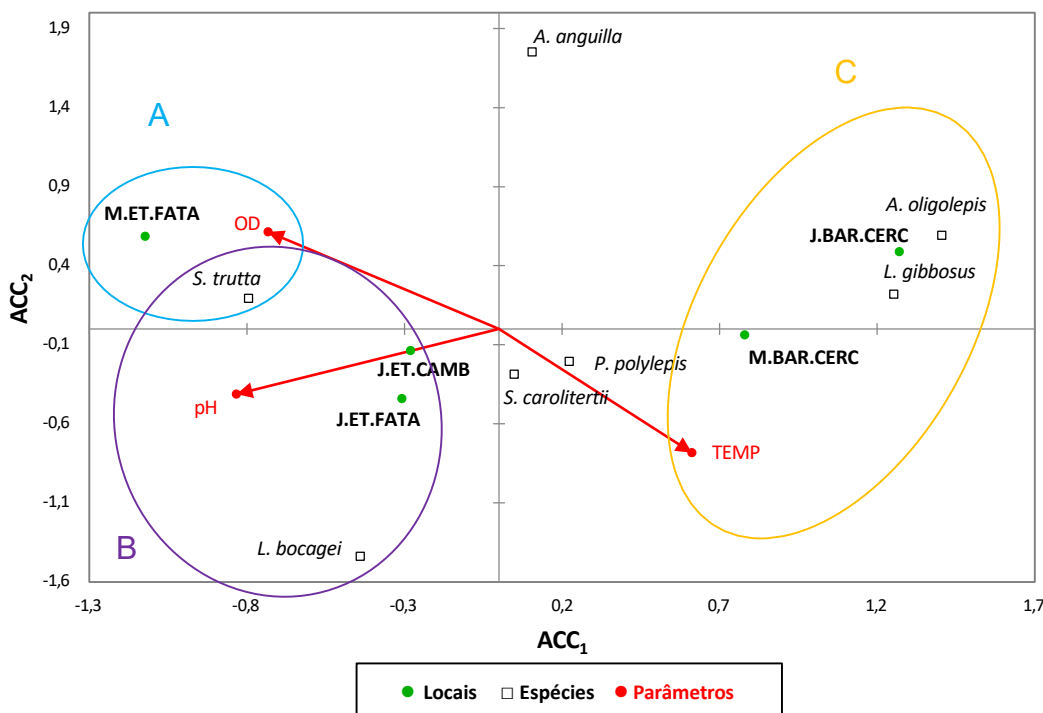


Figura 56. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Vouzela.

Podemos assim encontrar um local onde os elevados valores de oxigénio dissolvido permitem um agrupamento claro com o vetor correspondente, a montante de ETAR de Fataunços, associando-se a esta zona a espécie *S. trutta* (truta-fário) e esta associação corresponde ao primeiro agrupamento (A).

Temos depois um segundo agrupamento de dois locais que mais facilmente podem estar associados aos valores elevados de pH, embora sem uma forte correlação com aquele parâmetro. São os pontos a Jusante das ETAR de Fataunços e de Cambra. Em relação às espécies, pela equidistância entre os vetores de oxigénio dissolvido e de pH, a *S. trutta* (truta-fário) partilha o grupo anterior já referido (A) com este novo agrupamento associado a elevado pH (B). É também neste agrupamento que podemos claramente associar a espécie *L. bocagei* (barbo-comum).

Tanto os dois parâmetros, como as duas espécies, como os três locais até aqui referidos (A+B) se agrupam de forma antagônica e inversamente correlacionada com um terceiro agrupamento de locais e espécies com elevada correlação com as temperaturas mais elevadas do concelho (C). São eles os pontos a Montante e Jusante da barragem de Cercosa e, mais marcadamente, as espécies *A. oligolepis* (ruivaco) e *L. gibbosus* (perca-sol), embora *S. carolitertii* (escalo-do-Norte) e *P. polylepis* (boga-comum) também estejam positivamente correlacionados com a elevada temperatura.

No que respeita à dureza de cálcio, amoníaco e ferro, o gráfico da ACC em Vouzela (Figura 57) pode também ser interpretado como uma distribuição com alguma polaridade, embora não muito vincada devido à dispersão dos pontos.

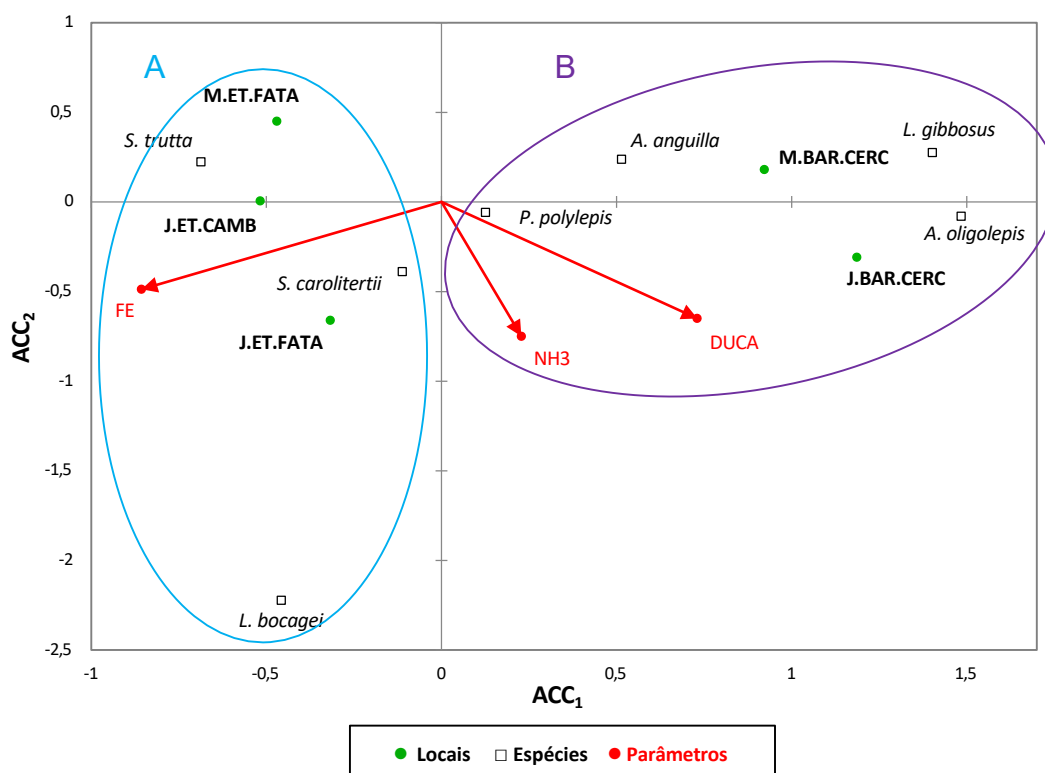


Figura 57. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH₃) e ferro (FE), em Vouzela.

Por um lado, temos três locais e três espécies correlacionados positivamente com os valores mais elevados em ferro (A). São eles, os locais a Montante e Jusante da ETAR de Fataunços e a Jusante da ETAR de Cambra. Quanto às espécies mais associadas positivamente a este parâmetro, temos o *L. bocagei* (barbo-comum), *S. trutta* (truta-fário) e *S. carolitertii* (escalo-do-Norte). No

entanto, apesar das três espécies estarem correlacionadas positivamente com o ferro, há grandes diferenças na forma como se correlacionam com os outros dois parâmetros deste gráfico. Enquanto o barbo-comum está claramente correlacionado de forma positiva com o ferro e amoníaco e de forma moderada com a dureza de cálcio, o escalo-do-norte apenas está moderadamente correlacionado com o ferro e amoníaco. A truta-fário, por sua vez, está positivamente correlacionada com o ferro, mas de forma negativa com o amoníaco e com a dureza de cálcio.

Temos ainda um segundo agrupamento (B), com dois locais, a Montante e jusante da barragem de Cercosa, e quatro espécies, *P. polylepis* (boga-comum), *A. anguilla* (enguia-europeia), *A. oligolepis* (ruivaco) e *L. gibbosus* (perca-sol), todos correlacionados positivamente com o amoníaco e a dureza de cálcio e negativamente com o ferro.

No que se refere aos fosfatos, sulfatos e nitratos, o gráfico de ordenação da ACC em Vouzela (Figura 58) evidencia algum agrupamento de dados, embora de forma não muito clara, nem sustentada por fortes correlações com os parâmetros de qualidade da água, visível pela pequena dimensão dos vetores, nomeadamente nos casos dos sulfatos e nitratos. Mesmo assim, podemos encontrar um agrupamento A, entre os locais a Montante da ETAR de Fataunços e a Jusante da ETAR de Cambra e as espécies *A. anguilla* (enguia-europeia) e *S. trutta* (truta-fário). Estes locais e espécies estão negativamente correlacionados com os nitratos e sulfatos.

Opostamente a esta associação, temos um outro agrupamento de locais e espécies (B), com os locais a Montante e Jusante da Barragem de Cercosa, correlacionados positivamente com os nitratos e sulfatos, principalmente a montante desta barragem onde esta correlação é mais elevada. Associadas a valores bastante elevados destes parâmetros temos as espécies *L. gibbosus* (perca-sol), *A. oligolepis* (ruivaco) e *P. polylepis* (boga-comum), esta última com menor correlação com aqueles parâmetros de poluição da água.

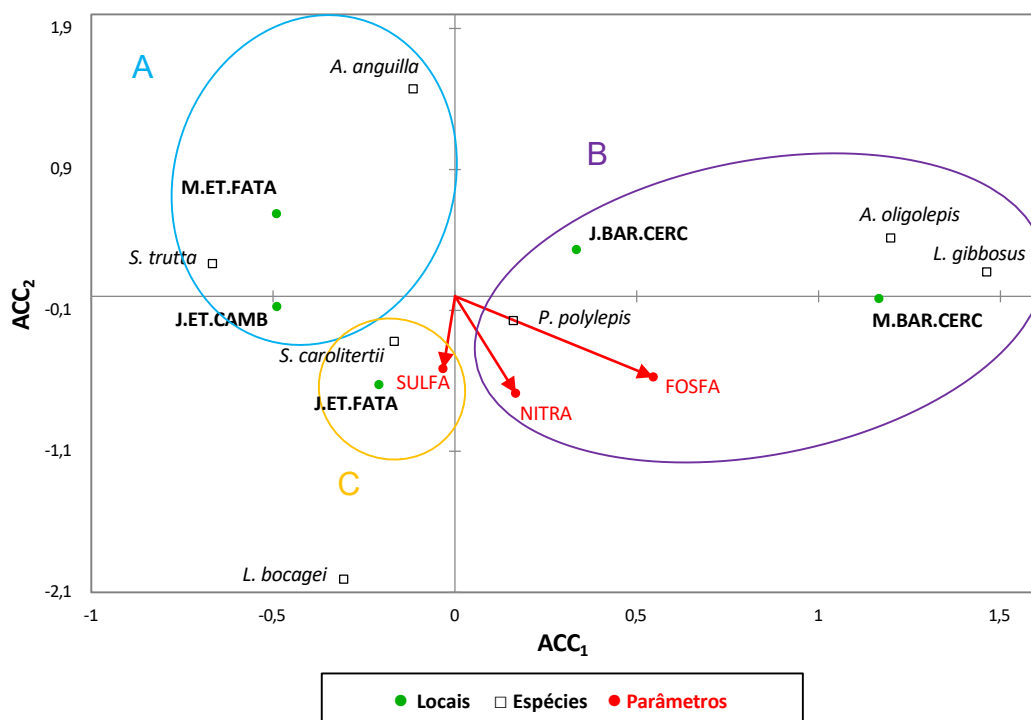


Figura 58. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Vouzela.

Podemos ainda definir um terceiro agrupamento entre um local, a Jusante da ETAR de Fataunços, uma espécie, *S. carolitertii* (escalo-do-Norte) e um parâmetro, os sulfatos (C). Escolhemos este terceiro agrupamento pelo facto de esta espécie só ter correlação positiva com os sulfatos e aparecer graficamente de forma bastante próxima ao local a Jusante da ETAR de Fataunços, sendo também este o local que apresenta maior correlação positiva com os sulfatos.

Relativamente ao *L. bocagei* (barbo-comum), não foi incluído em nenhum dos agrupamentos anteriores, pelo facto de ter correlação positiva com os três parâmetros de qualidade da água aqui considerados, embora possamos referir claramente a mais forte correlação desta espécie com os sulfatos e nitratos.

e) OLIVEIRA DE FRADES

No que respeita aos parâmetros temperatura da água, oxigénio dissolvido e pH, o gráfico de ordenação da ACC em Oliveira de Frades (Figura 59) evidencia uma inversão da posição relativa do parâmetro da temperatura comparativamente aos outros dois parâmetros.

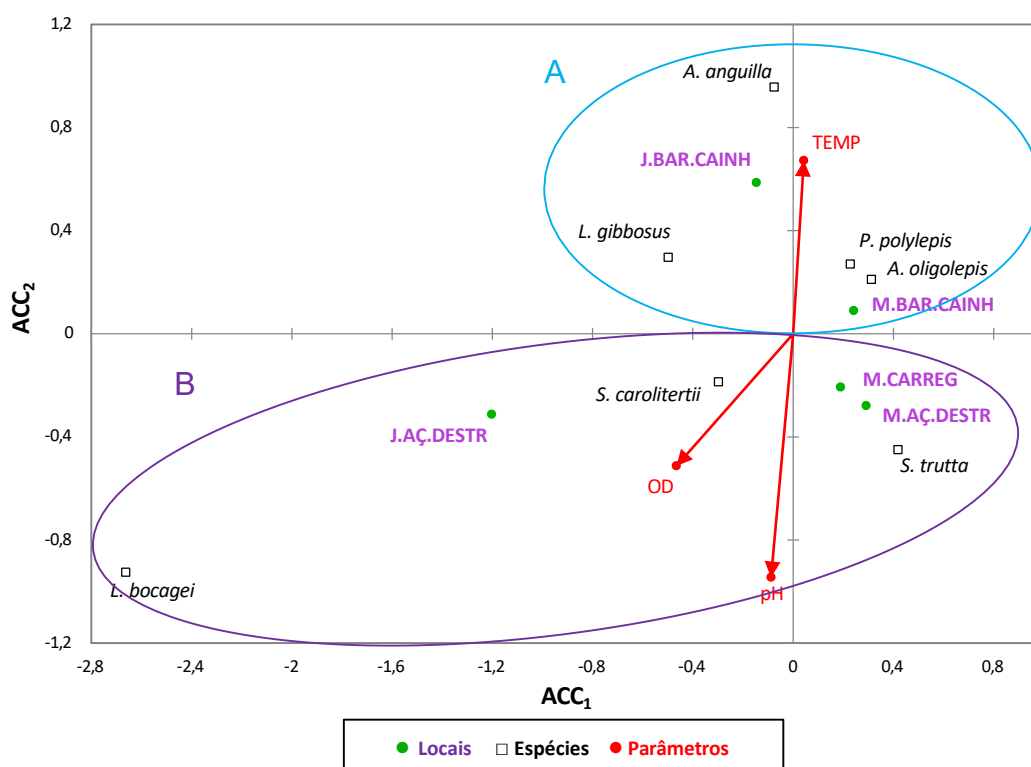


Figura 59. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais temperatura da água (TEMP), oxigénio dissolvido (OD) e pH, em Oliveira de Frades.

Assim, podemos considerar uma associação positiva (A) entre a elevada temperatura da água, os locais a Jusante e a Montante da barragem das Cainhas e as espécies *A. anguilla* (enguia-europeia), *L. gibbosus* (perca-sol), *P. polylepis* (boga-comum) e *A. oligolepis* (ruivaco). Estes locais e espécies estão também correlacionados negativamente com os elevados oxigénio dissolvido e pH.

Pelo contrário, temos os pontos a Jusante e a Montante do açude de Destriz, bem como a Montante do rio Carregal, associados positivamente aos valores elevados de oxigénio dissolvido e pH e, obviamente, a valores mais baixos de

temperatura (B). As espécies com maior afinidade a este agrupamento são *S. carolitertii* (escalo-do-Norte), *S. trutta* (truta-fário) e *L. bocagei* (barbo-comum).

Quanto aos parâmetros do ferro, dureza de cálcio e amoníaco, o gráfico de ordenação da ACC em Oliveira de Frades (Figura 60) mostra uma claríssima semelhança com o gráfico anterior da Figura 59, com o amoníaco na posição da temperatura, enquanto o ferro e a dureza de cálcio ocupam agora o lugar do oxigénio dissolvido e do pH, ficando a distribuição gráfica dos locais e espécies bastante semelhante ao gráfico anterior. Temos então aqui o parâmetro do amoníaco positivamente correlacionado com dois locais e quatro espécies (A), os locais a Montante e a Jusante da barragem das Cainhas e as espécies *Anguilla anguilla* (enguia-europeia), *L. gibbosus* (perca-sol), *A. oligolepis* (ruivaco) e *P. polylepis* (boga-comum).

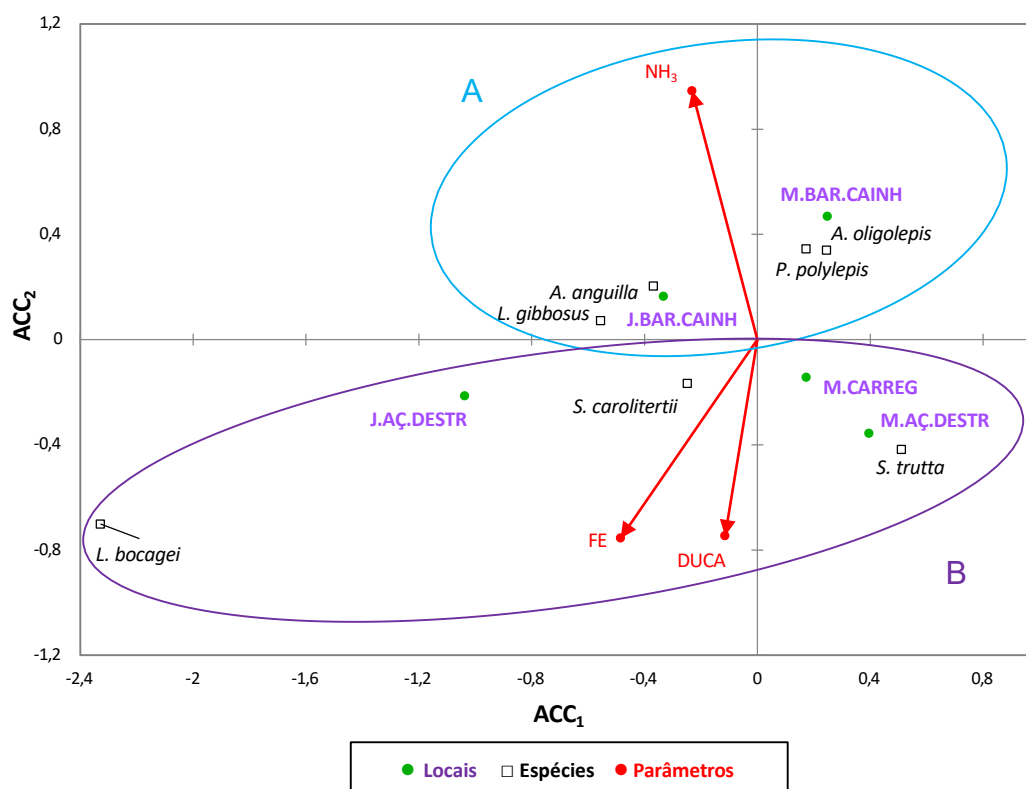


Figura 60. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais dureza de cálcio (DUCA), amoníaco (NH₃) e ferro (FE), em Oliveira de Frades.

Em contraste com este agrupamento, temos os locais a Montante e a Jusante do açude de Destriz e a Montante do rio Carregal, bem como as espécies *S.*

carolitertii (escalo-do-Norte), *L. bocagei* (barbo-comum) e *S. trutta* (truta-fário), esta última, negativamente correlacionada de forma clara com o amoníaco (B).

Relativamente aos parâmetros dos sulfatos, nitratos e fosfatos, o gráfico de ordenação da ACC em Oliveira de Frades (Figura 61) apresenta uma clara associação entre os três compostos aqui agrupados (A). Assim, temos os locais e espécies positivamente correlacionados com os três parâmetros considerados neste agrupamento, composto pelos locais a Montante e a Jusante da barragem das Cainhas e a Jusante do açude de Destriz. As espécies mais abundantes neste agrupamento, e portanto com correlação positiva com os três parâmetros referidos são todas exceto a *S. trutta* (truta-fário), mas destacam-se pela mais elevada correlação as espécies *L. bocagei* (barbo-comum), *A. anguilla* (enguia-europeia) e *L. gibbosus* (perca-sol).

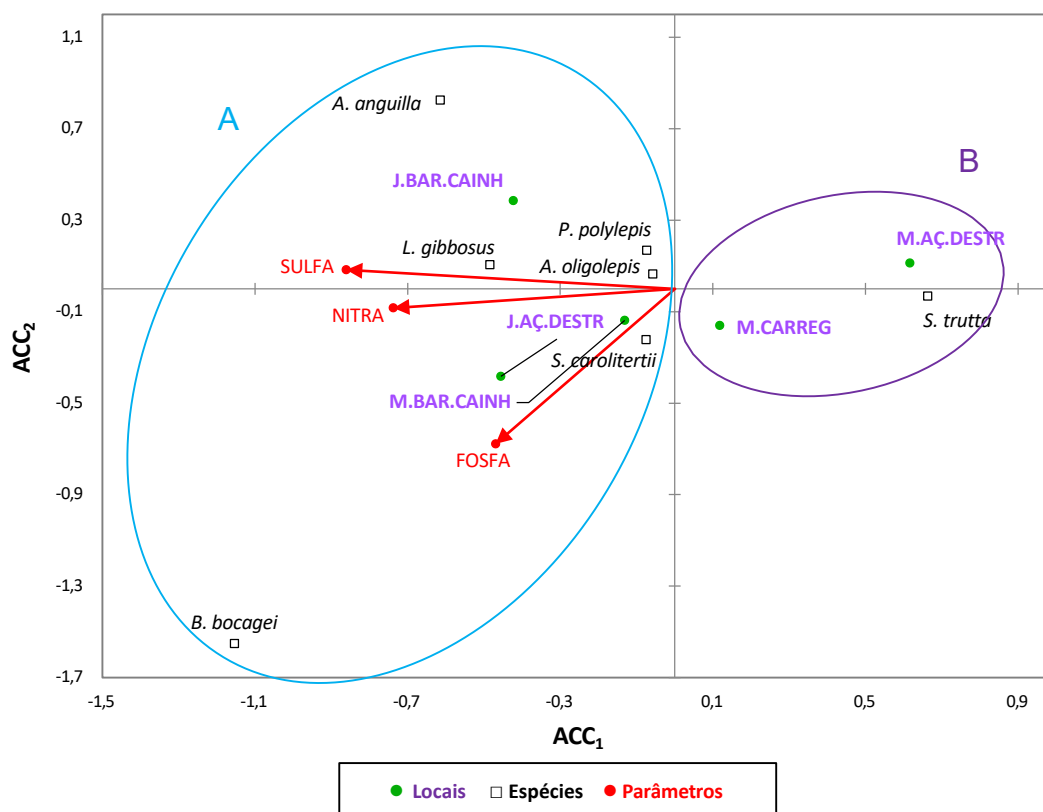


Figura 61. Ordenação gráfica da ACC com a abundância de espécies relativamente aos parâmetros ambientais fosfatos (FOSFA), sulfatos (SULFA) e nitratos (NITRA), em Oliveira de Frades.

Opostamente ao grupo A, temos um grupo B, onde se verifica a associação entre a zona a Montante do açude de Destriz e a Montante do rio Carregal (duas zonas contíguas), com a espécie *S. trutta* (truta-fário) e está correlacionada negativamente com os três parâmetros aqui considerados.

5. PROPOSTAS DE CONSERVAÇÃO E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL

1. IMPLANTAÇÃO DE PLATAFORMAS DE OBSERVAÇÃO E ESTUDO DOS RIOS

As plataformas e estruturas anexas, cuja implantação foi uma realidade decorrente deste estudo, tiveram como objetivo poderem servir de pontos de interface entre o rio e as populações locais, regionais e nacionais, de modo a permitirem a divulgação das ações realizadas e dos propósitos futuros deste estudo. Tanto a localização das estruturas em si como as ações nelas desenvolvidas, foram consideradas em articulação com outros equipamentos localizados nas proximidades em cada um dos concelhos, como é o caso dos percursos pedestres de interpretação ambiental e estruturas que pudessem funcionar como centros de interpretação da natureza já criados ou em vias de criação. Deste modo, de forma a facilitar a informação pedagógica e científica subjacente ao estudo, foi também instalado um conjunto de painéis informativos, junto de cada plataforma (Figura 62).



Figura 62. Plataforma e respetivo painel informativo no Parque de Santiago, rio Pavia, Viseu.

Estas plataformas foram instaladas ao longo de toda a área dos cinco concelhos, em locais considerados pontos chave pelo interesse de preservação e valorização ambiental, relativos à fauna piscícola, vegetação ripícola e a

qualidade da água, como elemento suporte dos ecossistemas ribeirinhos que queremos preservar (Quadro 27).

Em seguida, são identificados os locais de implantação das plataformas e é feito um enquadramento dos motivos de interesse de cada região na preservação ambiental, quer do ponto de vista científico, quer pelas razões sociológicas que o sustentam.

Quadro 27. Pontos de localização das infraestruturas relativas à instalação das plataformas.

Localização	Coordenadas WGS84	
	Latitude	Longitude
Praia da Azenha (rio Paiva, VNP)	40°51' 4,55"N	7°41'29,55"W
Praia Fluvial do Pego - V. C. Coelheira (rio Côvo, VNP)	40°52' 46,48"N	7°47'33,59"W
Jusante do açude Ponte Vouguinha (rio Vouga, Viseu)	40°45'33,80"N	7°49'53,77"W
Almargem (rio Vouga, Viseu)	40°45'29,41"N	7°53'36,21"W
Montante da praia fluvial de Alcafache (rio Dão, Viseu)	40°36'24,47"N	7°51'59,01"W
Montante S. P. Sul - central elétrica (rio Vouga, SPSul))	40°45'36,82"N	8°2'41,68"W
Jusante das Termas de S. P. Sul (rio Vouga, SPSul)	40°44'24,14"N	8°5'37,00"W
Porto da Várzea (rio Alfusqueiro, Vouzela)	40°41'1,22"N	8°13'9,01"W
Praia fluvial (rio Couto, Vouzela)	40°40'58,74"N	8°9'53,38"W
Montante da Barragem das Cainhas (rio Alfusq., OLF)	40°42'0,04"N	8°10'49,46"W
Montante do Açude de Destriz (rio Alfusqueiro, OLF)	40°38'56,84"N	8°16'35,25"W

a) VILA NOVA DE PAIVA

A estrutura fluvial do concelho de Vila Nova de Paiva, é constituída por uma rede de cursos de água, elementos fundamentais para a implementação de um conjunto de atividades e infraestruturas, começando na componente científica, mas também na prática desportiva ou lazer e cultura. Neste território, a pesca desportiva à truta-fário, muito tradicional na cultura da população apresenta-se como uma atividade economicamente importante que pode constituir um excelente foco de dinamização da atividade turística associada ao lazer e à própria promoção da gastronomia. O Festival da Truta é realizado anualmente e constitui um excelente cartaz de dinamização deste território incluindo atividades ligadas ao conhecimento científico, cultura, pela pesca desportiva (Figuras 63 e 64) e melhoramento das condições do rio com o repovoamento por trutas-fário jovens para a valorização dos rios do concelho (Figuras 65 e 66).



Figura 63. Concurso de pesca desportiva durante o Festival da Truta de V. N. de Paiva.



Figura 64. Trutas-fário.



Figura 65. Trutas juvenis para repovoamento.



Figura 66. Repovoamento do rio Paiva.

Os projetos relacionados com a recuperação das galerias ripícolas nos diversos cursos de água do concelho, representam uma boa prática de preservação da paisagem que pode ser valorizada com a utilização dos viveiros de plantas do Parque Botânico *Arbutus do Demo*, para a criação de um plano de sementeira e plantio com introdução de espécies autóctones na região, designadamente ao longo dos cursos de água. Este aspeto é muito importante para a manutenção de um ambiente fluvial favorável para espécies piscícolas tão importantes do ponto de vista do ecossistema fluvial como a truta-fário.

O concelho de Vila Nova de Paiva integra o Sítio Rio Paiva da Rede Natura 2000, com uma área total de 14 563 há, é mais um elemento paisagístico de extraordinária importância para a preservação e valorização deste território. Deve por isso constituir-se como lançamento de projetos de diversa índole que possam ajudar a promover o turismo de toda esta região.

Tendo em conta a riqueza da biodiversidade dos diferentes locais do concelho e a pertinência da sua utilização numa perspetiva de educação ambiental, os dois locais escolhidos para a implantação das plataformas foram a praia fluvial de Vila Cova à Coelheira (Figura 67) e a praia fluvial da Azenha (Figura 68).



Figura 67. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante da praia fluvial de Vila Cova à Coelheira (Pego) em Vila Nova de Paiva.

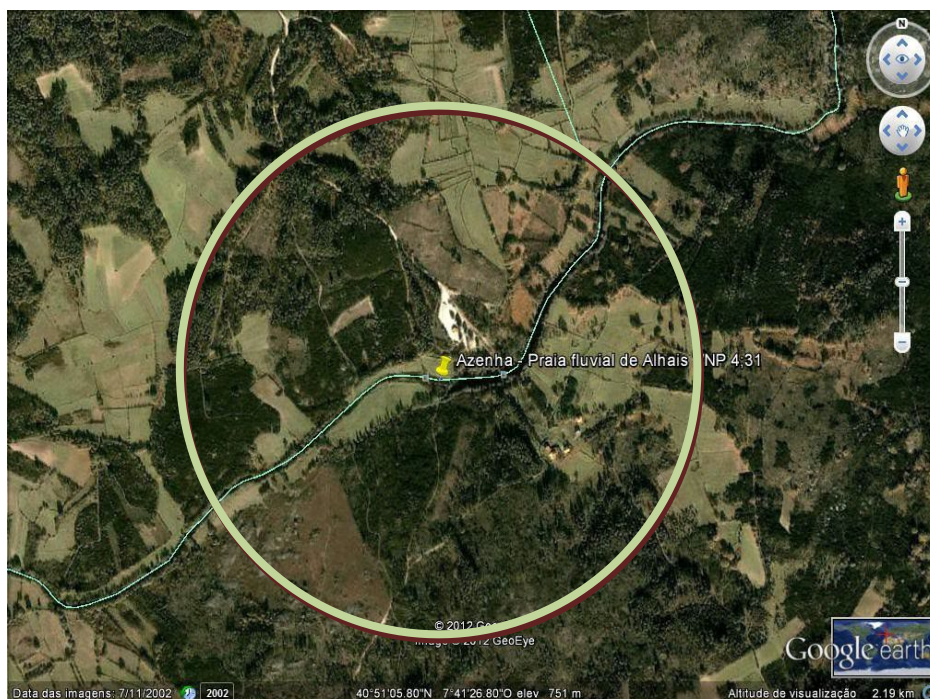


Figura 68. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante da praia fluvial da Azenha em Vila Nova de Paiva.

b) VISEU

No concelho de Viseu, existem várias infraestruturas que, pela proximidade física aos locais de estudo, poderão no futuro desempenhar um papel fundamental na divulgação de informação pedagógica, científica e cultural sobre os rios e a sua envolvente. São exemplos desta realidade, o Museu da Várzea de Calde e os moinhos do rio Pavia.

Existem atualmente um total de 13 percursos pedestres, tendo-se iniciado em 2007 a criação de uma Rede Municipal de Percursos Pedestres, através da Rota da Ribeira de Várzea, na freguesia de Calde. Estas estruturas, pela sua proximidade com o curso de água, são potenciadoras de um melhor conhecimento sobre os ecossistemas associados.

Com a requalificação da envolvente das termas de Alcafache terminada em 2013, incluindo a praia fluvial, foram introduzidas algumas alterações no ecossistema fluvial daquela zona, pelo que foi acordado estudar a fauna piscícola desse troço do rio Dão, com uma caracterização e monitorização daquele território, no sentido de sustentar decisões que possam ajudar a promover o turístico relacionado com a promoção da saúde e bem-estar, mas também sob ponto de vista da preservação dos recursos naturais.

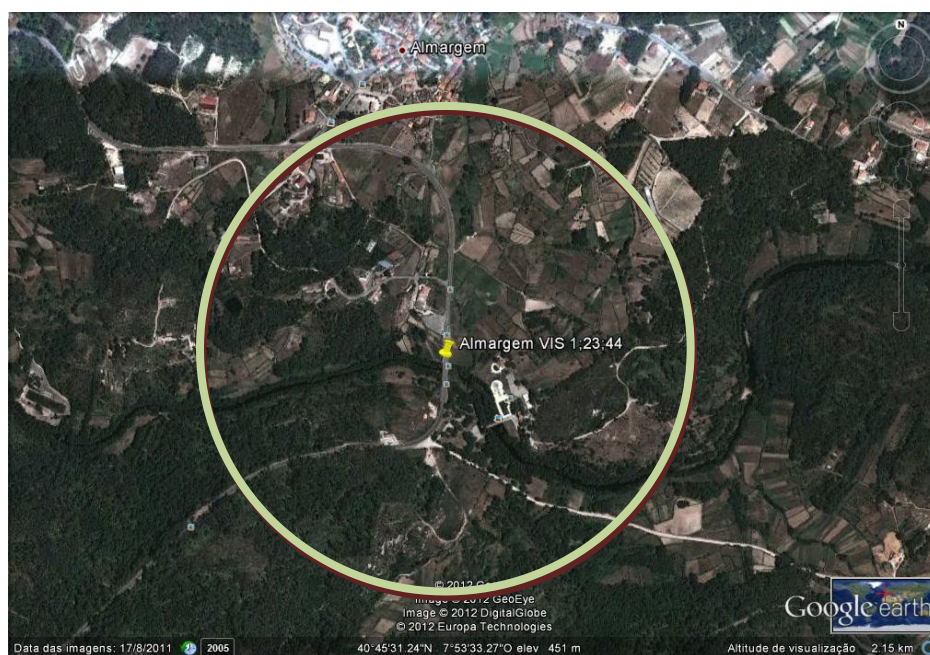


Figura 69. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma em Almargem, Viseu.

Recorrendo a critérios relacionados com a diversidade de ecossistemas no concelho, a biodiversidade dos diferentes locais amostrados e a relevância dos locais relativamente à divulgação da fauna e flora ribeirinhas, os três locais escolhidos para a implantação das plataformas foram a zona de Almargem (Figura 69), na zona de Couto, a jusante do açude da Ponte Vouguinha (Figura 70) e a montante da praia fluvial de Alcafache (Figura 71).

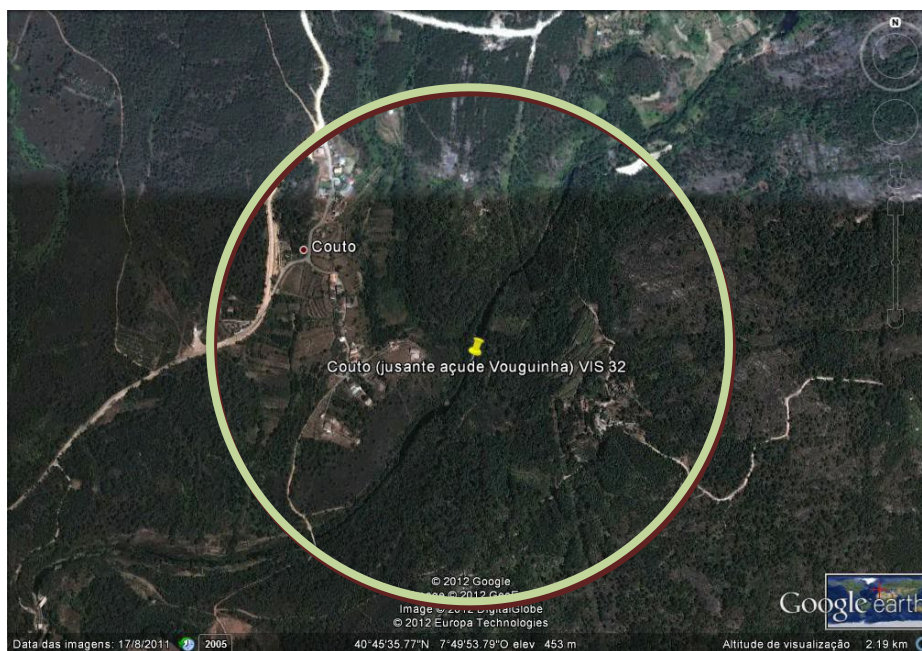


Figura 70. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a jusante do açude da Ponte Vouguinha, em Viseu.

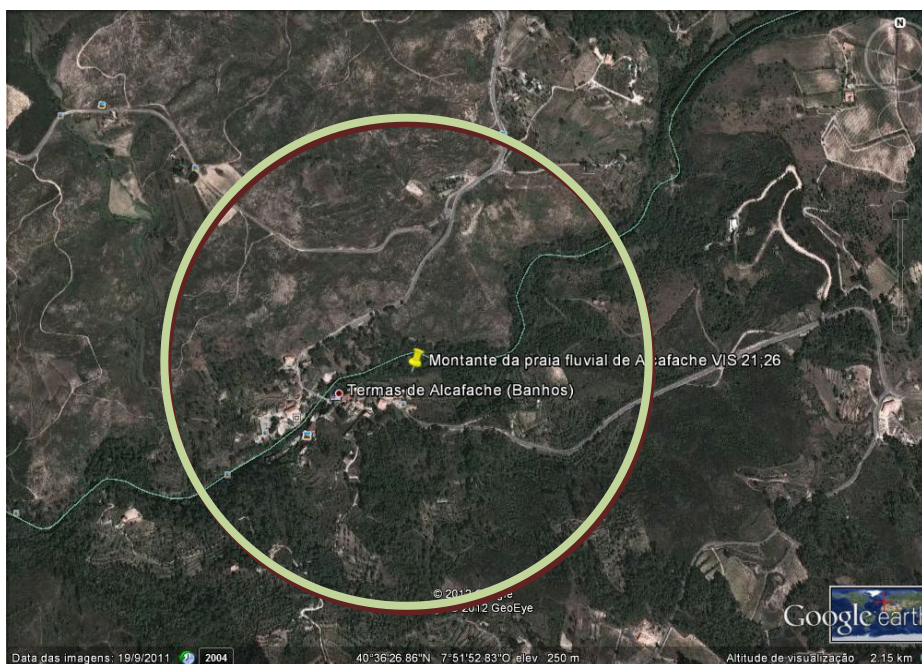


Figura 71. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante da praia fluvial de Alcafache, em Viseu.

c) SÃO PEDRO DO SUL

O concelho de São Pedro do Sul possui infraestruturas relacionadas com a promoção do turismo de natureza e tem desenvolvido ações para o potenciar, em associação com um Bioparque e com os percursos pedestres que constituem uma vasta rede neste território. É de referir a estreita relação que deve ser potenciada entre as redes de percursos pedestres e o elemento fluvial com todo o seu ecossistema associado. Este facto permitirá aplicar de forma mais direta e rápida algumas das propostas e conclusões que possam resultar de um estudo desta natureza.

Outra particularidade deste concelho reside na extensa área do sítio das Serras da Freita e Arada, com 28 659 ha. Integrada na rede natura 2000, constitui um polo importante para a preservação da biodiversidade e lançamento de projetos que podem ajudar a promover turisticamente toda esta região. Contudo, trata-se também de uma área extremamente sensível pela ação devastadora dos incêndios ao longo da última década. Uma das consequências visíveis resulta na erosão extrema dos solos que se pode constatar pela acumulação de sedimentos e cinzas nas estruturas das mini-hídricas, designadamente dos rios Carregal e Teixeira.

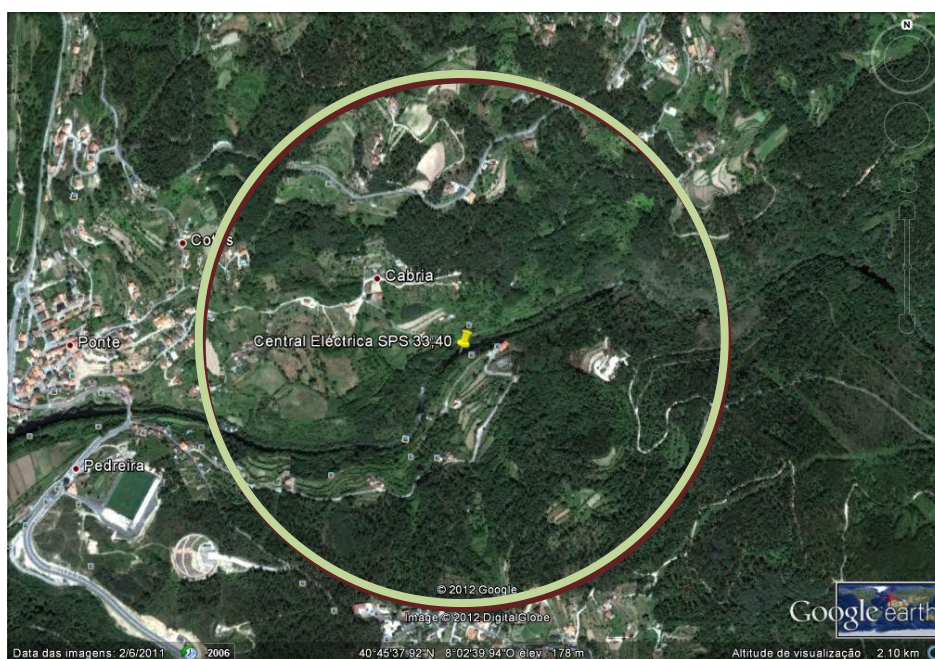


Figura 72. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante de São Pedro do Sul, na zona da central elétrica.

A biodiversidade florística das galerias ripícolas, a abundância da fauna piscícola dos diferentes locais estudados e a representatividade dos principais de ecossistemas ribeirinhos do concelho, estiveram na origem da seleção dos pontos de implantação das plataformas, tendo sido escolhidos os pontos a montante da cidade, na zona da central elétrica (Figura 72) e a jusante das termas de São Pedro do Sul (Figura 73).



Figura 73. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a jusante das termas de São Pedro do Sul.

d) VOUZELA

O turismo de natureza no concelho de Vouzela, associado aos percursos pedestres, constituem uma importante rede neste território. Os rios apresentam nesta região um papel fundamental e que podem ser valorizados pelas mais diversas áreas, desde a vertente desportiva e lúdica como a pesca ou os percursos turísticos de natureza, até às atividades de lazer e contemplação, pedagógicas ou mesmo os desportos radicais. Neste sentido, interessa criar redes integradas que procurem diversificar um plano de atuação na busca de diferentes públicos que se possam constituir como fonte de rendimento para um conjunto de atividades turísticas associadas. É também aqui de referir as relações entre os percursos pedestres e o ecossistema fluvial, incluindo as galerias ripícolas.

Outra particularidade deste concelho reside o sítio do Cambarinho com uma área de 24 ha que integra a rede Natura 2000, por albergar uma das maiores populações portuguesas de loendro (*Rhododendron ponticum* ssp. *baeticum*) constituindo um polo importante para a preservação da biodiversidade e lançamento de projetos de diversa índole que possam ajudar a promover turisticamente toda esta região. Foi lançado um projeto de ampliação da Reserva do Cambarinho, de modo a proteger esta reserva, sob responsabilidade autárquica. Também aqui têm sido criados projetos de requalificação das galerias ripícolas que se podem revelar úteis na lógica da promoção dos ecossistemas ribeirinhos.

As praias fluviais, como por exemplo a de Cambra, constituem elementos fundamentais para a promoção dos rios e podem ser usadas, não apenas para lazer, mas também como locais onde a aprendizagem e a divulgação técnico-científica podem ser realizadas de forma agradável. É fundamental criar uma estrutura de apoio próximo destes locais onde se possa criar um centro de interpretação para valorização de todos estes ecossistemas.



Figura 74. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma na praia fluvial de Cambra em Vouzela.

Tendo em conta a riqueza da biodiversidade faunística (piscícola) e florística dos diferentes locais amostrados no concelho, a pertinência da sua utilização numa perspetiva de educação ambiental e a representatividade dos principais

de ecossistemas ribeirinhos do concelho, os dois locais escolhidos para a implantação das plataformas foram a praia fluvial de Cambra (Figura 74) e o Porto da Várzea (Figura 75).

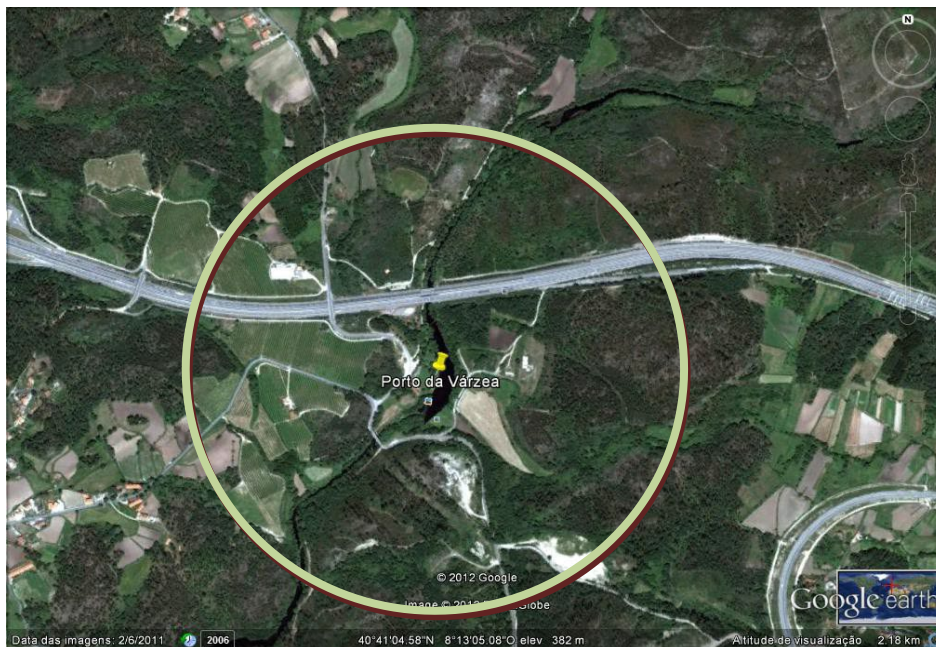


Figura 75. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma no Porto da Várzea em Vouzela.

e) OLIVEIRA DE FRADES

No âmbito da análise integrada da paisagem no concelho de Oliveira de Frades, interessa destacar os projetos que estão a ser desenvolvidos no território em questão e que possam contribuir ou condicionar a preservação e valorização da paisagem, designadamente aqueles associados aos cursos de água em análise. Neste sentido, Oliveira de Frades constitui um verdadeiro caso de exceção, na medida em que foi construída uma barragem de grande dimensão em Ribeiradio, que neste momento condiciona de forma muito significativa todo o troço do rio Vouga numa vasta área e por se localizar a jusante de toda esta vasta área de estudo limita de forma drástica a migração de peixes ao longo do rio Vouga. Este facto condicionou inclusivamente, o desenvolvimento do estudo transversal do rio Vouga que deveria ser monitorizado ao longo de todo o território dos cinco concelhos da abrangência deste estudo.

Oliveira de Frades possui algumas infraestruturas que interessam dinamizar procurando enquadrá-las com a projeção futura deste estudo, designadamente as concessões de pesca, os percursos pedestres e as praias fluviais. Em Destriz, há excelentes condições que podem ajudar a promover um melhor conhecimento sobre o ecossistema fluvial. Consta de uma praia fluvial com uma estrutura de apoio que poderia ser adaptada para a criação de um centro de interpretação, dinamizado pela própria junta de freguesia em conjunto com associações ambientais e escolas de diferentes níveis de ensino, com o apoio científico de unidades de investigação e ensino superior. Através do contacto com a autarquia fomos informados que tem sido executado um trabalho importante na Barragem das Pereiras, uma estrutura com o objetivo inicial para irrigação dos campos agrícolas entre as localidades de Pereiras e de Seixa, o que constitui também um importante ponto de abastecimento dos meios terrestres e aéreos no combate a incêndios florestais. A autarquia desenvolve várias atividades, quer com as escolas sensibilizando os jovens para a preservação do ambiente e a importância da preservação das espécies, assim como com as associações de caça e pesca, alertando para a necessidade de se praticar a pesca de forma sustentável. Existe mesmo uma parceria entre o município e o ICNF, no sentido de desenvolver iniciativas e trabalhos em conjunto, com o objetivo da conservação e melhoria deste espaço, bem como na área da recuperação das galerias ripícolas.

Apesar de existir uma rede de percursos pedestres no concelho, deveria ser incentivada a criação de novos percursos que interajam com os cursos de água e promovam um melhor conhecimento dos ecossistemas ribeirinhos do concelho.

Os locais selecionados para a implantação das plataformas em Oliveira de Frades, tiveram como critérios principais a acessibilidade aos locais para fins de educação ambiental, a biodiversidade das galerias ripícolas, e a abundância e diversidade da fauna piscícola de modo a serem locais representativos dos ecossistemas ribeirinhos do concelho. Deste modo foram escolhidos dois locais, um a montante do açude de Destriz (Figura 76) e outro a montante da barragem das Cainhas (Figura 77).

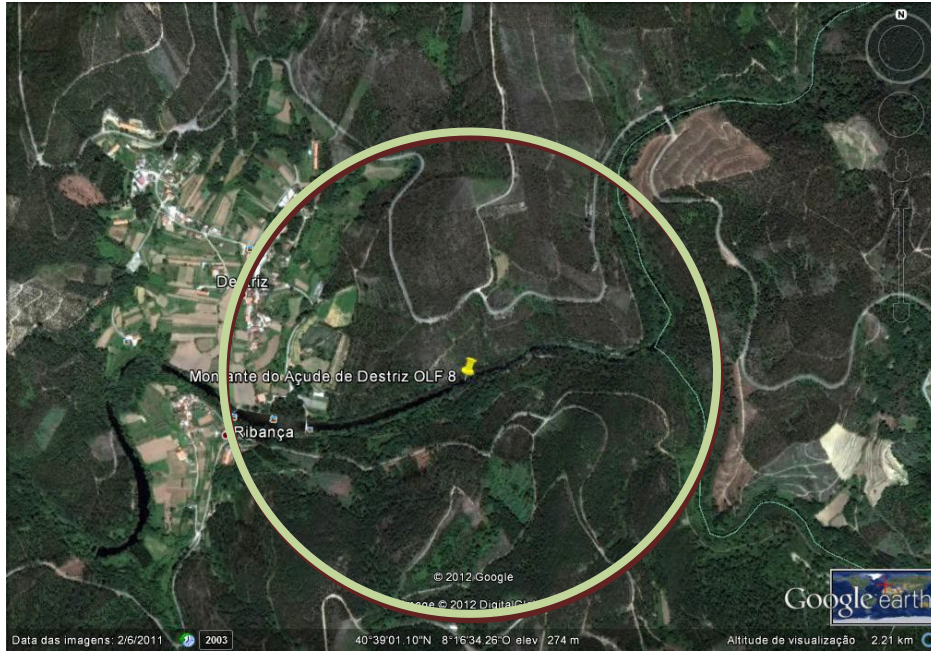


Figura 76. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante do açude de Destriz.

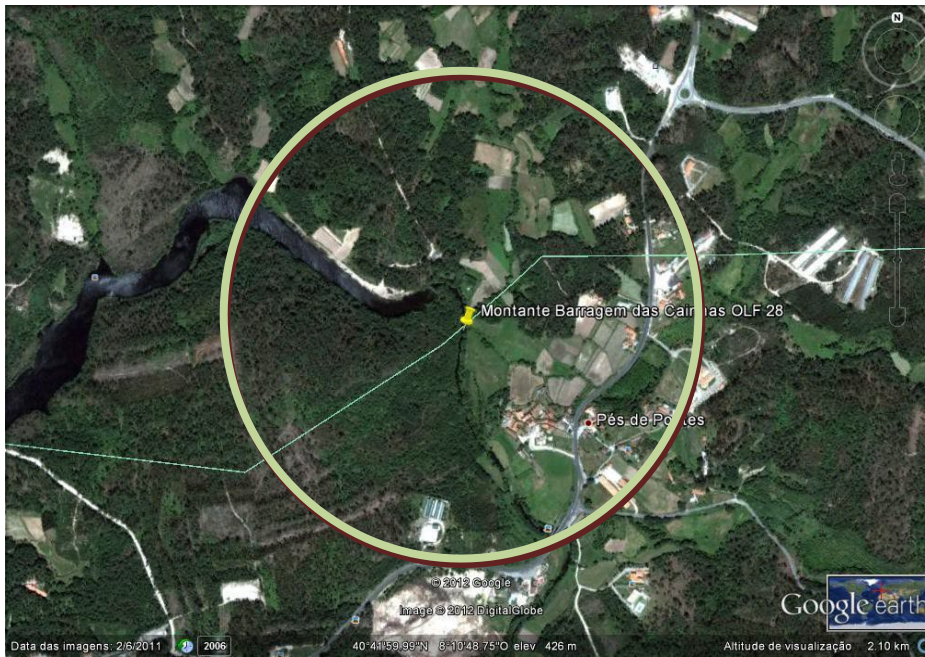


Figura 77. Vista aérea da localização proposta para instalação da plataforma a montante da barragem das Cainhas.

4.5.2. PROPOSTAS DE CONSERVAÇÃO DE LOCAIS MAIS SENSÍVEIS

Serão aqui propostos alguns pontos de possíveis zonas a proteger, perante a sua sensibilidade ambiental, quer do ponto de vista piscícola, quer em relação à qualidade da água. Assim, a escolha destes locais de preservação ambiental teve em conta a excelente qualidade da água para fins piscícolas destes locais, vegetação aquática e ripícola adequadas para a manutenção e/ou reprodução das espécies sensíveis que queremos preservar e o facto de estas espécies já existirem nestes locais de forma saudável e consistente.

a) VILA NOVA DE PAIVA

Neste concelho propomos a criação de um troço protegido do rio Paiva, com inibição ou, pelo menos, limitação da pesca desportiva, numa zona a montante do local que designámos o nosso primeiro ponto de amostragem mais a montante neste estudo - Praia da Azenha. O local ideal a preservar seria um troço de 1000 metros de rio, já no concelho de Moimenta da Beira, começando numa zona de galerias ripícolas arborizadas que tem início 600 metros a montante da ponte da estrada municipal M581-1 (praia fluvial de Segões) prolongando-se por cerca de 1000 metros a montante deste local. Em alternativa, propõe-se uma zona de cerca de 500 metros a montante do açude da praia fluvial da Azenha, até ao limite do concelho de Vila Nova de Paiva. Neste caso, como se trata de uma Zona Concessionada, propomos a restrição ao número de exemplares de truta-fário capturados por dia e a alteração do seu comprimento mínimo de captura. De qualquer forma, esta proposta alternativa seria alvo de uma definição conjunta entre a equipa técnico-científica envolvida neste estudo, a Associação de Pescadores detentora da concessão e o ICNF.

b) VISEU

Neste concelho propomos a criação de uma zona interdita ou limitada para a pesca desportiva num troço do rio Vouga, entre a estrada nacional nº 2, em Almargem, e as designadas poldras de Várzea, de cerca de 2000 metros para montante. Trata-se de uma zona com densa arborização das galerias ripícolas

que permite a preservação da comunidade existente de truta-fário, do ponto de vista da sua manutenção e reprodução a médio-longo prazo. A escolha deste troço do rio Vouga, teve também em conta a prevista construção no final do seu troço de uma grande infraestrutura turística que poderá eventualmente comprometer a qualidade ambiental a jusante da sua implantação, junto à EN-2. Desta forma, esta zona protegida funcionaria como reserva para o repovoamento natural desta zona do rio Vouga.

c) SÃO PEDRO DO SUL

Neste concelho propomos dois locais a preservar. O primeiro situa-se no rio Vouga, entre os Moinhos do Azival, junto à central elétrica (750 metros a montante da EN 16), e um ponto cerca de 3000 metros a montante, designado Levada das Alves, junto à localidade de Pinhosão. Este troço do Vouga apresenta uma acentuada riqueza piscícola e uma qualidade da água que não encontramos depois da cidade de São Pedro do Sul. Assim, esta zona protegida seria o último reduto de salvaguarda de algumas espécies migradoras que aqui encontramos com uma idade jovem e relativa abundância, como é o caso da enguia-europeia. Apesar disso, desde que foi concluída a grande barragem de Ribeiradio, estamos conscientes que dificilmente esta espécie catádroma conseguirá dar continuidade ao seu ciclo de vida, migrando para jusante com o objetivo de se reproduzir no mar. Esta zona proposta para proteção é também o local do rio Vouga em que a sobrevivência da truta-fário está por enquanto assegurada, pois a jusante de São Pedro do Sul a qualidade da água já não o permite.

O segundo local a preservar neste concelho, seria no rio Sul. Situa-se entre a ponte da estrada nacional nº 16 e a praia fluvial de Pouves, num troço de cerca de 750 metros. Neste local, tivemos oportunidade de presenciar um dos mais exuberantes rituais de acasalamento de barbo-comum. Tendo em conta que se trata de águas de salmonídeos, durante a reprodução desta espécie, em termos práticos fica mais desprotegida, sendo permitida a sua captura entre 1 de março e 31 de julho. Além disso, a presença quase isolada de verdemã-comum neste troço leva-nos a pensar que se trata de um reservatório natural que abastece o rio Vouga nestas duas espécies. Deste modo, sugerimos a interdição de pesca neste troço ou, em alternativa, a reclassificação como

águas de salmonídeos apenas a montante da praia fluvial de Pouves, o que permitiria só por si, proteger a reprodução do barbo-comum nesta zona.

d) VOUZELA

Tal como já foi referido em 4.1., a quase totalidade trutas-fário capturadas na amostragem a montante da ETAR de Fataunços (ribeira de Ribamá), eram de uma classe etária extremamente jovem, situando-se a sua larga maioria num pequeno troço de 200 metros de rio situado entre a "Ponte Pedrinha" e um açude localizado a montante. É uma zona restrita, com baixa profundidade e com excelentes características de qualidade da água, oxigenação e ensombramento. Estes aspetos fazem-nos considerar a hipótese de se tratar de um local de eleição para a sua preservação, pelo que será de propor a sua preservação com interdição total da pesca desportiva, de forma a constituir uma reserva para reprodução desta espécie, começando na Ponte Pedrinha (EM 602) e subindo para montante num troço de rio de cerca de 500 metros.

e) OLIVEIRA DE FRADES

Neste concelho propomos uma intervenção no rio Alfusqueiro, que passaria pela criação de um troço deste rio como área com restrições em termos de pesca desportiva. O troço situa-se entre a afluência do rio Carregal e cerca de 2400 metros a montante, na pequena barragem da Cercosa. Nesta zona, a densidade arbórea das galerias ripícolas e a qualidade da água permitem prever que se trata de uma excelente zona de repovoamento natural de truta-fário, antes do rio Alfusqueiro alcançar uma zona de maior temperatura da água, o que acontece a jusante do açude de Destriz. No entanto, julgamos ser apenas necessário promover uma restrição às capturas desta espécie e não a interdição total de pesca, pelo que a nossa proposta passa pelo alargamento do período de defeso, limitação do número de exemplares capturados e/ou aumento do comprimento mínimo dos exemplares capturados.

4.5.3. PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO DOS ECOSISTEMAS RIBEIRINHOS EM LOCAIS CRÍTICOS DE DEGRADAÇÃO ANTROPOGÉNICA

Ao longo do seu percurso descendente no território dos cinco concelhos deste estudo, o rio Vouga apresentou algumas diferenças significativas no que respeita à existência de espécies exóticas e de qualidade da água. Foi notória a presença de espécies exóticas a jusante de Viseu e a sua ausência a montante desta cidade. Este facto merece a nossa maior atenção no sentido de monitorizar a sua distribuição relativamente à sua propagação para montante nos próximos anos, mas também à requalificação do rio em troços mais degradados, quer em relação à qualidade da água, quer relativamente às espécies exóticas, quer mesmo à preservação e/ou valorização das galerias ripícolas.

a) VILA NOVA DE PAIVA

Excecionalmente, não encontramos neste concelho qualquer ponto merecedor de orientações no sentido de serem tomadas medidas urgentes para requalificar qualquer zona de rio, pelo que não o faremos aqui. No entanto, conhecemos as limitações deste estudo. É muito provável que haja locais e momentos que, se os meios que dispusemos permitissem maior número de amostragens no espaço e no tempo, certamente iriam ser encontrados pontos de possíveis propostas de requalificação. É previsível, por exemplo, que as ETAR que servem pequenas povoações com reduzido número de habitantes, possam ficar subdimensionadas quando as populações emigrantes regressam no verão. Nestes casos, é previsível que, em situações pontuais, as zonas do rio a jusante destes pontos possam sofrer perturbações importantes que, neste caso, não foram detetadas.

b) VISEU

No concelho de Viseu propomos uma atenção especial à qualidade da água e das galerias ripícolas no rio Dão, a jusante das termas de Alcafache. Durante os meses de verão, com o aumento da temperatura da água, a diminuição do caudal do rio e o conseqüente menor teor de oxigénio dissolvido, esta zona

apresenta características de uma eventual degradação grave da qualidade ambiental para fins piscícolas. Neste sentido, propomos a sua requalificação, com a monitorização de eventuais efluentes da povoação de Alcafache.

De qualquer forma, com a exceção da perca-sol nos pontos de amostragem no rio Dão, a dispersão e a abundância das espécies exóticas parecem estar ainda reduzidas.

c) SÃO PEDRO DO SUL

Neste concelho, propomos seriamente um ponto de intervenção urgente, a ribeira do Telheiro. É mais uma vez nos meses de verão, que a situação se agrava com o aumento da temperatura da água, a diminuição do caudal da ribeira e o correspondente aumento da concentração dos agentes poluidores. Já visitámos a zona por três vezes e, em duas delas, o local apresentava sintomas de séria degradação da qualidade da água e da fauna piscícola, com reduzido número de exemplares e apenas de espécies bastante resistentes. O rio Vouga onde esta desagua, tendo um caudal considerável, mesmo no verão, consegue auto-depurar parcialmente esta contaminação, mas todo o ambiente fluvial a jusante deste ponto fica afetado por algumas centenas de metros.

d) VOUZELA

Em Vouzela, o único ponto merecedor de algum reparo que encontrámos foi a jusante da ETAR de Fataunços, com uma relativa diminuição da qualidade da água para fins piscícolas, nas duas amostragens que efetuámos. No entanto tratou-se de uma situação facilmente recuperável assim que o caudal recupera o seu valor médio habitual.

e) OLIVEIRA DE FRADES

No concelho de Oliveira de Frades, há duas situações preocupantes do ponto de vista da fauna piscícola, embora com gravidades diferentes. A primeira passa-se a jusante do açude de Destriz, uma vez que a abundância de perca-sol é um potencial problema ambiental que deveríamos tentar minimizar, tendo em conta que a sua resolução definitiva parece muito improvável.

Como segunda proposta de requalificação neste concelho, propomos uma intervenção na barragem das Cainhas de modo a tentar criar uma solução para o sério problema descrito nos pontos 4.2 e 4.3. Esta passaria sempre por uma intervenção a dois níveis. Por um lado, a construção de uma solução de passagem de peixes e, por outro, a garantia da manutenção do caudal ecológico, minimizando ou racionalizando a extração de água na época estival. De outra forma, o ecossistema fluvial ficará seriamente comprometido.

5. CONCLUSÕES

Depois de toda a avaliação e discussão de dados acima referida, apesar heterogeneidade dos resultados nem sempre permitir tirar conclusões diretas quanto à sensibilidade das espécies às condições ambientais nos diferentes pontos de amostragem, podemos estabelecer algumas conclusões e algumas diretrizes para futuras ações no domínio da gestão integrada dos recursos piscícolas e dos ecossistemas fluviais.

1. Relativamente à distribuição geográfica das espécies, em termos gerais, as comunidades piscícolas revelaram uma estrutura bem organizada de cadeia alimentar, com abundância de espécies herbívoras e omnívoras de pequeno porte, como a boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*), ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) e bordalo (*Squalius carolitertii*), que servem de sustento consistente para a viabilidade de espécies carnívoras como a truta-fário (*Salmo trutta*) ou omnívoras de grande porte, como o barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*).
2. O concelho de Viseu foi o que revelou uma maior diversidade com 14 espécies nos vários cursos de água amostrados, bastante heterogéneos em termos de composição físico-química. Opostamente, em Vila Nova de Paiva com excelente qualidade da água no geral, só foram encontradas 6 espécies. Isto permite concluir que a biodiversidade piscícola de uma região pode ser superior em águas de pior qualidade geral, desde que sejam suficientemente heterogéneas para permitirem a adaptação de espécies variadas.
3. O barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*) foi capturado nos concelhos de Oliveira de Frades, Viseu e São Pedro do Sul, tendo sido nestes dois últimos onde se registaram as maiores percentagens de capturas com cerca de 20%, confirmando-se que é uma espécie pouco frequente nos rios de montanha como é o caso de Vila Nova de Paiva, onde neste estudo não foi encontrado.

4. A espécie exótica perca-sol (*Lepomis gibbosus*) foi capturada em todos os concelhos exceto em Vila Nova de Paiva. Esta espécie é responsável por uma grande pressão negativa para a saúde do ecossistema fluvial, em alguns dos pontos de amostragem onde se mostrou mais dominante, como é o caso do rio Dão a jusante de Alcafache (Viseu) e no rio Vouga a jusante da ribeira do Telheiro (São Pedro do Sul), com 70% e 80%, respetivamente. Apesar de no concelho de Viseu não ter havido qualquer captura de espécies exóticas no rio Vouga, não podemos garantir que elas não existam nestes locais.
5. A proliferação de outras espécies exóticas, como é o caso do lagostim vermelho do Louisiana (*Procambarus clarkii*), muito resistente a ambientes degradados, constitui uma séria ameaça à biodiversidade dos peixes em alguns dos pontos de amostragem onde este crustáceo já domina, principalmente em Alcafache, (rio Dão, Viseu).
6. As espécies endógenas, ao competirem com espécies exóticas por alimento, serem alvo de predação ou sofrerem o efeito de patologias por contágio das espécies exóticas, podem ver diminuídas as suas populações ou mesmo desaparecer em determinadas zonas.
7. Relativamente aos parâmetros físico-químicos da água dos cursos de água em estudo, apesar de valores pontualmente adversos, demonstraram resultados gerais compatíveis a boa qualidade de água para fins piscícolas, desde que, principalmente no verão, sejam assegurados níveis baixos de contaminação e mantidos os caudais ecológicos.
8. Relativamente à amónia (NH_4^+) e amoníaco (NH_3), apesar dos valores globalmente baixos do pH serem favoráveis ao balanço destes compostos no sentido da amónia, menos tóxica, os valores dos dois compostos estiveram, nalguns casos, próximos dos máximos de tolerância para os salmonídeos. Isto também acontece pontualmente com os fosfatos e nitratos. Será, portanto, aconselhável avaliar no futuro se estas concentrações elevadas terão sido fruto de alguma situação pontual, ou confirmam uma possível adaptação das trutas a valores gradualmente crescentes de compostos anteriormente não tolerados por esta espécie, dúvida que deverá ser esclarecida em estudos futuros.

9. Em relação aos valores de nitratos, revelaram-se mais elevados nos concelhos de Oliveira de Frades, Vouzela e São Pedro do Sul. Apesar disso, a qualidade da água relativamente a este parâmetro foi aceitável, mesmo para a espécie mais sensível, a truta-fário, o que se confirmou com a presença desta espécie com alguma abundância.
10. A classificação de “muito fraca” no Índice de Integridade Biótica (IIB) proposto por Oliveira et al. (2007), revelou-se demasiado penalizadora para a possibilidade de recuperação a médio-longo prazo desses ecossistemas fluviais, em face da recuperação real que evidenciaram nalguns casos. A redefinição dos intervalos de classificação da IB possibilitando que os casos com avaliação superior dentro deste escalão possam ser reclassificados como IB “fraca” e, como tal, recuperável, levou à criação de uma proposta inicial para um novo Índice de Integridade Biótica Corrigido (IIBC), com readaptação dos valores dos restantes intervalos, mais de acordo com a realidade verificada. Este novo IIBC carece, no entanto, de validação experimental em ensaios futuros.
11. Encontrou-se uma relação clara entre os parâmetros físico-químicos da água estudados, a composição e a distribuição zoogeográfica das comunidades piscícolas.
12. Em alguns casos, perante condições ambientais adversas, a abundância total e relativa de uma espécie e a sua distribuição, foram indicadoras de um grau de adaptabilidade acima do esperado, mesmo para aquelas espécies classificadas como mais sensíveis.
13. Na Análise Canónica de Correspondência, verifica-se que a temperatura mais elevada da água partilha as mesmas regiões fluviais, com os parâmetros associados a contaminações antropogénicas, como sulfatos, nitratos, fosfatos, e compostos amoniacais. Isto acontece principalmente nas zonas de menor altitude com cursos de rio mais lentos, água mais quente, baixo oxigénio dissolvido e, simultaneamente, níveis mais elevados de contaminantes urbanos ou outros efluentes.
14. A truta-fário (*Salmo trutta*), mais sensível aos diferentes modos de perturbação de qualidade da água, foi capturada em todos os concelhos,

mas os de Vouzela e Oliveira de Frades com 34% e 21%, respetivamente, foram aqueles que revelaram percentagens mais elevadas. No concelho de Viseu, só encontrada no rio Vouga, provavelmente devido à água fria durante todo o ano, em oposição aos rios Pavia e Dão, com altas temperaturas da água no Verão e consequentes baixos níveis de oxigénio dissolvido.

15. Espécies como o barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*) e a boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*) localizaram-se perto do centro de todos os gráficos de Análise Canónica de Correspondência, o que significa que são espécies facilmente adaptadas a diferentes variáveis físico-químicas.
16. A nova barragem de Ribeiradio, é hoje um dos casos em que seria fundamental a instalação se um dispositivo eficaz para passagem de peixes, uma vez que é a porta de entrada para algumas espécies migradoras neste vasto território, mas pelo elevado desnível entre a cota da água a montante e a jusante da barragem, só um método ativo de transporte dos peixes, nomeadamente por elevador, poderia ser considerado eficaz neste caso.
17. Relativamente às plataformas já instaladas e à informação pedagógica das placas informativas, revelaram-se estruturas imprescindíveis à aplicação dos principais efeitos esperados deste estudo a longo prazo, a divulgação dos resultados à comunidade e a monitorização das ações de proteção das espécies piscícolas mais sensíveis. Para isso, a escolha dos locais para implantação das plataformas, teve em conta a ponderação de diversos critérios como a diversidade da fauna piscícola, a existência de espécies vulneráveis, a riqueza e/ou sensibilidade das galerias ripícolas e a acessibilidade dos locais.
18. As alterações da qualidade da água podem ser relativamente rápidas e inconstantes ao longo dos anos e, sem estudos permanentes deste tipo, há um desequilíbrio entre a realidade do ecossistema fluvial e as ações de gestão de recursos piscícolas. Por um lado, o repovoamento anual para compensar a pesca desportiva tem sido feito com espécies que já não estão adaptadas a águas, cuja qualidade se deteriorou. Por outro lado, encontrámos bons exemplos de melhoria da qualidade da água, por

intervenção humana de requalificação, e não foram encontradas espécies que seria de esperar em água de tão elevada qualidade, como é o caso da truta-fário (*Salmo trutta*).

19. Foi alcançado o principal objetivo deste estudo, de avaliar o efeito da diferente qualidade de água, por causas humanas ou naturais, na distribuição das espécies piscícolas desta região. Além disso, é possível agora fundamentar os processos de decisão para a preservação de ecossistemas aquáticos sensíveis, ou para a restauração dos mais degradados, neste melhor conhecimento das populações de peixes e do seu habitat, como é o caso das propostas aqui efetuadas. No entanto, a monitorização das populações terá de ser contínua para assegurar a conservação dos ecossistemas fluviais a médio e longo prazo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abell R, Michele L, Thieme M, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, Bogutskaya N (2008) Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58 (5): 403-414
- Allan J, Flecker A (1993) Biodiversity conservation in running waters. *BioScience* 43: 32–43
- Álvarez F, Matamoros W, Chicas F (2017) The contribution of environmental factors to fish assemblages in the Río Acahuapa, a small drainage in Central America. *Neotropical Ichthyology* 15(3): e170023
- ASTM, 1996. Annual Book of ASTM Standards – Water and Environmental Technology. Section 11.02. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.
- ASTM, 1999. Annual Book of ASTM Standards – Water and Environmental Technology. Section 11.02. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.
- ASTM, 2000. Annual Book of ASTM Standards – Water and Environmental Technology. Section 11.02. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.
- Begon M, Harper J, Townsend C (1996) Ecology: Individuals, Populations and Communities, 3rd Ed. Blackwell Science, London. 1068p
- Braak, C. J. F. e Verdonschot, P. F. M. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57, 255-289.
- Cheng D, Zhao X, Song J, Sun H, Wang S, Bai H, Li Q (2019) Quantifying the Distribution and Diversity of Fish Species Along Elevational Gradients in the Weihe River Basin, Northwest China. *Sustainability* 11:61-77

- Dudgeon D (2000) The ecology of tropical asian rivers and streams in relation to biodiversity conservation. *Annu Rev Ecol Syst* 31:239-263
- Dudgeon D, Smith R (2006) Exotic species, fisheries and conservation of freshwater biodiversity in tropical Asia: The case of the Sepik River, Papua New Guinea. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 203–215
- Faradonbe M, Eagderi S, Poorbagher H (2017) Niche overlap in fish assemblages inferred from canonical correspondence analysis: A case study with the Totkabon River, North of Iran. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 34(2): 151-156
- Fausch K, Lyons J, Karr J, Angermeier P (1990). Fish communities as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium* 8:123-144
- Galactos K, Barriga-Salazar R, Stewart DJ (2004) Seasonal and habitat influences on fish communities within the lower Yasuni River basin of the Ecuadorian Amazon. *Environmental Biology of Fishes*. 71: 33-51
- Greenacre M. (2016) *Correspondence Analysis in Practice; Canonical Correspondence Analysis (Chapter 27)*. Editor Chapman and Hall/CRC. 3rd Edition. New York. 326 pp. ISBN 9781315369983
- Groombridge B (1992) *Global biodiversity: status of the earth's living resources*. Chapman and Hall, London
- Guo Q, Liu X, Ao X, Qin J, Wu X, Ouyang S (2018) Fish diversity in the middle and lower reaches of the Ganjiang River of China: Threats and conservation. *PLoS ONE* 13(11): e0205116
- Harrison T, Whitfield A (2004) A multi-metric fish index to assess the environmental condition of estuaries. *Journal of Fish Biology* 65:683-710.
- Hashemi S, Ghorbani R, Kymaram F, Hossini¹ S, Eskandari G, Hedayati A (2015) Fish Species Composition, Distribution and Abundance in Shadegan Wetland. *Fish Aquac J* 2015 6:2

- He Y, Wang J, Lek S, Cao W, Lek-Ang S (2011) Structure of endemic fish assemblages in the upper Yangtze River Basin. *River Res Appl* 27:59–75
- Huang G, Xie P (1996) Changes in the structure of fish community with the analysis of the possible reasons in Lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiol. Sinica* 20:38-46
- 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 a fauna piscícola. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- Islam R, Mia J, Lithi U (2017) Spatial and Temporal Disparity of Fish Assemblage Relationship with Hydrological Factors in Two Rivers Tangon and Kulik, Thakurgaon, Bangladesh. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 17:1209-1218
- Iwatsubo, S., 1984. The analytical solutions of eigenvalue problem in the case of applying optimal scoring method to some types of data. In: Diday E. (ed.), *Data Analysis and Informations III*, North Holland, Amsterdam, pp. 31- 40.
- Jackson R, Running S (2001). Water in a changing world. *Ecological Applications* 11: 1027-1045
- Jowett I (1997) Instream low methods: a comparison of approaches. *Regul. Rivers: Res. Manag.* 13: 115-127
- Karr J (1981) Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(6):21-27.
- Karr J, Dudley D (1981) Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5:55-68.
- Kestemont P, Didier J, Micha J, Depiereux E (2000) Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 121: 321-348

- Kwak T, Peterson J. (2007) Community indices, parameters, and comparisons. In: Guy SC Brown ML editors. Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data. American Fisheries Society. Maryland. p. 677-763
- Liu X, Hu X, Ao X, Wu X, Ouyang S (2017) Community characteristics of aquatic organisms and management implications after construction of Shihutang Dam in the Gangjiang River, China. Lake and Reservoir Management 3: 1-16
- Mace G, Masundire H, Baillie J, Ricketts T, Brooks T (2005) Biodiversity. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (eds.), Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends (Findings of the Condition and Trends Working Group). Island: 77-122
- Malmqvist B, Rundle S (2002) Threats to the running water ecosystems of the world. Environmental Conservation 29: 134–153
- Marchetti M, Moyle PB (2001) Effects of flow regime on fish assemblages in a regulated California stream. Ecological Applications 11: 530-539
- McCormick F, Larsen D (2000). Comparison of geographic classification schemes for Mid-Atlantic stream fish assemblages. Journal of the North American Benthological Society 19:385-404
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis, World Resources Institute, Washington, Wash, USA
- Molony, B. , 2001. Environmental requirements and tolerances of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: A review. FISHERIES RESEARCH REPORT. ISBN: 0 7309 8458 3. 130, 1-28.
- Moyle P, Randall P (1998) Evaluating the biotic integrity of watersheds in the Sierra Nevada, California. Conserv. Biol. 12: 1318-1326

- N'Zi K, Yao S, Bi G., Ndouba V (2015) Update of ichthyofauna diversity and ecological status of a coastal River Nero (Côte d'Ivoire - West Africa). Saudi Journal of Biological Sciences 22: 265-273
- Naiman R, Turner M (2000) A future perspective on North America's freshwater ecosystems. Ecological Applications 10: 958-970
- Nsor C, Obodai E (2016) Environmental Determinants Influencing Fish Community Structure and Diversity in Two Distinct Seasons among Wetlands of Northern Region (Ghana). International Journal of Ecology Volume 2016, Article ID 1598701
- Oliveira J (coord.), Santos J, Teixeira A, Ferreira M, Pinheiro P, Geraldés A and Bochechas J (2007) AQUARIPORT Project: Programa Nacional de Monitorização de Recursos Piscícolas e de Avaliação da Qualidade Ecológica de Rios. Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa, 96 pp.
- Paller V, Corpuz M, Ocampo P (2013) Diversity and Distribution of Freshwater Fish Assemblages in Tayabas River, Quezon (Philippines). Philippine Journal of Science 142 (1): 55-67
- Poff N, Allan J, Bain M, Karr J, Prestegard K, Richter B, Sparks R, Stromberg J (1997) The natural flow regime. Bioscience 47: 769-784
- Pombo L, Elliot M, Rebelo J (2005) Environmental influences on fish assemblage distribution of an estuarine coastal lagoon, Ria de Aveiro (Portugal). Scientia Marina 69 (1): 143-159
- Puth L, Wilson K (2001) Boundaries and corridors as a continuum of ecological flow control: lessons from rivers and streams. Conservation Biology 15: 21-30
- Raghavan R, Prasad G, Anvar-Ali P, Pereira B (2008) Exotic fish species in a global biodiversity hot spot: Observations from River Chalakudy, part of Western Ghats, Kerala, India. Biological Invasions 10: 37-40

- Rahel F (2003) Homogenization of freshwater faunas. Annual Review of Ecology & Systematics 33: 291-315
- Sa-Oliveira J, Hawes J, Isaac-Nahum V, Peres C (2015) Upstream and downstream responses of fish assemblages to an eastern amazonian hydroelectric dam. Freshwater Biology 60(10): 2037-2050
- Schmutz S, Cowx I, Haidvogel G, Pont D (2007) Fishbased methods for assessing European running waters: a synthesis. Fish. Manag. Ecol. 14: 369-380
- Simon K, Townsend C (2003) Impacts of freshwater invaders at different levels of ecological organisation, with emphasis on salmonids and ecosystem consequences. Freshwater Biology 48: 982-994
- Simon T (1999) Introduction: Biological integrity and use of ecological health concepts for application to water resource characterization. In: Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish Communities. Ed: Simon, T. P., Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 3-16.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition.* 1990. American Public Health Association, Washington, D. C.. Beachwatch.
- Ter-Brack C (1986) Canonical correspondance analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67: 1167-1179
- Whitfield A (1996) Fishes and the environmental status of South African estuaries. Fisheries Management Ecology 3: 45-57
- Wozney K, Haxton T, Kjartanson S, Wilson C (2011) Genetic assessment of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) population structure in the Ottawa River. Environmental Biology of Fishes 90: 183-195
- Wedemeyer, G.A. 1996. Physiology of fish in intensive culture systems. Chapman and Hall, New York, 232 p.

Wu J, Huang J, Han X, Xie Z, Gao X (2003) Three-Gorges Dam - experiment in habitat fragmentation? Science 300: 1239-1240.
<https://doi.org/10.1126/science.1083312> PMID: 12764179

www.arkive.org/ (Jan 2014)

www.cartapiscicola.org/ (Sept 2013)

www.iucnredlist.org/ (Oct 2013)

Xie P, Chen Y (2001) Invasive carp in China's plateau lakes. Science 294: 999-1000

Xie Y, Li, Z, Gregg W, Li D (2001) Invasive species in China - an overview. Biodiversity and Conservation 10: 1317-1341

Ye S (2007) Studies on fish communities and trophic network model of shallow lakes along the middle reach of the Yangtze River. PhD Dissertation. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan

Ye S, Li Z, Zhang T, Liu J, Xie S (2014) Assessing fish distribution and threats to fish biodiversity in the Yangtze River Basin, China. Ichthyol Res (2014) 61:183-188

Zeng L, Zhou L, Guo D-L, Fu D-H, Xu P, Zeng S, Tang Q-D, Chen A-L, Chen F-Q, Luo Y, Li G-F (2017) Ecological effects of dams, alien fish, and physiochemical environmental factors on homogeneity/heterogeneity of fish community in four tributaries of the Pearl River in China. Ecology and Evolution 7:3904-3915

ANEXOS

Protocolos de análise dos parâmetros físico-químicos da água

(Fotómetro de análise de água multiparâmetros Hanna HI 83200)

Anexo 1 - Oxigénio dissolvido

OXIGÉNIO DISSOLVIDO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.0 a 10.0 mg/L
Resolução	0.1 mg/L
Precisão	± 0.4 mg/L $\pm 3\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.1 mg/L

EMC

Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 420 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater, 18ª edição</i> , método Winkler modificado Azide. A reacção entre o oxigénio dissolvido e os reagentes causa uma coloração amarela na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93732A-0	Reagente A	5 gotas
HI 93732B-0	Reagente B	5 gotas
HI 93732C-0	Reagente C	10 gotas

REAGENTE SET

HI 93732-01 Reagentes para 100 testes

HI 93732-03 Reagentes para 300 testes

Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

- Selecione o método *Oxigénio Dissolvido* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).

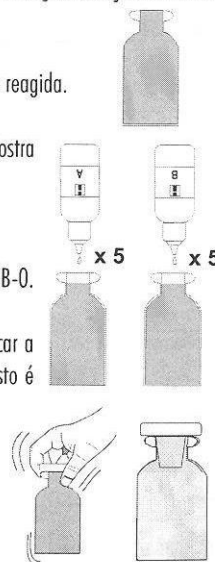
- Encha um frasco de vidro de 60 mL completamente com a amostra não reagida.

- Volte a colocar a tampa e assegure-se que uma pequena parte da amostra extravaza.

- Remova a tampa e adicione 5 gotas de HI 93732A-0 e 5 gotas de HI 93732B-0.

- Adicione mais amostra, para encher o frasco completamente. Volte a colocar a tampa novamente e assegure-se que uma parte da amostra extravaza. Isto é para se certificar que não permanecem presas bolhas de ar no seu interior, que podem alterar a leitura.

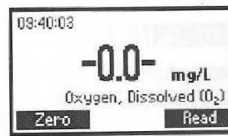
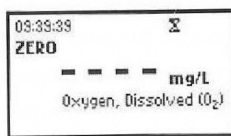
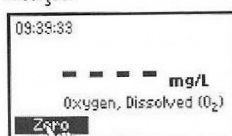
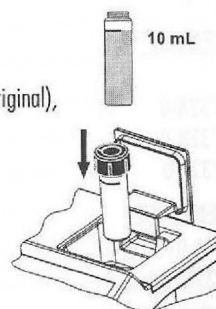
- Inverta o frasco várias vezes. A amostra torna-se laranja-amarela e o agente floculante aparecerá.



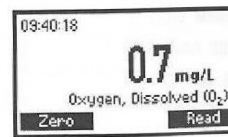
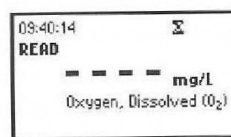
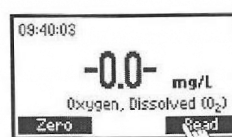
- Deixe a amostra repousar e o agente floculante começará a depositar-se.
- Após aproximadamente 2 minutos, quando a metade superior do frasco se torna límpida, adicione 10 gotas de HI 93732C-0.
- Volte a colocar a tampa e inverta o frasco até que o depósito do agente floculante se dissolva completamente. A amostra está pronta a efectuar medições quando está amarela e completamente límpida.



- Encha a cuvete até à marca com 10 mL de amostra não reagida (original), e substitua a tampa. Este é o branco.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete.
- Encha mais uma cuvete até à marca com 10 mL da amostra reagida e substitua a tampa.
- Reinsira a cuvete no instrumento.
- Pressione READ para iniciar a leitura. O Instrumento indicará os resultados em mg/L de oxigénio dissolvido.



INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser devidas a materiais redutores e oxidantes.

Anexo 2 - Compostos amoniacais

AMÓNIA GAMA MÉDIA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 10.00 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.05 mg/L $\pm 5\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.01 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 420 nm
Método	Adaptação do <i>ASTM Manual of Water e Environmental Technology, D1426-92</i> , método Nessler. A reacção entre a amónia e os reagentes causa uma coloração amarela na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

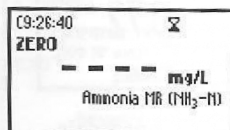
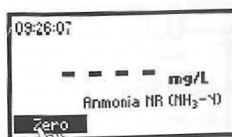
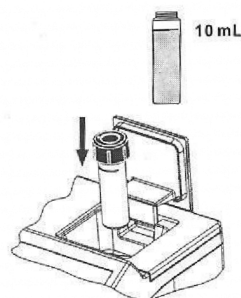
Código	Descrição	Quantidade
HI 93715A-0	Primeiro Reagente	4 gotas (6 gotas para água do mar)
HI 93715B-0	Segundo Reagente	4 gotas (10 gotas para água do mar)

CONJUNTOS DE REAGENTES

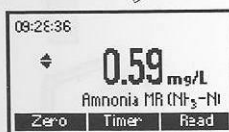
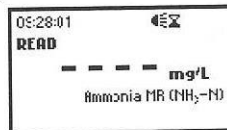
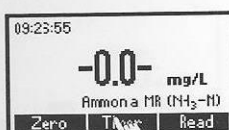
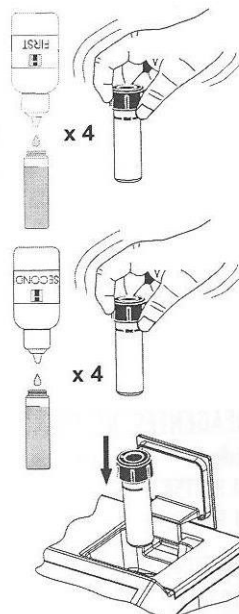
HI 93715-01 Reagentes para 100 testes
HI 93715-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

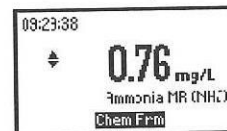
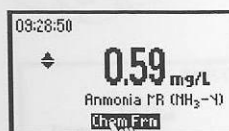
- Seleccione o método *Amónia GM* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete.
- Adicione 4 gotas do Primeiro Reagente HI 93715A-0 (6 gotas para análise da água do mar). Volte a colocar a tampa e misture a solução.
- Adicione 4 gotas do Segundo Reagente HI 93715B-0 (10 gotas para análise da água do mar). Volte a colocar a tampa e misture a solução.
- Reinsira a cuvete no instrumento.
- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 3 minutos e 30 segundos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O instrumento indica os resultados em mg/L de azoto de amónia ($\text{NH}_3\text{-N}$).



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de amónia (NH_3) e amónio (NH_4^+).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

acetona, alcoóis, aldeídos, glicina, dureza acima de 1 g/L, ferro, cloraminas orgânicas, sulfureto, várias aminas alifáticas e aromáticas.

Anexo 3 - Dureza de Cálcio

DUREZA DE CÁLCIO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 2.70 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.11 mg/L $\pm 5\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.01 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater, 18ª edição</i> , método Calmagite. A reacção entre o cálcio e os reagentes causa uma coloração avermelhada-violeta na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

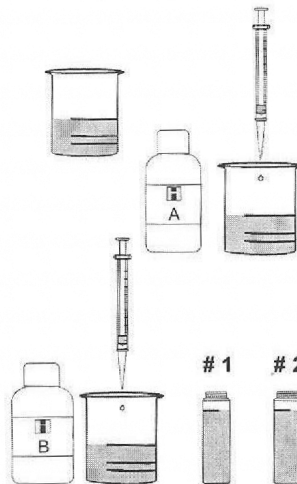
Código	Descrição	Quantidade
HI 93720A-0	Indicador Ca & Mg	0.5 mL
HI 93720B-0	Solução Alcalina	0.5 mL
HI 93720C-0	Solução EGTA	1 gota

CONJUNTOS DE REAGENTES

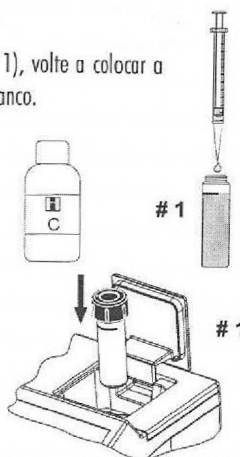
- HI 93720-01 Reagentes para 100 testes
 - HI 93720-03 Reagentes para 300 testes
- Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

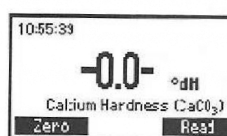
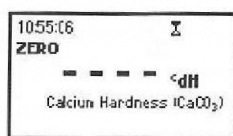
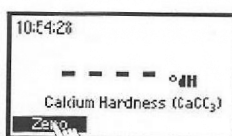
- Selecione o método *Dureza de Cálcio* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).
- Enxague um copo graduado várias vezes com amostra não reagida, antes de o encher até à marca de 50 mL com a amostra.
- Adicione 0.5 mL de solução Indicador de Cálcio HI 93720A-0 e agite para misturar.
- Adicione 0.5 mL de solução Alcalina HI 93720B-0 e agite para misturar. Use esta solução para enxaguar 2 cuvets antes de as encher até à marca de 10 mL.



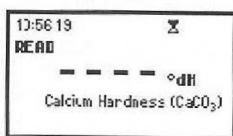
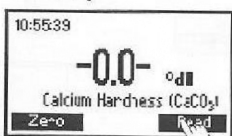
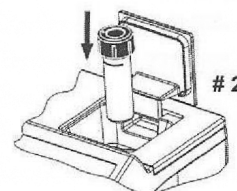
- Adicione 1 gota de solução EGTA HI 93720C-0 a uma cuvete (# 1), volte a colocar a tampa e inverta a cuvete várias vezes para misturar. Este é o branco.



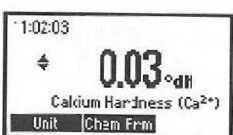
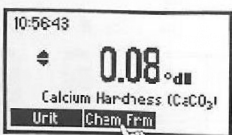
- Coloque o branco (# 1) no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O medidor indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



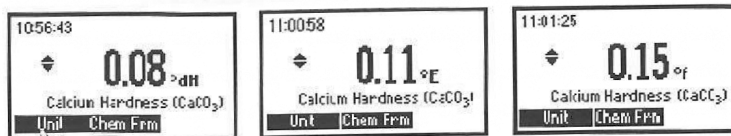
- Remova o branco e insira a segunda cuvete (# 2) no instrumento.
- Pressione READ para iniciar a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de dureza de cálcio, como CaCO_3 .



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de Cálcio (Ca).



- Pressione a tecla funcional **Unit** para alterar a actual unidade de medição. Os resultados podem ser convertidos para graus Franceses ($^{\circ}f$), graus Alemães ($^{\circ}dH$) e graus Ingleses ($^{\circ}E$).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

Nota: Este teste detectará qualquer contaminação de cálcio no copo, seringas de medição ou células de amostragem. Para testar limpidamente, repita o teste várias vezes até obter resultados consistentes.

Nota: Para uma maior precisão lave os utensílios de vidro com HCl 6N.

DILUIÇÃO DA AMOSTRA

Este medidor foi desenhado para determinar os baixos níveis de dureza, normalmente encontrados em sistemas de purificação de água.

Quando testar outras fontes de água, não é incomum encontrar níveis de dureza que sejam maiores que a gama deste medidor.

Este problema pode ser resolvido através da diluição. As diluições devem ser efectuadas com água sem dureza ou as leituras serão erradas.

Uma diluição para reduzir o nível de dureza por um factor de uma centena é efectuada como a seguir indicado:

- Encha uma seringa de 1 mL com a amostra.
- Coloque a seringa num copo de 50 mL, assegurando-se que o copo esteja limpo e vazio, e injecte 0.5 mL no copo.
- Encha o copo até à marca de 50 mL com água sem dureza.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por quantidade excessivas de metais pesados.

Anexo 4 - Dureza de Magnésio

DUREZA DE MAGNÉSIO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 2.00 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.11 mg/L $\pm 5\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.02 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18ª edição</i> , método colorimétrico EDTA. A reacção entre o magnésio e os reagentes causa uma coloração avermelhada-violeta na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

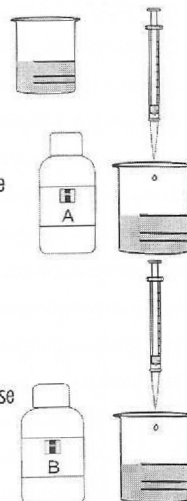
Código	Descrição	Quantidade
HI 93719A-0	Indicador Mg	0.5 mL
HI 93719B-0	Solução Alcalina	0.5 mL
HI 93719C-0	Solução EDTA	1 gota
HI 93719D-0	Solução EGTA	1 gota

CONJUNTOS DE REAGENTES

- HI 93719-01 Reagentes para 100 testes
 - HI 93719-03 Reagentes para 300 testes
- Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

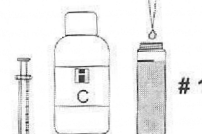
- Selecione o método *Dureza de Magnésio* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).
- Enxague um copo graduado várias vezes com amostra não reagida, antes de o encher até à marca de 50 mL com a amostra.
- Adicione 0.5 mL de solução Indicador de Magnésio HI 93719A-0, depois agite para misturar.
- Adicione 0.5 mL de Solução Alcalina HI 93719B-0 e agite para misturar. Use esta solução para enxaguar 2 cuvetes.



- Encha ambas as cuvete até à marca de 10 mL.



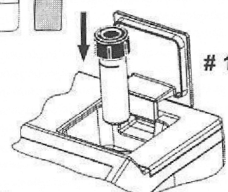
- Adicione 1 gota de solução EDTA HI 93719C-0 a uma cuvete (# 1), volte a colocar a tampa e inverta a cuvete várias vezes para misturar. Este é o branco.



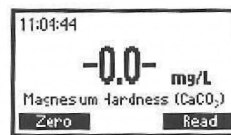
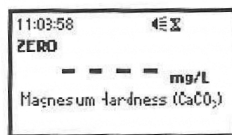
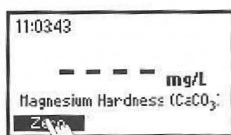
- Adicione 1 gota de solução EDTA HI 93719D-0 à segunda cuvete (# 2), volte a colocar a tampa e inverta a cuvete várias vezes para misturar. Esta é a amostra.



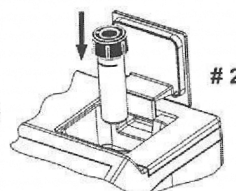
- Coloque o branco (# 1) no suporte e feche a tampa.



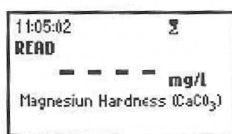
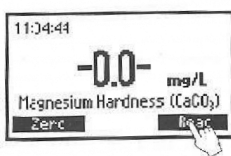
- Pressione a tecla ZERO. O medidor indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



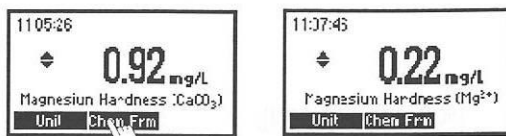
- Remova o branco (# 1), insira a amostra (# 2) no instrumento, e feche a tampa.



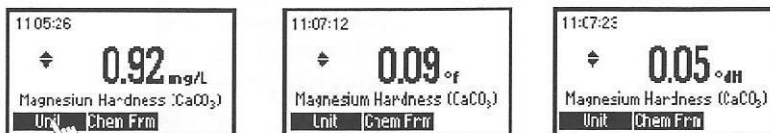
- Pressione READ para iniciar a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de dureza de magnésio, como CaCO₃.



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de Magnésio (Mg).



- Pressione a tecla funcional Unit para alterar a actual unidade de medição. Os resultados podem ser convertidos para graus Franceses (°f), graus Alemães (°dH) e graus Ingleses (°E).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

Nota: Este teste detectará qualquer contaminação de magnésio nos copos, seringas de medição ou células de amostragem. Para testar a limpeza, repita o teste várias vezes até obter resultados consistentes.

DILUIÇÃO DA AMOSTRA

Este medidor foi desenhado para determinar a dureza tipicamente encontrada em sistemas de purificação de água. De modo a medir amostras com alta dureza, siga o procedimento de diluição explicado na página 61 (Dureza de Ca).

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por quantidades excessivas de metais pesados.

Anexo 5 - Ferro

FERRO GAMA ALTA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 5.00 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.04 mg/L $\pm 2\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.01 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do método EPA de Fenantrolina 315B, para águas naturais e tratadas. A reacção entre o ferro e os reagentes causa uma coloração laranja na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93721-0	Reagente em Pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

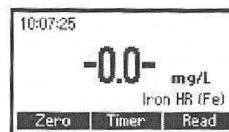
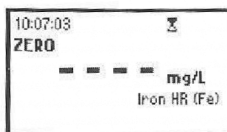
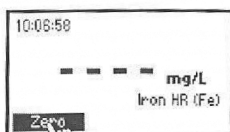
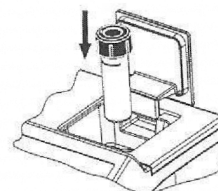
HI 93721-01 Reagentes para 100 testes
HI 93721-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

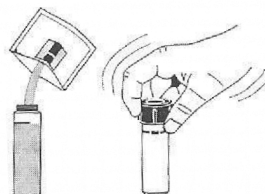
- Seleccione o método *Ferro GA* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa.



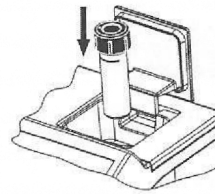
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" o medidor está a zero e pronto para a medição.



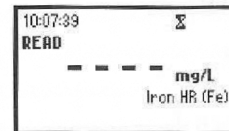
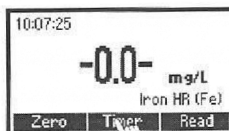
- Remova a cuvete e adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93721-0. Volte a colocar a tampa e agite até à completa dissolução.



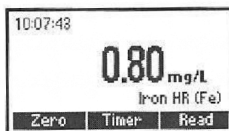
- Reinsira a cuvete no instrumento.



- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 3 minutos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura.



- O medidor indica a concentração em sílica mg/L de ferro.



INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

Molibdénio Molibdato acima de 50 ppm

Cálcio acima de 10000 ppm (como CaCO_3)

Magnésio acima de 100000 ppm (como CaCO_3)

Cloreto acima de 185000 ppm.

Anexo 6 - Fosfato

FOSFATO GAMA BAIXA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 2.50 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.04 mg/L $\pm 4\%$ da leitura
Desv. Típico EMC	± 0.01 mg/L
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 610 nm
Método	Adaptação do método Ácido Áscórbico. A reacção entre o fosfato e o reagente causa uma coloração azul na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

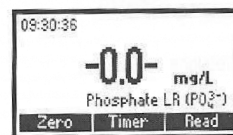
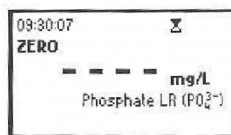
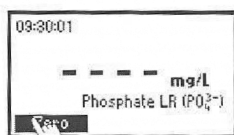
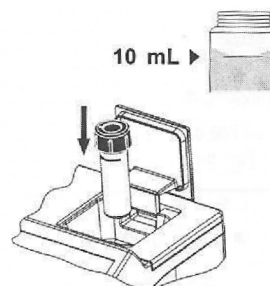
Código	Descrição	Quantidade
HI 93713-0	Reagente em pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

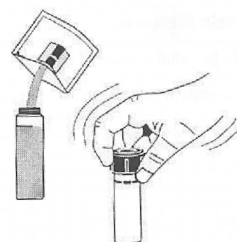
HI 93713-01 Reagentes para 100 testes
HI 93713-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

- Seleccione o método *Fosfato GB* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Enxague, coloque a tampa na cuvete e agite várias vezes com amostra não reagida. Encha a cuvete com 10 mL de amostra até à marca e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.

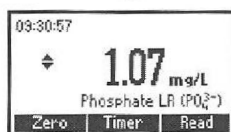
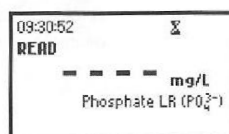
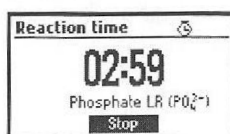
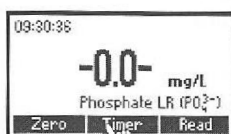
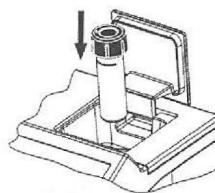


- Remova a cuvete e adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93713-0. Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente (durante cerca 2 minutos) até o pó estar completamente dissolvido.

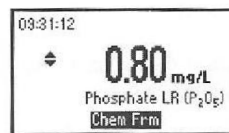
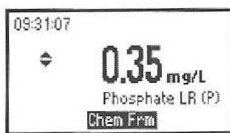
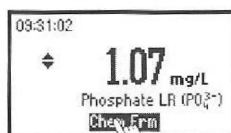


- Reinsira a cuvete no instrumento.

- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 3 minutos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de fosfato (PO_4^{3-}).



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de fósforo (P) e pentóxido de fósforo (P_2O_5).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

Ferro acima de 50 mg/L

Silica acima de 50 mg/L

Silicato acima de 10 mg/L

Cobre acima de 10 mg/L

Sulfureto de Hidrogénio, arsenato, as amostras turvas e as amostras altamente padronizadas podem também interferir.

Anexo 7 - Fósforo

FOSFATO GAMA ALTA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.0 a 30.0 mg/L
Resolução	0.1 mg/L
Precisão	± 1 mg/L $\pm 4\%$ da leitura
Desv. Típico EMC	± 0.1 mg/L
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater</i> , 18ª edição, método Amino-Ácido. A reacção entre o fosfato e as reagentes causa uma coloração azul na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

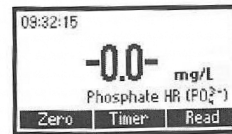
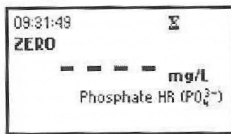
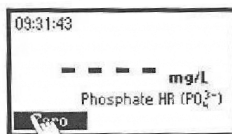
Código	Descrição	Quantidade
HI 93717A-0	Molibdato	10 gotas
HI 93717B-0	Reagente B	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

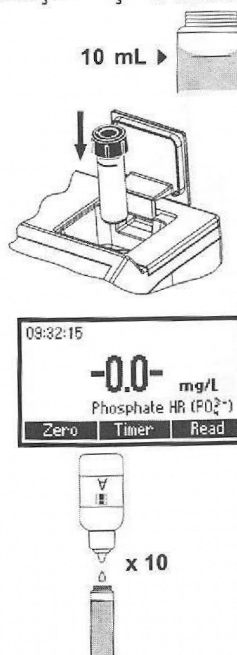
- HI 93717-01 Reagentes para 100 testes
- HI 93717-03 Reagentes para 300 testes
- Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

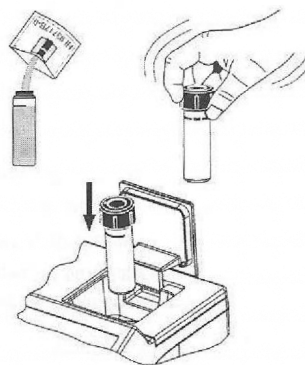
- Selecione o método *Fosfato GA* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



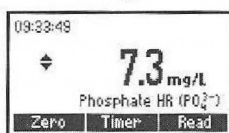
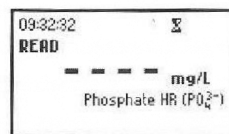
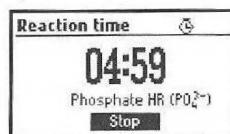
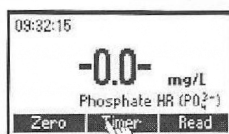
- Remova a cuvete.
- Adicione 10 gotas de Reagente Molibdato HI 93717A-0.



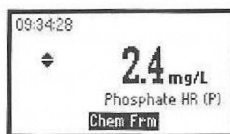
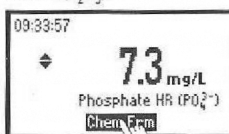
- Adicione o conteúdo de uma embalagem de HI 93717B-0 Reagente B de Fosfato GA à cuvete. Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente até estar completamente dissolvido.



- Reinsira a cuvete no instrumento.
- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 5 minutos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O instrumento indica os resultados em mg/L de fosfato (PO_4^{3-}).



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de fósforo (P) e pentóxido de fósforo (P_2O_5).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

Sulfureto

Cloreto acima de 150000 mg/L)

Cálcio acima de 10000 mg/L como CaCO_3

Magnésio acima de 40000 mg/L como CaCO_3

Ferro ferroso acima de 100 mg/L

Anexo 8 - Nitrito

NITRITO GAMA ALTA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0 a 150 mg/L
Resolução	1 mg/L
Precisão	± 4 mg/L $\pm 4\%$ da leitura
Desvio Típico	± 1 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 575 nm
Método	Adaptação do método Sulfato Ferroso. A reacção entre o nitrito e o reagente causa uma coloração esverdeada-castanha na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93708-0	Reagente em pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

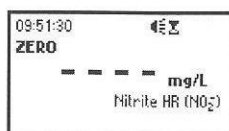
HI 93708-01 Reagentes para 100 testes

HI 93708-03 Reagentes para 300 testes

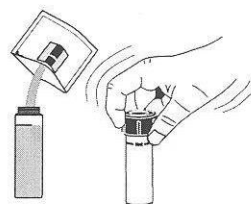
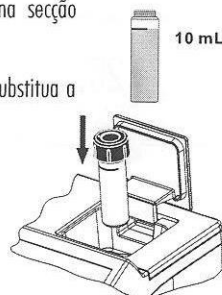
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

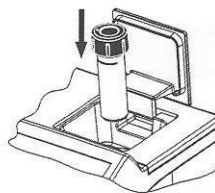
- Selecione o método *Nitrito GA* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete até à marca com 10 mL da amostra não reagida e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



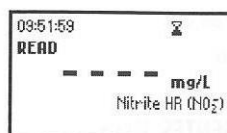
- Remova a cuvete.
- Adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93708-0. Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente até estar completamente dissolvido.



- Reinsira a cuvete no instrumento.



- Pressione **TIMER** e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 10 minutos e pressione **READ**. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de nitrito.



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional **Chem Frm** para converter o resultado em mg/L de azoto-nitrito (NO₂⁻-N) e nitrito de sódio (NaNO₂).
- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.



Anexo 9 - Nitrato

NITRATO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.0 a 30.0 mg/L
Resolução	0.1 mg/L
Precisão	± 0.5 mg/L $\pm 10\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.1 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do método de redução de cádmio. A reacção entre o nitrato e o reagente causa uma coloração âmbar na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93728-0	Reagente em pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

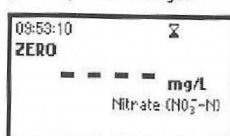
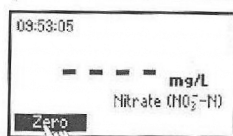
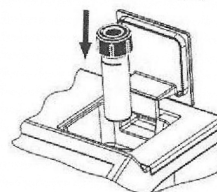
HI 93728-01 Reagentes para 100 testes

HI 93728-03 Reagentes para 300 testes

Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

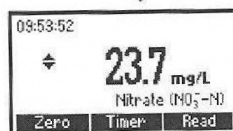
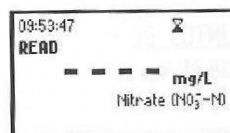
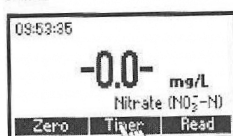
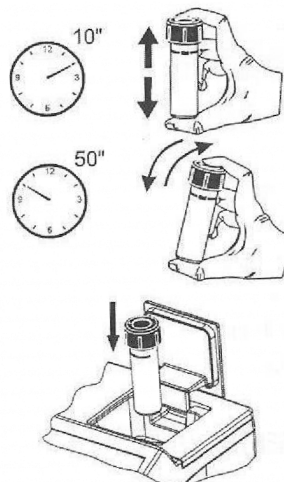
- Selecione o método *Nitrato* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).
- Usando a pipeta, encha a cuvete com 6 ml de amostra, até metade da sua altura, e volte a colocar a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete e adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93728-0.



- Volte a colocar a tampa e agite imediatamente, vigorosamente, para cima e para baixo durante exactamente 10 segundos. Continue a misturar invertendo a cuvete cuidadosamente durante 50 segundos, enquanto tem atenção para não induzir bolhas de ar. O pó não se dissolverá completamente. O tempo e o modo de agitação podem afectar sensivelmente a medição.
- Reinsira a cuvete no instrumento, tendo em atenção para não a agitar.
- Pressione **TIMER** e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 4 minutos e 30 segundos e pressione **READ**. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O instrumento indica os resultados em mg/L de nitrato-azoto.



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional **Chem Frm** para converter o resultado em mg/L de nitrato (NO_3^-).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

Amónia e aminas, como ureia e aminas alifáticas primárias

Cloreto acima de 100 ppm

Cloro acima de 2 ppm

Cobre

Ferro(III)

Substâncias fortemente oxidantes e redutoras

Sulfureto deve estar ausente

Anexo 10 - Sulfato

SULFATO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0 a 150 mg/L
Resolução	5 mg/L
Precisão	± 5 mg/L $\pm 3\%$ da leitura
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 466 nm
Método	O Sulfato é precipitado com cristais de cloreto de bário. A absorvância de luz da suspensão é medida.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93751-0	Reagente Indicador	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

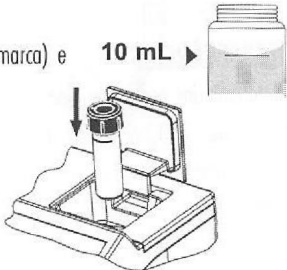
HI 93751-01 Reagentes para 100 testes

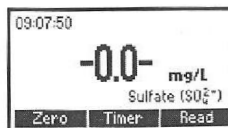
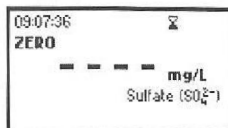
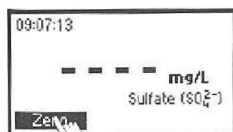
HI 93751-03 Reagentes para 300 testes

Para outros acessórios veja a página 17.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

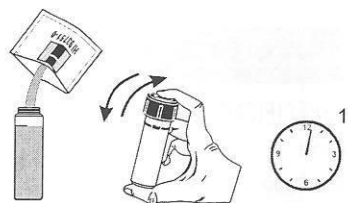
Nota: para a preparação da amostra siga o procedimento de ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (GB) na página 17.

- Seleccione o método *Sulfato* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa. 
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete.

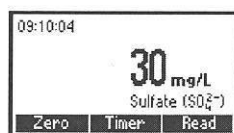
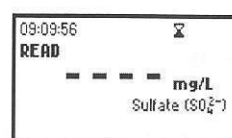
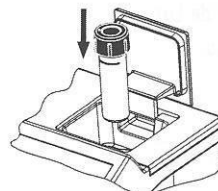
- Adicione o conteúdo de uma embalagem de HI 93751-0 Reagente Indicador.



- Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente durante 1 minuto.

- Reinsira a cuvete no instrumento.

- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 5 minutos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura.



- O medidor indica a concentração em miligramas por litro (mg/L) de Sulfato (SO_4^{2-}).

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser devidas a:

Cálcio (como CaCO_3) acima de 20000 mg/L

Cloreto (como Cl) acima de 40000 mg/L

Magnésio (como MgCO_3) acima de 10000 mg/L

Silica (como SiO_2) acima de 500 mg/L

Cor ou matéria suspensa em grandes quantidades interferem: a matéria suspensa deve ser removida por filtração prévia.

A matéria orgânica em grandes quantidades pode impedir a precipitação de sulfato de bário.

**EFFECT OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL
FACTORS ON WATER QUALITY AND FISH
FAUNA ASSEMBLAGE DISTRIBUTION IN THE
VOUGA, PAIVA AND DÃO RIVER BASINS**

José Manuel Gomes Moreira da Costa

DIRECTOR:

Dr. Victor Colino Rabanal

**PhD THESIS
2021**



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

Dr. Víctor Colino Rabanal (Director)

Dr. Miguel Lizana Avia (Tutor)

CERTIFICAMOS:

Que el trabajo doctoral realizado bajo nuestra dirección y tutoría por Don. José Manuel Gomes Moreira da Costa titulado "EFFECT OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS ON WATER QUALITY AND FISH FAUNA ASSEMBLAGE DISTRIBUTION IN THE VOUGA, PAIVA AND DÃO RIVER BASINS", reúne las condiciones originalidad requeridas para optar al grado de Doctor en Ciencia Animal por la Universidad de Salamanca.

Y para que así conste, firmamos la presente certificación en Salamanca a 8 de Julio del año 2021.

Fdo: Dr. Víctor Colino Rabanal

Fdo: Dr. Miguel Lizana Avia

The main results of this Doctoral Thesis were sent in article format for publication in the journal Diversity (under review).

"This work was expressly produced as an original dissertation
for the degree of Doctor in Animal Science"

ACKNOWLEDGEMENTS

No doctoral thesis can have a single author, although formally it must be so. During the long journey that culminates here, I have met many people who have contributed, in one way or another, to reaching this final point today. This ends an important stage of my life, one that has been as difficult, demanding, and stressful as it has been challenging and enriching.

After 10 years of since the first fieldworks, I am still surprised by the mysteries that animal life holds. With the fragility of the aquatic ecosystems that need our corrective intervention after so many aggressions they have been subjected to, and, on the other hand, with the strength of nature that ends up having more resilience, adaptability, and energy than all the books can write.

I thank here in a global way all those whose words and actions have always encouraged me to follow this path of biodiversity conservation, where I highlight teachers, colleagues, friends, students and, of course, my family.

More specifically, I would now like to thank the institutions and people who have contributed to this journey:

To the University of Salamanca, which welcomed me in this PhD, where I can never forget my first thesis Director, Professor Salvador Pérís. For the way we idealized this work and you followed it in the last years of your life, this work is also yours Salvador. Thank you very much! To all the other teachers in Salamanca for their teachings and experience sharing, but particularly to my current Thesis Director, Professor Víctor Colino and Tutor, Professor Miguel Lizana, for all the help they gave me in this process, thank you very much too.

To the Escola Superior Agrária (ESAV) and to the Instituto Politécnico de Viseu (IPV), which allowed my academic valorisation in this way.

To the AARC Project (Atlantic Aquatic Resource Conservation) and the institutional partner of AARC, ADDLAP (Associação de Desenvolvimento do Dão, Lafões e Alto-Paiva), which allowed the experimental field work.

To the municipalities of Vila Nova de Paiva, Viseu, São Pedro do Sul, Vouzela and Oliveira de Frades, for the open doors and collaboration in the study of their rivers and ecosystems valorisation of their territories.

To Paulo Barracosa, friend and colleague from ESAV, a special thanks for the incentive, for sharing this journey in the rivers of Portugal and AARC countries and for the inestimable help in the difficult and time-consuming field work. Thank you very much, Paulo!

To all the students of the technical team of fish fauna sampling, a special thanks to the tireless José Rodrigues and to the remaining members João Canto Amaral, Sónia Costa, Nuno Almeida and Cláudia Pena.

To all those who, in one way or another, have contributed so that this path has come to an end, thank you very much!

And now, those who will always be the main ones responsible for the support to be able to get this far, my family.

To my father who always encouraged me to fight for my objectives until the end and who, if he were here today, would certainly be very happy. To my mother who never stopped supporting me in my decisions and life paths and suffering with me as only mothers do.

Finally, my sons João and Cláudio, and my wife Isabel, for everything they have been through and have missed over these years, for the support, encouragement and sharing of difficult moments, there will not be enough words of thanks for you. Particularly to Isabel, not only for those moments, but also in the real help in the fieldwork, surpassing everything that would be normal to expect. This thesis is also yours!

ABSTRACT

Ichthyofauna diversity, its assemblage distribution regarding the effect of natural and anthropogenic changes on river ecosystems were investigated. From May 2011 to April 2013, 30 sites were sampled, covering a total length of 134 km, in the Vouga, Paiva and Dão rivers in the municipalities of Vila Nova de Paiva, Viseu, São Pedro do Sul, Vouzela e Oliveira de Frades, centre of Portugal.

Site choosing criteria were natural or human disturbance such as dams, weirs, or wastewater treatment plants. Fish sampling by electrofishing were performed and 13 water parameters were analysed, upstream and downstream of the the sampling points, to find eventual effects of the water quality on fish species distribution.

Overall, 14 fish species were collected, among them, 4 exotic species. Biotic Integrity Index was analysed for each site and was proposed a new Corrected Biotic Integrity Index for better prediction of the potential for ecosystem recovery. Canonical Correspondence Analysis was used to determine the relationship between fish assemblage and habitat variables.

We could conclude that there are several totally different river ecosystems in all the 5 councils in study. There are clear associations between fish species, sampling points and water quality parameters, forming clusters of different river ecosystems in each different study area. It was also interesting to verify that even the most sensitive species can adapt to poor water quality within certain limits, being found in areas where their presence could not be predicted. Despite some exceptions, we found a well organised trophic chain in the river ecosystems with carnivorous, omnivorous, and herbivorous species well established in almost all areas.

These relationships can provide useful information for better management, conservation and restoring of fish communities and habitats. Some guidelines were established both for requalifying critical places of anthropogenic degradation and to preserve the most sensitive places of the studied freshwater ecosystems.

Keywords: Fish assemblage, Anthropogenic factors, Water quality, Biotic Integrity Index, Canonical Correspondence Analysis, Vouga basin.

TABLE OF CONTENTS

1. INTRODUCTION	1
2. THEORETICAL BACKGROUND	4
2.1. Fish as bio-indicators.....	4
2.2. Description of the identified species	6
2.2.1. <i>Achondrostoma arcasii</i> - Panjorca.....	7
2.2.2. <i>Achondrostoma oligolepis</i> - Ruivaco	8
2.2.3. <i>Anguilla anguilla</i> - European eel.....	9
2.2.4. <i>Luciobarbus bocagei</i> – Common barbel	11
2.2.5. <i>Carassius auratus</i> / <i>Carassius carassius</i> - Goldfish / Crucian carp.....	13
2.2.6. <i>Cobitis paludica</i> - <u>Iberian loach</u>	14
2.2.7. <i>Gambusia holbrooki</i> - Gambusia or Mosquitofish.....	16
2.2.8. <i>Lepomis gibbosus</i> - Pumpkinseed.....	17
2.2.9. <i>Micropterus salmoides</i> - Largemouth bass.....	18
2.2.10. <i>Pseudochondrostoma duriense</i> - Boga-do-Norte	19
2.2.11. <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> - Iberian nase.....	20
2.2.12. <i>Salmo trutta</i> - Brown trout.....	21
2.2.13. <i>Squalius alburnoides</i> - <u>Iberian roach</u>	22
2.2.14. <i>Squalius carolitertii</i> - <u>Chub</u>	23
2.3 The Biotic Integrity Index	24
2.4. The Water Quality	25
2.5. The Canonical Correspondence Analysis method (CCA)	26
2.5.1. Principles of the method	26
2.5.2. Interpretation of the CCA plots	28
a) Species x Sites	28
b) Species x Species	28
c) Sites x Sites	29
d) Sites x Environmental Vectors	29
e) Species x Environmental Vectors	29
f) Ranking of Environmental Parameters	30

3. MATERIAL AND METHODS	31
3.1. The selection of sampling points	32
3.2 The sampling method - Electrofishing	35
3.3 The Biotic Integrity Index	38
3.4 Water analyses.....	41
3.4.1. Temperature	42
3.4.2. Dissolved oxygen.....	42
3.4.3. pH	43
3.4.4. Ammonia compounds	43
3.4.5. Calcium hardness	43
3.4.6. Magnesium Hardness	44
3.4.7. Iron.....	44
3.4.8. Phosphate.....	44
3.4.9. Phosphorus	44
3.4.10. Nitrite	44
3.4.11. Nitrates	44
3.4.12. Sulphate	45
3.5. Canonical Correspondence Analysis	46
4. RESULTS, DISCUSSION AND PROPOSALS	47
4.1 Fish communities	47
4.1.1 Species identified.....	47
4.1.2 Fish communities by municipality	48
a) Vila Nova de Paiva	48
b) Viseu.....	51
c) São Pedro do Sul.....	55
d) Vouzela.....	61
e) Oliveira de Frades	65
4.2 Biotic Integrity Index	68
4.2.1 The Biotic Integrity Index in general.....	68
4.2.2 The Biotic Integrity Index by municipality.....	70
a) Vila Nova de Paiva	70
b) Viseu.....	72
c) São Pedro do Sul.....	74

d) Vouzela.....	77
e) Oliveira de Frades	79
4.3 Water quality	82
4.3.1. Water quality in general	82
4.3.2. Water quality by municipality	84
a) Vila Nova de Paiva	84
b) Viseu.....	85
c) São Pedro do Sul.....	87
d) Vouzela.....	90
e) Oliveira de Frades	92
4.4. The effect of water quality on fish fauna	94
1. Canonical Correspondence Analysis in general	94
2. canonical correspondence analysis by municipality	99 a)
Vila Nova de Paiva	99
b) Viseu.....	104
c) São Pedro do Sul.....	108
d) Vouzela.....	113
e) Oliveira de Frades	117
5. Proposals for the conservation and environmental restoration	120
1. Implantation of platforms for river observation and study	120 a)
Vila Nova de Paiva	121
b) Viseu.....	124
c) São Pedro do Sul.....	126
d) Vouzela.....	127
e) Oliveira de Frades	129
2. Conservation proposals for more sensitive sites	132 a)
Vila Nova de Paiva	132
b) Viseu.....	132
c) São Pedro do Sul.....	133
d) Vouzela.....	134
e) Oliveira de Frades	134
3. Proposals for the requalification of critical sites in the anthropogenic degradation of riverside ecosystems.....	135
a) Vila Nova e Paiva	135

b) Viseu.....	135
c) São Pedro do Sul.....	136
d) Vouzela.....	136
e) Oliveira de Frades	136
5. CONCLUSIONS	138
6. REFERENCES	143
APPENDIXES.....	150
Protocols for the analysis of physical-chemical parameters of water	
Appendix 1 - Dissolved oxygen	
Appendix 2 - Ammoniacal compounds	
Appendix 3 - Calcium Hardness	
Appendix 4 - Magnesium Hardness	
Appendix 5 - Iron	
Appendix 6 - Phosphate	
Appendix 7 - Phosphorus	
Appendix 8 - Nitrite	
Appendix 9 - Nitrate	
Appendix 10 – Sulphate	

LIST OF FIGURES

Page:

Figure 1. Study area covered: Municipalities and river basins	2
Figure 2. <i>Achondrostoma arcasii</i> – Panjorca.....	7
Figure 3. <i>Achondrostoma oligolepis</i> – Ruivaco.....	8
Figure 4. <i>Anguilla anguilla</i> - European eel.....	9
Figure 5. <i>Luciobarbus bocagei</i> - Common barbel.....	11
Figure 6. <i>Carassius auratus</i> - Goldfish	13
Figure 7. <i>Cobitis paludica</i> - Iberian loach	14
Figure 8. <i>Gambusia holbrooki</i> – Gambusia or Mosquitofish	16
Figure 9. <i>Lepomis gibbosus</i> - Pumpkinseed.....	17
Figure 10. <i>Micropterus salmoides</i> - Largemouth bass	18
Figure 11. <i>Pseudochondrostoma duriense</i> - Boga-do-Norte.....	19
Figure 12. <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> - Iberian nase	20
Figure 13. <i>Salmo trutta</i> – Brown trout.....	21
Figure 14. <i>Squalius alburnoides</i> - Iberian roach	22
Figure 15. <i>Squalius carolitertii</i> - Chub	23
Figure 16. Sampling points location	32
Figure 17. Electric fishing device and battery	36
Figure 18. Portable electric fishing (backpack).....	36
Figure 19. Capture of a common barbel	36
Figure 20. Collection of the captured fish	36
Figure 21. Measurement of a chub (<i>Squalius carolitertii</i>).....	37
Figure 22. Release of a brown trout (<i>Salmo trutta</i>).....	37
Figure 23. Register the data in the field record.....	37
Figure 24. Analysis of the water physico-chemical parameters	41
Figure 25. Water temperature measurement.....	41
Figure 26. Measurement of dissolved oxygen in water.....	42

Figure 27. Measurement of water pH	43
Figure 28. Percentage distribution of species captured in Vila Nova de Paiva.....	49
Figure 29. Percentage distribution of the species captured in Viseu.....	52
Figure 30. Percentage distribution of the species captured in São Pedro do Sul.....	56
Figure 31. Percentage distribution of the species captured in Vouzela.....	62
Figure 32. Percentage distribution of the species captured in Oliveira de Frades.....	66
Figure 33. Bordalo specimen (<i>Sq. Alburnoides</i>) captured in Vila Nova de Paiva ..	71
Figure 34. An example of ruivaco (<i>A. oligolepis</i>) captured in Vila Nova de Paiva .	71
Figure 35. Louisiana crawfish (<i>Procambarus clarkii</i>) caught downstream from Alcafache	73
Figure 36. Rio Vouga upstream of São Pedro do Sul (power station zone)	75
Figure 37. Sul river (Lenteiro do Rio)	75
Figure 38. Sul and Vouga rivers confluence.....	75
Figure 39. Water aspect on the banks of the Vouga river downstream of the Telheiro stream.....	76
Figure 40. Common barbels (<i>Luciobarbus bocagei</i>) in the Sul river (São Pedro do Sul).....	76
Figure 41. Upstream of the Fataunços WWTP (Ribamá stream).....	78
Figure 42. Downstream of the Cambra WWTP (Alfusqueiro river, before the confluence of the Couto river)	78
Figure 43. Upstream of the Destriz weir (Alfusqueiro river)	80
Figure 44. Downstream of the Destriz weir (Alfusqueiro river).....	80
Figure 45. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the 13 environmental parameters in the 5 counties	95
Figure 46. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to 9 main environmental parameters in the 5 counties.....	96
Figure 47. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in Vila Nova de Paiva.....	99

Figure 48. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH ₃) and iron (FE) in Vila Nova de Paiva.....	101
Figure 49. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters of phosphate (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA), in Vila Nova de Paiva.....	102
Figure 50. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH parameters in Viseu	104
Figure 51. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH ₃) and iron (FE) in Viseu.....	105
Figure 52. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters phosphate (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in Viseu	106
Figure 53. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in São Pedro do Sul.....	108
Figure 54. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters of calcium hardness (DUCA), ammonia (NH ₃) and iron (FE) in São Pedro do Sul.....	110
Figure 55. Graphical ordering of CCA with species abundance of species relative to the environmental parameters of phosphate (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in São Pedro do Sul	111
Figure 56. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in Vouzela.....	113
Figure 57. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH ₃) and iron (FE) in Vouzela.....	114
Figure 58. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters phosphate (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in Vouzela.....	116
Figure 59. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in Oliveira de Frades.....	117
Figure 60. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH ₃) and iron (FE) in Oliveira de Frades.....	118

Figure 61. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters of phosphate (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in Oliveira de Frades	119
Figure 62. Platform and information panel at Santiago Park, Pavia river, Viseu.....	120
Figure 63. Sport fishing competition during the Trout Festival of V. N. de Paiva.....	122
Figure 64. Captured brown trouts.....	122
Figure 65. Juvenile trouts for restocking.....	122
Figure 66. Restocking of Paiva river.....	122
Figure 67. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Vila Cova à Coelheira (Pego) river beach in Vila Nova de Paiva	123
Figure 68. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Azenha river beach in Vila Nova de Paiva.....	123
Figure 69. Aerial view of the proposed location for the platform installation in Almargem, Viseu	124
Figure 70. Aerial view of the proposed location for the platform installation, downstream of the Vouguinha bridge weir in Viseu	125
Figure 71. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Alcafache river beach in Viseu.....	125
Figure 72. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of São Pedro do Sul, in the area of the power station.....	126
Figure 73. Aerial view of the proposed location for the platform installation, downstream of the São Pedro do Sul thermal baths	127
Figure 74. Aerial view of the proposed location for the platform installation, at the river beach of Cambra in Vouzela	128
Figure 75. Aerial view of the proposed location for the platform installation, at Porto da Várzea in Vouzela.	129
Figure 76. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Destriz weir	131
Figure 77. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Cainhas dam.....	131

LIST OF TABLES

	Page:
Table 1. Characterization of the sampling points in the 5 municipalities.....	34
Table 2. Scores for each metric (adapted from Oliveira et al, 2007)	38
Table 3. Biotic Integrity Index according to the score obtained (Oliveira et al, 2007)	39
Table 4. Corrected Biotic Integrity Index according to the score obtained.....	40
Table 5. Fish species captured in Vila Nova de Paiva.....	48
Table 6. Species captured (%) in each sampling point of Vila Nova de Paiva	49
Table 7. Fish species captured in Viseu	51
Table 8. Captured species (%) at each sampling point of Viseu	53
Table 9. Fish species captured in São Pedro do Sul.....	55
Table 10. Captured species (%) at each sampling point in São Pedro do Sul.....	57
Table 11. Fish species captured in Vouzela	61
Table 12. Captured species (%) at each sampling point in Vouzela.....	63
Table 13. Fish species captured in Oliveira de Frades	65
Table 14. Species captured (%) at each sampling point of Oliveira de Frades.....	67
Table 15. Mean values of the BII and the CBII in the 5 municipalities.....	68
Table 16. Biotic Integrity Index in the municipality of Vila Nova de Paiva.....	70
Table 17. Biotic Integrity Index in the municipality of Viseu.....	72
Table 18. Biotic Integrity Index in the municipality of São Pedro do Sul	74
Table 19. Biotic Integrity Index in the municipality of Vouzela.....	77
Table 20. Biotic Integrity Index in the municipality of Oliveira de Frades.....	79
Table 21. Mean values of the water physical-chemical parameters in the 5 municipalities.....	82
Table 22. Water physical-chemical parameters at the sampling points of the municipality of Vila Nova de Paiva (VNP).....	84
Table 23. Water physical-chemical parameters in the sampling points of the municipality of Viseu	85

Table 24. Water physical-chemical parameters in the sampling points of the municipality of São Pedro do Sul	87
Table 25. Water physical-chemical parameters in the sampling points of the municipality of Vouzela	90
Table 26. Water physical-chemical parameters in the sampling points of the municipality of Oliveira de Frades	93
Table 27. Location points of the infrastructures related to the installation of the platforms	121

LIST OF ACRONYMS

CCA	.....	Canonical Correspondence Analysis
AARC	.....	Atlantic Aquatic Resource Conservation
ADDLAP	.....	Associação de Desenvolvimento do Dão, Lafões e Alto-Paiva (Dão, Lafões and Alto-Paiva Development Association)
AFN	.....	Autoridade Florestal Nacional (National Forestry Authority)
ICNF	.....	Instituto de Conservação da Natureza e Florestas (Institute for Nature and Forests Conservation)
BII	.....	Biotic Integrity Index
CBII	.....	Corrected Biotic Integrity Index
IUCN	.....	International Union for Conservation of Nature
MEA	.....	Millennium Ecosystem Assessment

1. INTRODUCTION

Fish have increasingly been considered scientifically as key organisms in biomonitoring programs. This is due to the intrinsic characteristics of the fish species, which make possible an evaluation of the river ecological state in an economically rational way.

If we can understand the fish diversity, abundance and distribution changes in space and time, we can more easily establish scientific based tools to manage and protect these fragile ecosystems and conservation and management programs can be developed (Galactos et al. 2004; Hashemi et al. 2015; Cheng et al. 2019).

This work was carried out in the framework of a research project developed by several partners in the Atlantic Area, the Atlantic Aquatic Resource Conservation (AARC). The main objective of the AARC project was the integrated management of water resources, as well as the protection of aquatic resources, in order to achieve a sustainable economic development at the European level, according to the recommendations of the Millennium Ecosystem Assessment (MEA) and the International Union for Conservation of Nature (IUCN). The institutional partner of the AARC that made the connection with the Agricultural School of the Polytechnic Institute of Viseu was the Development Association of Dão, Lafões and Alto-Paiva (ADDLAP), whose area of intervention is very large, covering five municipalities, Vila Nova de Paiva, Viseu, São Pedro do Sul, Vouzela and Oliveira de Frades.

The Vouga river and its tributaries cross the whole intervention area of this work and, besides the Vouga river basin, the Paiva river of the Douro river basin and the Dão river of the Mondego river basin were also included (Figure 1).

The main objective of this work was to evaluate the effect of water quality on the fish species distribution in basins of the Vouga, Dão and Paiva rivers. The study of the fish communities in this work, was designed for 3 purposes. First, it is urgent to preserve some endangered fish species, which are used for ludic and economic interest through sport fishing and are already part of the culture and

tradition of each place, as is the case of brown trout (*Salmo trutta*). Second, there is the environmental motive. The state of the aquatic ecosystems of our rivers can be indirectly measured through bio or eco indicators, where the fish assemblage distribution has a major role. And finally, applying multivariate techniques, to analyse the answers of fish community composition and spatial distribution to major environmental factors, to establish future guidelines for river ecosystem management, protection and restoration.

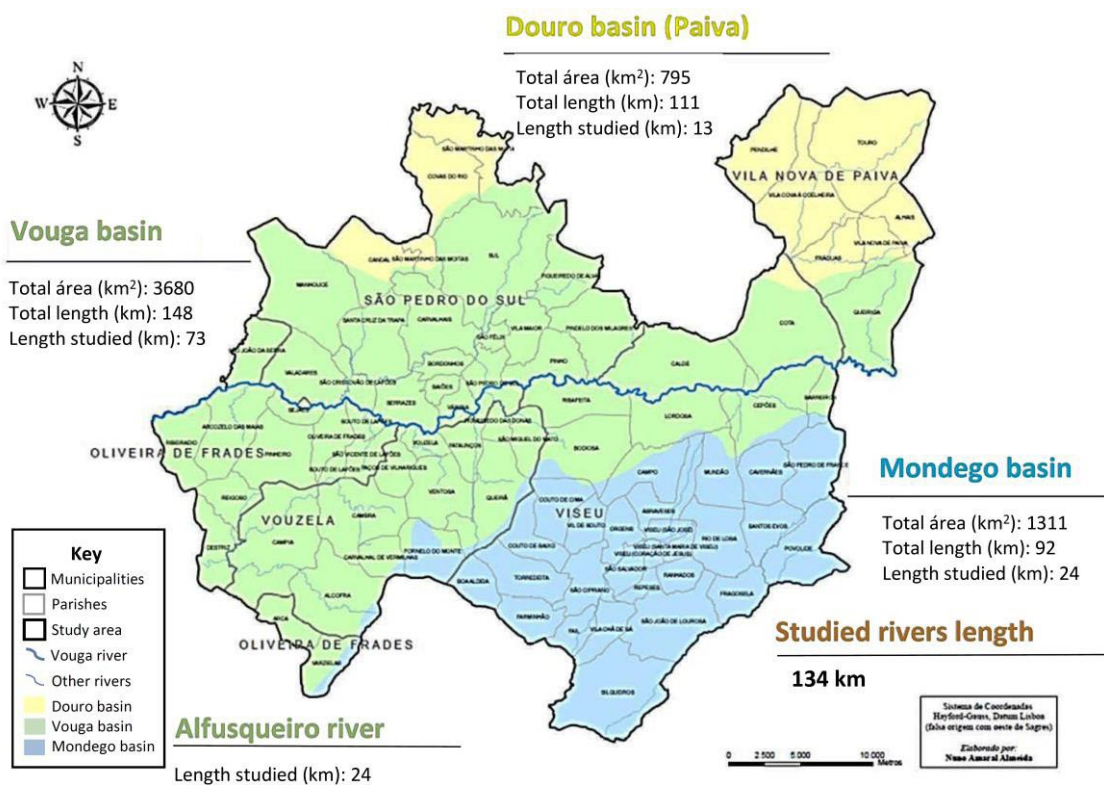


Figure 1. Study area covered: Municipalities and river basins.

With this work, it became possible to develop an action plan for the conservation of fish populations and habitats associated with these rivers, based, on the one hand, on a previous characterization of fish communities and water quality and, on the other hand, on the evaluation of the degree of disturbance of these river systems.

This action plan was developed out in agreement with the municipalities involved and the field trips were carried out after the definition of the sampling points, following criteria of predictable discontinuity of the water quality due to anthropogenic causes.

The state of the fish communities was then evaluated through electrofishing sampling, the index of biotic integrity was calculated for each site and water quality analyses were carried out in order to study possible relationships between the zoogeographical distribution of the fish fauna and the respective water quality.

With the results obtained, the aim was to create proposals for taking concrete local intervention measures, aiming the conservation of threatened fish species and the quality and sustainability of the riverside ecosystems where they live.

The first proposal was based on the selection of sites and the respective implementation of platforms for the river observation and study. These structures are essential for spreading the results to the community, for the monitoring of actions to protect the most sensitive fish species, and so creating interface points between the river and local, regional, and national populations, for the dissemination of actions for the environmental preservation of river ecosystems.

A second proposal refers to the selection of the most sensitive sites to be preserved, both from the point of view of good water quality and in terms of the fish fauna dependent on it and connected with a fragile ecosystem that needs to be preserved. Some places of interest have been selected for the creation of zones to ban or limit the use of fish resources for sport fishing, with the aim of sustainability of the most threatened species in the medium-long term.

Finally, as a third proposal, the critical sites is pointed out, regarding the parameters that affect the environmental degradation of the studied fluvial ecosystems, either punctual or permanently. This objective aims to create guidelines for requalification actions, based on scientifically supported information and to serve as a support tool for the competent entities of local, regional and national intervention.

2. THEORETICAL BACKGROUND

1. FISHES AS BIOINDICATORS

Human influence on rivers has a major impact on landscape and ecology, and anthropogenic causes are responsible for about 2% to 20% of the freshwater fish species in the World being now considered as threatened, endangered, or extinct in the last few decades, due to overfishing, alien species introduction or habitat changes, namely by dam construction or water pollution (Groombridge 1992; MEA 2005; Ye et al. 2014; Nsor and Obodai 2016). These anthropogenic effects upon freshwater fish biodiversity have been a major concern at a global scale in the last decades (Allan and Flecker 1993; Naiman and Turner 2000; Jackson and Running 2001; Malmqvist and Rundle 2002; Rahel 2003; Zeng L et al. 2017).

As we did in this study, several authors refer fish species as bioindicators for assessing useful information such as water quality, river network connectivity or flow regime (Fausch et al. 1990; McCormick and Larsen 2000; Zeng et al. 2017). Freshwater fish species are already included in environmental policies as bioindicators for ecological quality and biodiversity (Kestemont et al. 2000; Schmutz et al. 2007) and in studies with biogeographical mapping, ecoregion design (Abell et al. 2008), evaluation of water regime management (Jowett 1997; N'Zi et al. 2015) and conservation assessments (Moyle and Randall 1998).

According to the definition of biodiversity (Mace et al. 2005), the natural resources which host this biodiversity must be sustainable in the future, both for ecosystem balance and for commercial fishing purposes (Hashemi et al. 2015).

In this context, the main advantages of choosing fish biomonitoring as reliable indicators of the state of freshwater aquatic ecosystems are transcribed according to Oliveira et al. (2007), citing Fausch et al. (1990) and Harrison and Whitfield (2004):

- They occur in almost all types of aquatic ecosystems.
- Their communities are persistent and recover rapidly from natural disturbances.

- Their taxonomy, ecological requirements and life cycles are generally better known than other biological groups.
- Due to their representativeness in very different habitats and different hydrogeomorphology, they are indicators of the quality of the physical structure of the rivers at various spatial scales.
- Considering the migratory behaviour of some species, they are indicators of the connectivity conditions.
- They occupy a wide variety of trophic levels, and thus reflect environmental effects at all levels of the food chain.
- They may exhibit externally diagnosable conditions because of the action of pollutants, easily identifiable in the field.
- Due to their longevity, they are bioindicators for relatively long periods of time.
- They meet the criteria of sensitivity, reproducibility, and variability, which must be verified in any eco-indicator.
- Their use is extremely cost-effective, since a very significant part of the work (including identification) is almost fully carried out on time in the field and, additionally, the capture technique is largely non-destructive.
- They have economic value and are considered as important environmental resources by the public and can thus play a key role in promoting water policy both in terms of physical and chemical water quality and in the area of conservation and restoration of habitats aquatic and riparian areas.

2.2. DESCRIPTION OF THE IDENTIFIED SPECIES

The following 14 species of fish fauna were identified in this study and are described below in terms of their biology, geographical distribution, habitat, conservation status (IUCN) and threats.

Achondrostoma arcasii – Panjorca

Achondrostoma oligolepis – Ruivaco

Anguilla anguilla - European Eel

Carassius auratus – Goldfish (or *Carassius carassius* - Crucian carp, or its hybrids)

Cobitis paludica – Iberian loach

Gambusia holbrooki – Gambusia or Mosquitofish

Lepomis gibbosus – Pumpkinseed

Luciobarbus bocagei (sin: *Barbus bocagei*) - Common barbel

Micropterus salmoides – Largemouth bass

Pseudochondrostoma duriense - Boga-do-Norte

Pseudochondrostoma polylepis – Iberian nase

Salmo trutta - Brown trout

Squalius alburnoides – Iberian roach

Squalius carolitertii - Chub

2.2.1. *Achondrostoma arcasii* – Panjorca



Figure 2. *Achondrostoma arcasii* - Panjorca.

Biology

The panjorca (Figure 2) is a freshwater fish endemic to Portugal and Spain, the panjorca is a species threatened by habitat loss and its biology and behaviour are still poorly studied. However, it is known to be a short-lived species with a rather opportunistic diet, eating a variety of aquatic invertebrates. Like other members of the *Cyprinidae* family, *Achondrostoma arcasii* has no teeth, possessing instead a pair of bones in the throat, known as "pharyngeal teeth" which are used to process food (<http://www.arkive.org/>).

Geographical distribution and habitat

The panjorca is found in the northern part of the Iberian Peninsula, in most freshwater courses north of the Jucar and Tagus rivers, having already been introduced in the Guadiana basin. It inhabits the middle course of freshwater rivers, as well as lakes, streams and dams in mountainous areas.

Conservation status and threats

Achondrostoma arcasii is considered a Vulnerable (VU) species by the IUCN, as populations are declining. It is threatened by habitat loss and degradation and its population is considered to be in seriously endangered in some places. Water pollution, dam construction and the introduction of exotic species are threats to this species.

2.2.2. *Achondrostoma oligolepis* - Ruivaco



Figure 3. *Achondrostoma oligolepis* - Ruivaco.

Biology

The ruivaco (Figure 3) is a small-sized fish and is endemic to Portugal. It breeds from April to mid-June. It feeds mainly on detritus and plant material, but also eats prey of *coleoptera* and *diptera*, so it can be considered a generalist species (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

The ruivaco occurs preferentially in the lower stretches of rivers. It starts moving upstream from the end of March, when the water temperature varies between 13 and 16°C. This species is similar to the panjorca (*Achondrostoma arcasii*) whose distribution area partly overlaps. There are genetically distinct geographic groups, which were separated about 3 million years ago or even more recently.

Conservation status and threats

In terms of conservation status, it is considered by the IUCN a Low Concern (LC) species since the populations are stable. The threats include various types of pollution, inadequate fish passages, introduction of exotic species, increased turbidity, and destruction of spawning grounds by sand commercial extraction.

2.2.3. *Anguilla anguilla* - European eel



Figure 4. *Anguilla anguilla* - European eel.

Biology

The European eel (Figure 4) has a fascinating life cycle. It is a catadromous species, meaning that it is born in the sea, then migrates to fresh water to grow, before returning to the sea to spawn. It is thought that all European eels spawn in the Sargasso Sea. The larvae, which look like curled up leaves and are known as *leptocephalus*. These larvae drift in the plankton while undergoing various metamorphoses for up to three years and are carried by the Gulf Stream towards the coasts of Europe. When they arrive, they undergo one last metamorphosis, transforming them into young eels and at this stage they are known as "meixão" or glass eels, as they are transparent. Once in the river, they migrate upstream, become darker and, at this point, they measure about 5 cm. They grow in fresh water, taking several years to reach sexual maturity (6 to 12 years for males and 9 to 20 years for females). At that time, they acquire a silvery colour and migrate back to the sea, where they always enter on new moon nights. On returning to the sea, the European eel lives in mud and under the stones. Spawning occurs during winter and early spring in the Sargasso Sea. This is a very long-lived species that can live up to 85 years.

The European Eel is preyed upon by waterfowl as well as carnivorous fish. Surprisingly, they can survive out of water for several hours and in their migrations, they may travel overland on rainy, dark nights, for example, to cross obstacles such as dams and weirs (<http://www.arkive.org/>).

Geographical distribution and habitat

In its freshwater phase, it can be found in rivers flowing into the North Atlantic, Baltic Sea and Mediterranean Sea.

Conservation status and threats

This species is Critically Endangered (CR) according to the IUCN. The population of the European Eel is highly threatened, having declined in recent years. However, the complex life cycle and inability to reproduce in captivity hinder measures for the sustained management of this species. Examples of threats to this species are pollution, overfishing, habitat degradation, parasitic infections and climate change. Several recovery programmes for the European eel have received funding from the European Union.

2.2.4. *Luciobarbus bocagei* - Common barbel (Synonym: *Barbus bocagei*)



Figure 5. *Luciobarbus bocagei* - Common barbel.

Biology

The common barbel (Figure 5) has a generalist and opportunistic diet. It feeds mainly on plant material (plants and filamentous algae) and insect larvae, molluscs and aquatic arachnids. Occasionally it ingests terrestrial insects and seeds. Larger fish feed more on plant material and occasionally on other fish. In dams they feed mainly on dipteran larvae, detritus, planktonic crustaceans, and some filamentous algae. They also ingest sand which plays an important role in the physical digestion of food.

This species is a potamodromous species. This means that it performs reproductive migrations inside the rivers, after which, once the zones considered adequate for spawning are reached, the females dig a furrow where they deposit the eggs, which are then fertilized by the male. The common barbel is an active swimmer with great capacity for movement (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

This species, endemic to the Iberian Peninsula, migrates upstream during the breeding season, appearing in areas of rapid current and good oxygenation, on sand or gravel bottoms. It is widespread in areas with a maximum altitude of

450m. In Portugal, common barbels can be found in abundance in the Atlantic basins between the Lima and Sado rivers.

In terms of habitat, the common barbel occurs in the middle and lower stretches of rivers living the river bottom (benthic species) and prefers zones with little or moderate current speed (except during breeding season). The preferred habitat presents areas with high riparian coverage of permanent waterways with marked lotic characteristics (moderate to strong currents) and reduced water instability. The common barbel has a preference for deeper stretches, with more oxygen and a thin substrate. Juveniles occur in areas with some depth, close to the bank and without current, avoiding habitats with much tree cover.

Conservation status and threats

The common barbel has a status of Low Concern (LC) by the IUCN. However, pollution, dams and river flow management, can easily affect the juvenile population, weakening its structure. Water and aggregate extraction with the destruction of spawning areas, inadequate fish passes, the introduction of exotic species and increased turbidity are some of the main threats to this species. As mitigation measures for these threats, we can mention the reduction of pollution by controlling effluent discharges and their treatment, the construction of fish passages suitable for the species and the control of exotic species.

2.2.5. *Carassius auratus* / *Carassius carassius* – Goldfish

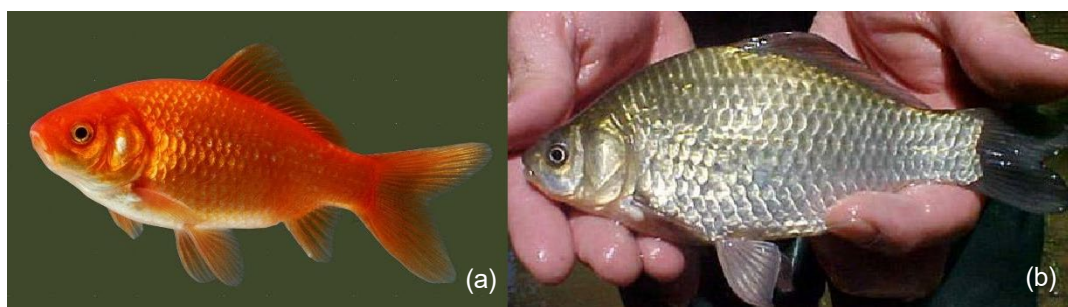


Figure 6. (a) *Carassius auratus* - Goldfish.
(b) *Carassius carassius* – Crucian carp.

Biology

The goldfish (Figure 6) was introduced to Western Europe from China in 1611. Breeding occurs between May and June in waters with dense submerged vegetation. It is predominantly detritivorous but also ingests aquatic invertebrates and occasionally eats plants as well. During winter it remains almost completely buried and inactive on muddy bottoms. There is the wild version (*Carassius carassius*) but also red versions or with other colours like white, black, orange or its hybrids (*Carassius auratus*). For text simplification purposes we will always refer to the species *Carassius auratus*. Some populations are composed only by females in which the offspring are clones of the mother and can be crossed with the common carp (*Cyprinus carpio*). It is very resistant to pollution, low dissolved oxygen, and large temperature amplitudes (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

Originally from central Asia, China, and Japan, currently is present in about 60 countries on all continents. It lives in shallow waters of ponds and slow-flowing rivers, with abundant vegetation and mud or sand bottoms.

Conservation status and threats

This species has a status of Low Concern (LC) by the IUCN. The threats, although limited, are to endogenous species, so it should be aimed to limit the expansion of this species, for example by preventing its use as a live bait.

2.2.6. *Cobitis paludica* - Iberian loach



Figure 7. *Cobitis paludica* - Iberian loach.

Biology

The Iberian loach (Figure 7) is a small benthic fish and belongs to the family *Cobitidae*. It lives to be 4-5 years old, and the sexual maturity is reached shortly after the first year, with spawning taking place between March and July. During this time sexually mature females lay up to 1400 eggs. The Iberian loach feeds on invertebrates, mainly mosquito and crustacean larvae, as well as detritus and algae (<http://www.arkive.org/>).

Geographical distribution and habitat

It appears in the rivers of central and southern Iberian Peninsula, but was also introduced, probably by fishermen (as a live bait), in the rivers of Portugal and Spain. It inhabits the middle and lower course of rivers, where there is a low water speed, sand or gravel bottom and submerged aquatic plants.

Conservation status and threats

Cobitis paludica is considered a Vulnerable (VU) species by the IUCN and is listed in Appendix III of the Bern Convention. This small fish faces a number of threats that have led to the reduction of its populations, once very abundant. Currently extinct in some rivers, the main reasons that led to this vulnerable state were the commercial sand extraction, the water use for agriculture, pollution, the introduction of exotic species, the construction of dams and, lately, its use as live bait for sport fishing. In terms of species conservation, in other

countries like Spain, legislation guarantees the maintenance of a minimum flow in rivers (ecological flow), which should reduce the occurrence of destructive river changings such as dams, and law also prohibits the use of live bait. Unfortunately, the use of *Cobitis paludica* as a live bait, remains a serious threat to this species in Portugal. To ensure the long-term survival of this threatened fish, control of exotic species, live bait prohibition and strict monitoring of flow and water quality are recommended.

2.2.7. *Gambusia holbrooki* – Gambusia or Mosquitofish



Figure 8. *Gambusia holbrooki* – Gambusia or Mosquitofish.

Biology

The *Gambusia* (Figure 8) is a small species, ovoviviparous, sexually very precocious, and fecund, and can reach densities of over 11000 individuals per hectare. It breeds in Portugal between April/May and September/October and the average number of embryos per spawning is 32. This species consumes small aquatic animals (zooplankton), including mosquito larvae (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

In the Iberian Peninsula, the *Gambusia* occurs in practically all river basins. It lives in sections of slow-moving, temperate waters, with abundant vegetation and in altitude up to 1,000 metres. It can live in highly contaminated water, high temperatures and low oxygen values. It has been introduced to five continents for ornamental purposes and to indirectly control some mosquito-borne diseases. However, the controlling effect on mosquitoes seems to be low. It was introduced in Spain in 1921 and in 1931 it was detected for the first time in Portugal, in the Sorraia River, Tagus basin.

Conservation status and threats

The *Gambusia* has a conservation status of Low Concern (LC) by the IUCN but has a negative effect on native species occupying the same habitat.

2.2.8. *Lepomis gibbosus* – Pumpkinseed



Figure 9. *Lepomis gibbosus* - Pumpkinseed.

Biology

The Pumpkinseed (Figure 9) feeds on insects and other arthropods, both in the larval and adult stages. It also eats molluscs, fish eggs and larvae, and plants. The nests, built on sand and gravel bottoms, consist of a depression excavated in the bed by the male, who also watches over the spawning and the fry.

In rivers with currents, the males build a nest near the submerged aquatic macrophyte vegetation, while in dams they do it in shallower open areas, with a gentle slope, with sand and fine and medium gravel (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

This species is widely spread throughout the Iberian Peninsula, in permanent expansion. Occurs in lentic zones, namely lakes and stretches of shallow, slow-flowing rivers with dense vegetation, supporting well the low dissolved oxygen levels and high temperatures.

Conservation status and threats

The Pumpkinseed has a conservation status of Low Concern (LC) from the IUCN. On the contrary, this species is one of the most serious problems for the conservation of native fish and it would be beneficial to control its numbers in dams. In Portugal and Spain, it is now forbidden to release any captured specimen back into the water.

2.2.9. *Micropterus salmoides* - Largemouth bass



Figure 10. *Micropterus salmoides* - Largemouth bass.

Biology

The Largemouth bass (Figure 10) is a surface predator species, which feeds predominantly on fish and crustaceans. It also consumes insects, amphibians, micro-mammals and reptiles. It does not feed during the reproductive period nor when the water temperature is outside the range 5°C-37°C. Reproduction occurs from March to May/July and requires 15.5°C for spawning to begin. This occurs in shallow waters, rich in vegetation and with a sandy or gravel bottom, where the males dig a small nest which they defend until the end of the hatching (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

This is a sedentary fish that prefers warm, clear waters, with abundant vegetation and scarce current. It typically colonises the middle and lower river zones. Juveniles occur in shallower areas while adults occur in greater depths.

Conservation status and threats

The Largemouth bass has a conservation status of Low Concern (LC) from the IUCN, but this species has led to the reduction of some native populations of cyprinids. It can eat Pumpkinseed, but it cannot control its populations. To maintain Largemouth bass populations where they may be in decline as a result of overfishing, we can restock with farmed sea bass, catch-and-release fishing and readjust the minimum catch size.

2.2.10. *Pseudochondrostoma duriense* - Boga-do-norte



Figure 11. *Pseudochondrostoma duriense* - Boga-do-Norte.

Biology

The Boga-do-Norte (Figure 11) is an omnivorous species, feeding on detritus and invertebrates, with diurnal feeding habits. This species does not have teeth, but a pair of bones inside the throat called "pharyngeal teeth", used to aid the digestion process. The spawning period occurs from April to June after migration upstream. The fish is gregarious and can be found in large shoals, especially during the pre-spawning migration (<http://www.arkive.org/>).

Geographical distribution and habitat

The boga-do-Norte lives in rivers with strong currents, where it is usually found swimming close to the riverbed and can also be found in dams.

Conservation status and threats

The *Pseudochondrostoma duriense* is classified as vulnerable (VU) by the IUCN. In terms of threats, the construction of large dams has led to the destruction of this species natural habitat. The water flow deviation, agricultural and industrial waste, as well as the introduction of exotic species such as *Lepomis gibbosus*, *Micropterus salmoides*, *Esox lucius* and *Sander lucioperca* are important threatening factors for this species.

2.2.11. *Pseudochondrostoma polylepis* - Iberian nase



Figure 12. *Pseudochondrostoma polylepis* - Iberian nase.

Biology

The Iberian nase (Figure 12) feeds almost exclusively on algae and detritus. Occasionally it ingests small arthropod invertebrates. Females spawn on sand and gravel. It is a gregarious fish, especially in the pre-reproductive upstream migration (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

The Iberian nase lives in the river middle stretches, appearing in areas with water flow but also in dams. There is an association between the Iberian nase and areas with high riparian cover.

Conservation status and threats

This species has a conservation status of Low Concern (LC) from the IUCN. The destruction of spawning areas by aggregate extraction and the construction of hydraulic infrastructures has led to the reduction of its habitat. The increase in industrial, urban, and agricultural pollution, the water use during the summer period and the introduction of exotic species have reduced the numbers of this species. As conservation measures, we can highlight the control and treatment of effluents in order to reduce pollution, the correction of the impacts of the hydraulic works, the restriction of irrigation licenses when the water level is very low and increase the control of exotic species.

2.2.12. *Salmo trutta* - Brown trout



Figure 13. *Salmo trutta* – Brown trout.

Biology

The brown trout (Figure 13) is a very sensitive species to environmental variations, very demanding in dissolved oxygen, in cold and unpolluted waters. It suffers a very high pressure from the sport fishing and the natural stocks are not enough to maintain the species communities stable, so restocking is often carried out. It feeds on invertebrates, insects, molluscs, fish, and frogs. Spawning occurs in the cooler months between December and February. The eggs are covered with gravel by the female and during the first days after hatching, the young fish use the nutrients from the yolk sac that came from its embryonic life. In the wild, they can live up to 5 years (<http://www.arkive.org/>).

Geographical distribution and habitat

The brown trout is found throughout Europe in the middle and upper reaches of rivers with cold, low polluted and well oxygenated waters.

Conservation status and threats

At a global level, the brown trout is well distributed and is considered of Low Concern (LC) by the IUCN, but in Portugal there are many regions where it is at risk due to overfishing and only remains year after year because of the restocking.

2.2.13. *Squalius alburnoides* - Iberian roach



Figure 14. *Squalius alburnoides* - Iberian roach.

Biology

The Iberian roach (Figure 14) feeds mainly on insects, also eating other aquatic invertebrate prey, as well as seeds, plant material and sand (to facilitate digestion). Males feed more restrictively while females feed on a greater diversity of prey. Bordoal spawn in areas of gravel with some water flow (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

The Iberian roach lives in rivers with a large substrate granulometry, a reduced width and depth (0.3 to 0.7 m) and with abundance of emerging macrophytes. It inhabits areas with moderate to strong water flow and is associated with rivers with acid soils and unpolluted areas.

Conservation status and threats

This species is classified as vulnerable (VU) by the IUCN, although still with stable populations. The introduction of exotic fish-eating species, the dam construction without fish passage, the increase in industrial, urban and agricultural pollution, the extraction of water and sand with the destruction of spawning grounds are some of the threats to this species. As conservation measures, we can have the control and treatment of effluents, the correction of impacts from hydraulic works, the restriction of irrigation concessions when the water level is very low and the control of exotic species.

2.2.14. *Squalius carolitertii* - Chub



Figure 15. *Squalius carolitertii* - Chub.

Biology

The Chub (Figure 15) ingests aquatic macroinvertebrates and fry of other fish species. As juveniles it is an omnivorous species (<http://www.cartapiscicola.org/>).

Geographical distribution and habitat

This species lives in very diverse environments, being found in mountain areas with trouts and in low stretches of rivers, with the cyprinids of lentic waters. It prefers habitats with greater depths and higher current velocities, but the juveniles choose zones with more shelter, shallow depths and low water flow speed. For breeding, it uses gravel bottoms to build nests and spawn.

Conservation status and threats

The Chub has a conservation status of Low Concern (LC) by the IUCN. The construction of hydraulic infrastructures without adequate fish passages, increased industrial, urban, and agricultural pollution, the introduction of exotic species, the destruction of spawning grounds caused by sand extraction, are the main threats to this species. As examples of conservation measures, we can mention the mitigation of the impacts derived from hydraulic works, namely the construction of adequate fish passages, ensuring the river ecological flow in summer, limiting irrigation permissions at critical times, treatment of urban and agricultural effluents, correcting the impact of sand and gravel extraction and controlling the evolution of exotic species.

2.3. BIOTIC INTEGRITY INDEX

The Biotic Integrity Index (BII) is based on the principle that biological communities respond to changes in human origin over aquatic ecosystems in a predictable and quantifiable way, and it was first proposed by Karr (1981) in the United States. Based on the structure of the fish communities, this index included components related to the relative abundance of the species, trophic composition, tolerance and sanitary condition of the individuals.

Biotic integrity can be defined as "a community of organisms that is balanced and adapted to the environment, with diversity, species composition and functional organization comparable to what would be expected in a natural system in a given region" (Karr and Dudley 1981). Several other Integrity Indexes have been proposed since then, always applied to study fish diversity and distribution. All these indexes are important tools to assess the health condition of river ecosystems (Begon et al. 1996; Kwak and Peterson 2007; Paller et al. 2013).

The Index of Biotic Integrity includes parameters of relationships between and within fish communities, at zoogeographic, ecosystem and population levels. By grouping them into a single ecologically based index, the BII is today one of the most tested biomonitoring tools and is also an indispensable instrument for the creation of planning and sustainable management measures for fish populations and their ecosystems.

2.4. WATER QUALITY

As we know, many natural and anthropogenic factors can have a direct effect on the riverine environment, namely on food resources, fish distribution, growth, survival and behaviour (Whitfield 1996; Pombo et al. 2005). Water quality directly influences fish resources by direct effects on survival, through negative effects on fish food such as plankton and other aquatic organisms, resulting in decreased abundance and/or diversity of natural fish communities (Huang and Xie, 1996; Wedemeyer, 1996; Molony, 2001; Xie y Chen, 2001; Ye, 2007; Ye et al., 2014).

One of the biggest threats to habitat degradation/loss, are dams or weirs. These constructions on the river and its tributaries often block the passage of migratory fish species, alter hydrological conditions, fragment river habitats, and cause severe impacts on fish habitat and spawning (Dudgeon 2000; He et al. 2011; Ye et al. 2014).

2.5. THE METHOD OF CANONICAL CORRESPONDENCE ANALYSIS

2.5.1. PRINCIPLES OF THE METHOD

Canonical Correspondence Analysis (CCA) is a multivariate statistical analysis method designed to represent the ecological relationships between species and their ecosystem and is designed to quantify environmental gradients from ecological data sets.

These gradients, represented graphically by an ordering diagram, reflect the magnitude of each parameter in the influence it exerts on the geographic distribution of the species. They are also the basis for describing and briefly read the differential habitat preferences of the species studied (niche) through a sorting diagram.

The CCA aims to explain the variation in species composition in relative abundance values, whereas linear regression and other similar linear methods, such as redundancy analysis and PLS (partial least square) are intended to explain the variation of values of absolute abundance.

Compared to other possible methods of linear multivariate analysis to relate two sets of variables, such as the Two Block Partial Least Squares method (PLS2), Canonical Correlation Analysis or Redundancy Analysis, Canonical Correspondence Analysis is more appropriate since animal habitat preferences, namely in fish species, are commonly unimodal functions of variable habitats (Greenacre, 2016).

In diagrams that graphically represent an ecosystem through the CCA, we have points related to the species identified and points related to the sites (locations) where the samplings were carried out. In addition to the points related to species and sites, we have the vectors corresponding to the environmental parameters that can condition the species zoogeographic distribution by the sampling sites.

This methodology gives an assessment of the relative importance of the water quality parameters to the fish zoogeographic distribution. Also gives relevant information regarding the most important factors that influences the fish assemblage distribution. The relative length of each vector reveals the

importance of the environmental factor. So, the longer the vector, the greater the influence of the parameter on species distribution. Regarding the species graphic distribution, the closer the species points are, the more similar is their distribution on nature; we can find a similar relationship between environmental parameter vectors (ter Brack, 1986). If any species is highly influenced by two variables, it will be placed along the axis created by two vectors and not at the end of any vector (ter Brack 1986). Canonical correspondence analysis reveals grouping zones corresponding to similar species concerning environmental preferences clustered near the correspondent preference parameter vectors (Zeng et al. 2017).

The vector length of each parameter on the CCA graphic reveals the importance of the parameter concerning its contribution to the spatial distribution of fish communities. Thus, when we have vectors with different lengths, we can assume different effects on fish species distribution in CCA (Islam et al. 2017; Zeng et al. 2017).

Besides the method can evaluate the affinity of the species for each site or set of sites, it also allows to evaluate the contribution of each environmental parameter under study in this distribution. Each parameter vector (in this case, water quality) gives us the correlation between this variable and the zoogeographic distribution of the species, being an important decision support tool, since it allows, for example, to realize which parameters will be more limiting for the emergence of a given species in each location, or which mitigating measures of environmental impact can be proposed in a place, in order to enhance the successful recovery (or reintroduction) of a species at risk.

2.5.2. INTERPRETATION OF CCA GRAPHICS

a) Species x Locations

The graphical proximity between the points of species and the location points, gives us an important information that allows to infer the relative abundance of each species in each sampling site, compared to others of which it is more distant. In fact, the location of each species results from the weighted average of their distribution by the locations where the weighting factor results from the species frequency in each location.

One of the principles that describes the reason for this distribution is the so-called centroid principle (Braak and Verdonschot, 1995), according to which the species are in the centroid of their niche, that is, in the barycentre of the location points where they occur. Thus, sites containing a particular species are distributed in the diagram around that species point. The inferred abundance of a species is thus maximal at the location points which are near or even coincide with the species point and decreases in all directions as the location points are further away from the species point in the graphic.

b) Species x Species

The distances between the species points represent their chi-square distances. These chi-square distances are measures of the dissimilarity between the abundance profile of different species, comparing a location in which one species (k) is more abundant relative to another (l), and can be represented by the formula (Braak and Verdonschot, 1995, Greenacre, 2016):

$$\delta_{kl} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_{++}}{y_{i+}} \left(\frac{y_{ik}}{y_{+k}} - \frac{y_{il}}{y_{+l}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Species that are geometrically close in the graphic should be similar in their distribution between sites, whereas species whose points are far apart should be different in the same context. The reason for these differences may be relative to

different environmental parameters between sites or, for example, physical barriers that make river continuity impossible.

c) Locations x Locations

Also, the graphic distances between the location points are illustrative of the chi-square distances between the abundance profile of the various sites, defined in a similar way to that referred to in the case of species x species.

Differences in species abundance between different sites do not necessarily increase the dissimilarity between these sites (Greenacre, 2016), although the CCA can integrate the trend in species richness, as referred by Iwatsubo (1984).

d) Locations x Environmental vectors

The location points and the vectors of the environmental parameters together represent a useful measure for the interpretation of the geographical distribution of the water quality parameters. Thus, the location points graphically close to the vector end have a maximum positive correspondence with that water parameter. In turn, the vector length is proportional to the magnitude of the correlation between this environmental parameter and the species distribution by the sites. We can also say that any two points in the same perpendicular line to an environmental vector, do not differ in any respect with respect to this parameter. Location points that are located with environmental values lower than the average of a given parameter, are graphically located in the negative extension of this vector, while those that are located perpendicular to the vector at its point of origin, have average values with respect to this parameter environmental.

e) Species x Environmental vectors

As previously described, the species points result from the weighted averages of their distributions by the sites. However, its distribution is also measured by the projection on each vector of environmental parameters, with which it is positively or negatively correlated. As we have seen in the case of the relation "locations x environmental vectors", also in "species x environmental vectors", we can read

the projection of the species point in the environmental vector, as higher or less value than the average of the parameter in question.

Informally, the length of an environmental vector indicates the importance of the variable. More formally, it can be said that (1) the length is equal to the multiple correlation of the variable with the displayed ordering axes and therefore indicates how well the variable values is displayed in the biplot graphic of locations and environmental variables, (2) the length of each vector is equal to the maximum rate of the environmental variable change and, therefore, environmental variables with short vectors will not have much influence on the species or site points, and (3) the length is equal to the magnitude of the effect that the corresponding variable has on the ordering scores in the ranking of environmental parameters.

f) Ranking of environmental parameters

It is important in some cases to classify the environmental variables according to their degree of importance for assessing the species composition in a region or a location. A related objective is to reduce a large set of variables to a smaller set that, even so, is enough to explain the variation in species composition. These environmental variables can be classified and selected in CCA in various ways and, for example, can be used as predictors of the existence or non-existence of certain species in certain places.

3. MATHERIAL AND METHODS

A set of field trips was carried out at different times of the year, in order to assess different realities of the watercourse, dependent on temperature and flow. These field trips, occurred between May 2011 and April 2013, in the periods April to June and August to October, and allowed the capture of fish fauna specimens using the electric fishing method, and have enabled the diagnosis of the degree of disturbance of the river systems. The state of the fish communities was thus assessed, namely in terms of the number of existing species, the frequency of specimens of each species and the fish size, upstream and downstream of the disturbance points identified. These data allowed, together with other biological parameters, to calculate the index of biotic integrity of each site.

The stretches of river on which this study was focused covered a total river length of 134 km, with 34 sampling points (later reduced to 30 to eliminate redundant information). A total of 75 samples of fish fauna were carried out by electrofishing, with a minimum of two samples per point at different times of the year (average of 2.2 samples per point).

Simultaneously, at each of the sampling points, water quality analyses were carried out to study possible relationships between fish fauna zoogeographical distribution and their water quality. 23 physico-chemical water parameters were analysed, in duplicate for each sampling point, later reduced to the 13 most significant ones. So, 3450 water analyses were carried out ($23 \times 2 \times 75$).

These data finally allowed to perform a Canonical Correspondence Analysis to study the effect of the main environmental factors on the composition and spatial distribution of the fish community and thus propose future guidelines for the management, protection, and restoration of river ecosystems.

The following pages describe in detail the methodologies followed.

3.1. THE SELECTION OF SAMPLING POINTS

After meetings with the local authorities of the five municipalities, the study sites were selected for a total of thirty sampling points, distributed among the three river basins (Figure 16). The criteria that ruled this selection resulted from the consensus reached between the proposals and clarification of some doubts on the part of the local authorities, which were related to the local reality, the scientific objectives of the work and the limitations of the means involved.

In general, all points where the river water quality could be expected to be affected by human causes, such as effluents of wastewater treatment plants (WWTP) or flow speed discontinuity zones, such as dams or weirs, were initially chosen. Next, they were ranked in order of the predictability of their importance as a disturbing factor of the ecosystems and chosen those that fit the feasibility of the study.

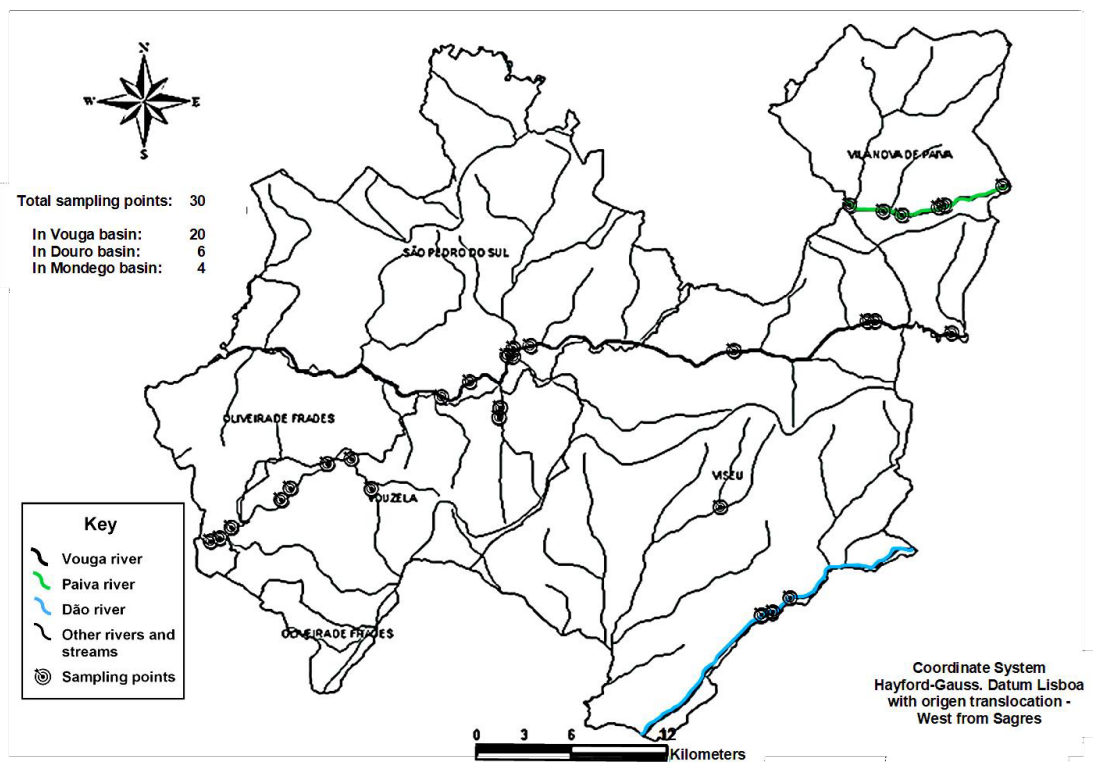


Figure 16. Sampling points location.

In the case of WWTPs, it is foreseeable that there may be an increased effect of water contamination in the summer, motivated, on the one hand, by the increase of the rural populations due to the return of the emigrants and, on the other, by factors that increase the risks of higher concentration of wastewater from WWTP, such as the reduced water flow in summer and higher water temperature. Finally, warmer waters also potentiate plant and microbial growth, competing with fish for dissolved oxygen, always present at lower concentrations in warmer waters.

In the case of dams and weirs, these can be an insurmountable obstacle for diadromous ⁽¹⁾ or potamodromous ⁽²⁾ migratory fish. Fish passages do not always exist, or they are sometimes ineffective.

In addition, the difference in water speed between the top and bottom parts of a dam always causes a lowering effect on the dissolved oxygen content in the upstream part. On the one hand, the almost static water is responsible for a lower oxygenation of the water, compared to the downstream section. We can also expect a higher thermal stratification in the upstream zone, as opposed to the downstream zone which, due to the constant mixing with the air in faster streams, has a more homogeneous and air like temperature.

In extreme situations of standing water, especially if there is fertilization caused by rain runoff on adjacent agricultural lands fertilized with phosphorus and nitrogen, there may be an exacerbated proliferation of microalgae on the surface, enhanced by warmer water. This microalgae boom prevents light solar to penetrate deeper layers, leading to the death and putrefaction of microalgae and aquatic plants, which causes eutrophication of these waters, with massive fish mortality due to oxygen depletion.

Considering these conditioning factors of river discontinuity in each municipality, the thirty sampling points referred to were selected, and they are characterised in Table 1.

⁽¹⁾ Diadromous: Species that migrates between the sea and the river (anadromous) or vice versa (catadromous), during their life cycle, usually for reproduction purposes.

⁽²⁾ Potamodromous: Species that migrates, always within fresh water, during their life cycle, to reproduce or for other reasons, especially for food or environmental purposes.

Table 1. Characterization of the sampling points in the 5 municipalities.

SAMPLING POINTS	River	River basin	Sampling criteria*	Altitude (m)
VILA NOVA DE PAIVA (VNP)				
Azenha + Canal	Paiva	Douro	VNP +	750
Upstream WWTP VNP	Paiva	Douro	WWTP +	737
Downstream WWTP VNP	Paiva	Douro	WWTP -	726
Upstream WWTP Fráguas	Paiva	Douro	WWTP +	679
Downstream WWTP Fráguas	Paiva	Douro	WWTP -	589
Covo (Entre-os-rios)	Covo (Paiva)	Douro	Tributary	570
Upstream WWTP Lousadela	Vouga	Vouga	WWTP +	553
VISEU				
Upstream Weir Vouguinha bridge	Vouga	Vouga	Açude + / WWTP -	499
Downstream Weir Vouguinha bridge	Vouga	Vouga	Weir -	489
Almargem	Vouga	Vouga	Weir - -	431
Downstream WWTP Fragosela	Dão	Mondego	WWTP -	237
Upstream Alcafache	Dão	Mondego	Alcafache +	231
Downstream Alcafache	Dão	Mondego	Alcafache -	227
Pavia Linear Park	Pavia (Dão)	Mondego	Viseu	437
SÃO PEDRO DO SUL (SPS)				
Upstream SPS (electric power station)	Vouga	Vouga	SPS +	173
Upstream Lenteiro (Sul river)	Sul	Vouga	Tributary	163
Downstream Lenteiro - island (Vouga r.)	Vouga	Vouga	Tributary +	160
Downstream Telheiro brook	Vouga	Vouga	Tributary -	159
Downstream Thermal baths SPS	Vouga	Vouga	Termas - / WWTP +	145
Downstream WWTP SPS/Vouzela	Vouga	Vouga	WWTP -	136
VOUZELA				
Upstream WWTP Fataunços	Ribamá	Vouga	WWTP +	225
Downstream WWTP Fataunços	Ribamá	Vouga	WWTP -	215
Downstream WWTP Cambra (= Couto)	Alfusqueiro	Vouga	WWTP -	454
Upstream Cercosa dam**	Alfusqueiro	Vouga	Dam +	374
Downstream Cercosa dam	Alfusqueiro	Vouga	Dam -	360
OLIVEIRA DE FRADES (OLF)				
Upstream Cainhas dam	Alfusqueiro	Vouga	Dam +	413
Downstream Cainhas dam	Alfusqueiro	Vouga	Dam -	401
Upstream Carregal river	Alfusqueiro	Vouga	Tributary +	279
Upstream Destriz weir ***	Alfusqueiro	Vouga	Weir + / Tributary -	210
Downstream Destriz weir	Alfusqueiro	Vouga	Weir -	205

* The symbols + e – mean Upstream and Downstream, respectively.

** Upstream Cercosa dam = Downstream Porto da Várzea (Oliveira de Frades).

*** Upstream Destriz weir = Downstream of the tributary Carregal river.

3.2. THE SAMPLING METHOD - ELETRIC FISHING

The species of freshwater ichthyofauna identified in this study were the result of sampling using the methodology known as electric fishing. This is the most widely used method today, which guarantees the best compromise between, on the one hand, the scientific accuracy of the samplings when well executed and, on the other, the restitution of the fish alive and healthy to the water. Biogeographic studies that seek to obtain abundant information on the distribution of fish species across vast areas of extensive river basins have in electric fishing a valuable tool to support the systematic collection of biological data with the guarantee of minimizing impact on communities and ecosystems.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the European Council of 23 October 2000 (Water Framework Directive - WFD), transposed into Portuguese legislation by the Water Law no. 58/2005 of 29 December 2000 and Decree-Law no. 77/2006 of 30 March 2006, made it more urgent to develop an effort at national level to standardize sampling methods for biological quality elements, from the perspective of monitoring programs. In the elaboration of the protocol for the fish fauna, which this study followed (INAG, IP 2008), it was considered the EN 14011 (2003) *Water quality - sampling of fish with electricity* with the necessary changes given the characteristics of the courses of Portuguese water and the need to produce a protocol, as far as possible, simple, clear, and objective.

The electric fishing equipment used (SAMUS 725 MP) is a device and rechargeable battery of good portability (Figure 17), which can be easily carried in a backpack by the main operator (Figure 18). The sections of river sampled were walked on foot, always with the necessary individual protection of the entire technical team, namely rubber or neoprene boots with breast and rubber gloves, operating the electric fishing equipment in "zigzag" movements between left and right sides, from downstream to upstream, to ensure coverage of all river habitats.

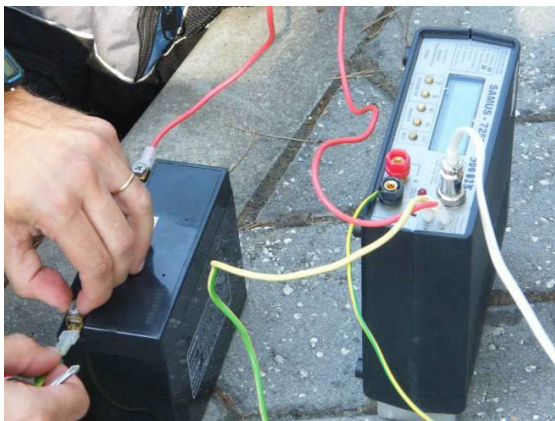


Figure 17. Electric fishing device and battery. **Figure 18.** Portable electric fishing (backpack).

In all the sampling points, a description of the fluvial and riparian habitat was made, as well as the characterization of the weather and its georeferencing. During sampling, the fish are subjected to an electric shock capable of stunning and allowing their capture (Figures 19 and 20), being placed in containers with water to recover.



Figure 19. Capture of a common barbel.



Figure 20. Collection of the captured fish.

At the end of the sampling, the total number and length of the individuals belonging to each species captured were recorded (Figure 21), and all individuals were immediately released to the water (Figure 22), with a survival rate close to 100%. All data collected were recorded on appropriate field records (Figure 23). In parallel, in situ data of some physical-chemical parameters of the water (temperature, pH and dissolved oxygen) were recorded and water samples were collected for further laboratory analysis to the other parameters.



Figure 21. Measurement of a chub (*Squalius carolitertii*).



Figure 22. Release of a brown trout (*Salmo trutta*).

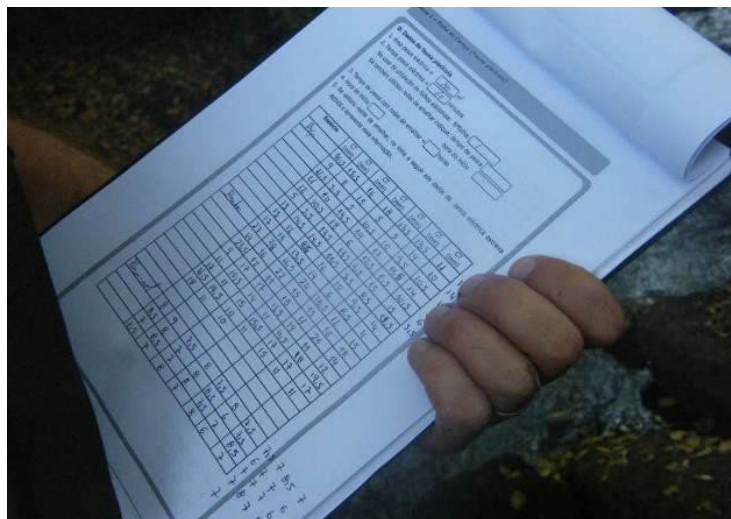


Figure 23. Register the data in the field record.

3.3. BIOTIC INTEGRITY INDEX

In this study, the Biotic Integrity Index (BII) proposed by Oliveira *et al.* (2007) was used in the Aquariport Project, whose indexes are composed of a set of attributes (metrics) capable of characterizing the structure and functioning of communities, such as the number of native species or the percentage of individuals of intolerant species. The metrics are then quantified so that they can act as an estimation of the degree of human pressure on these ecosystems (Table 2).

Table 2. Scores for each metric (adapted from Oliveira *et al.*, 2007).

Metric	Score criteria		
	5	3	1
Number of native species (%) ^a	> 67	33-67	< 33
Individuals belonging to native species (%) ^b	> 90	70-90	< 70
Individuals belonging to very tolerant species (%) ^b	< 25	25-60	> 60
Individuals belonging to the species <i>Squalius alburnoides</i> or <i>Achondrostoma oligolepis</i> (%) ^b	> 15	5-15	< 5
Individuals belonging to pelagic invertivorous species (%) ^b	> 60	20-60	< 20
Abundance of <i>Procambarus clarkii</i> ^c	Absent (0)	Little abundant (1-5)	Very abundant (> 5)
Catches per 100 m ² of sampling (%) ^{a,b}	> 67	33-67	< 33
Individuals with anomalies (%) ^b	< 2	2-5	> 5

^a the score depends on the river width

^b only specimens with a total length exceeding 5 cm are considered, except in the case of small-sized species such as *Gambusia holbrooki*, where all individuals caught are considered.

^c the following values were taken for every 30 min. of fishing: 0 (absent); 1 to 5 (little abundant) and > 5 (very abundant). The values of the intervals were adapted, as they were non-existent in the original bibliography.

At each sampling point, the numerical value obtained for each of the metrics is compared to the ideal values (reference points) and the sum of the scores obtained on all the metrics reflects the degree of disturbance of the ecological status of that site (Table 3). In this way it is possible to quantify the extent of anthropogenic disturbances in aquatic ecosystems.

Table 3. Biotic Integrity Index according to the score obtained (Oliveira *et al*, 2007).

Biotic integrity	Score	Description
EXCELENT	36 - 40	Excellent environmental quality, comparable to reference sites; high condition of fish communities
GOOD	32 - 34	Reasonable environmental quality; disturbance of human nature in fish communities
WEAK	20 - 30	Marked environmental disqualification; significantly altered fish communities
VERY WEAK	8 - 18	Very degraded sites with high human disturbance; extremely altered and difficult to recover fish communities

Thus, by including parameters of relationships between and within fish communities, at the level of zoogeography, ecosystem and population, and by grouping them into a single ecologically based index, BII is now one of the most tried and tested tools of biomonitoring. It is certainly an indispensable instrument to achieve a sustainable management of fish stocks and their ecosystems.

Regarding the origin of the species, of the total of fourteen identified in this study, the majority (10) are considered native, and four are classified as exotic (*Lepomis gibbosus* - pumpkinseed, *Carassius auratus* – goldfish, *Gambusia holbrooki* - gambusia and *Micropterus salmoides* – largemouth bass).

Regarding the metric of the species known as pelagic invertivorous, the feeding preference of the invertivorous species (trophic guild) corresponds to those that have a high proportion of the diet based on aquatic invertebrates. Concerning the preferential feeding zone, the pelagic species feed preferentially on the water column and on the surface.

It should be noted that, for the sake of consistency in the BII calculation, tolerant species are excluded from accounting for the percentage of invertivorous species and only native species are considered for the pelagic species item. Thus, for the metric of the pelagic invertivorous species, only the species *Salmo trutta* (brown trout) and *Squalius alburnoides* (bordalo) were considered.

In our opinion, this Biological Integrity Index measures the river ecological quality from the point of view of the fish fauna at a given moment. We understand, however, that this classification is excessively restrictive and penalizing, and does

not predict the potential for recovery in the medium to long term. If we analyse the magnitude of the metrics, the possible range of the BII score, it can vary between 8 and 40 points. For this maximum variation of 32 points, we can then consider that in average terms, and following a more classical qualitative distribution, the first 16 points would correspond to a positive average Biotic Integrity and the second 16 points could be included in a positive classification, which, adding to the 8 base points, we would have negative biotic Integrities up to 24 points and positive above that value. And if we create more classes, we can further subdivide these two intervals to create four classes of a new classification that we could call the Corrected Biotic Integrity Index (CIIB), whose intervals we can see in Table 4.

Table 4. Corrected Biotic Integrity Index according to the score obtained.

Corrected Biotic Integrity	Score
EXCELENT	34- 40
GOOD	26- 32
WEAK	16- 24
BAD	8- 14

In some sampling points of high contamination in late summer, with very weak BII, in the following sampling in April/May, the recovery of these sites was a reality. The metrics in August/September are very weak, but not difficult to recover as the initial method mentions (Oliveira et al., 2007). What we verified by the fauna sampling at these points and at the bordering points, is that in summer, the most sensitive and native species, and bioindicators of good environmental quality, move to more favourable areas, upstream or enter tributaries with better water quality. When the rain returns and water quality improves, they return to their original sites increasing their percentage and decreasing that of the resistant species, thus improving the BII. It is then proposed here a correction of the classic BII in view of the adaptation capacity verified, because in sites with IIB of 16 and 18 in September (very weak), they recover easily when the rain returns. When these values go from very weak (BII) to weak (CBII), it can now reflect the reality of the site being recoverable. The remaining ranges were then adjusted proportionally.

3.4. WATER ANALYSIS

Water analyses were performed at each sampling point, at the end of each procedure of fish fauna registration.

The analytical methodology for quantification of the water physico-chemical parameters is described in detail in the appendixes. All the analyses except temperature and pH were performed according to the protocols in the operating instructions of the equipment used - Hanna HI 83200 multiparameter water analysis photometer (Figure 24).



Figure 24. Analysis of the water physico-chemical parameters.

Water was collected at each point, after which the corresponding analysis was immediately followed, according to the methods summarized below.

3.4.1. Temperature

The temperature was measured using a floating digital thermometer (Figure 25) immersing and stabilizing in the water at the sampling points for 5 minutes, after which the values were recorded to the nearest decimal place.

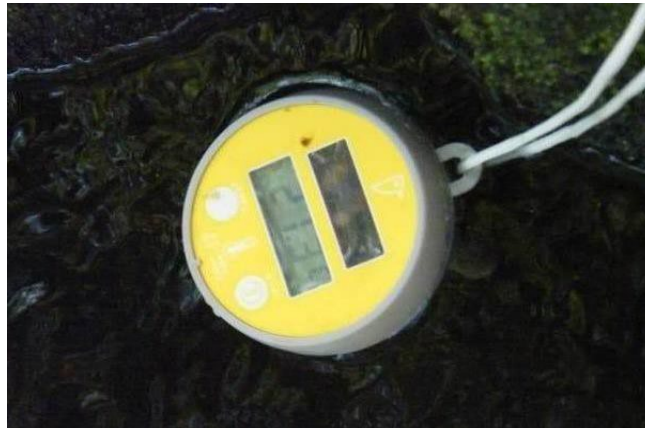


Figure 25. Water temperature measurement.

3.4.2. Dissolved oxygen

Dissolved oxygen (mg/L) analysis was performed with the multiparameter water analysis photometer (Figure 26) by the method adapted from the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, modified Azink Winkler method (Appendix 1).



Figure 26. Measurement of dissolved oxygen in water.

3.4.3. pH

PH analysis was performed using a portable pHmeter for aquaculture (Figure 27) - Hanna HI 98103.



Figure 27. Measurement of water pH.

4. Ammonia compounds

Analysis of the ammonia compounds (mg/L), namely ammonia (NH_3 and NH_4^+), was performed using the adapted method from the ASTM Manual of Wastewater and Environmental Technology, D1426-92, Nessler method (Appendix 2).

5. Calcium Hardness

Calcium hardness ($^\circ\text{d}$) analysis was performed using the adapted method from the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, Calmagite method (Appendix 3).

6. Magnesium Hardness

Magnesium hardness ($^{\circ}\text{d}$) analysis was performed using the adapted method from the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, EDTA colorimetric method (Appendix 4).

7. Iron

Iron (mg/L Fe) was analysed by the adaptation of the EPA method of Phenantroline 315B by natural or treated waters (Appendix 5).

8. Phosphate

Phosphate analysis (mg/L PO_4^{3-}) was performed by adapting the ascorbic acid method (Appendix 6).

9. Phosphorus

Phosphorus analysis (mg/L P) was carried out using the adapted method from the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, Amino acid method (Appendix 7).

10. Nitrites

The nitrite analysis (mg/L NO_2^-) was carried out using the adapted method Ferrous sulphate (Appendix 8).

11. Nitrates

Analysis of nitrates (mg/L NO_3^-) was carried out using the adapted method Cadmium Reduction (Appendix 9).

3.4.12. Sulfate

Sulphate analysis (mg/L SO_4^{2-}) was performed by precipitation with barium chloride crystals. The absorbance of the suspended light is measured (Appendix 10).

3.5. CANONIC CORRESPONDENCE ANALYSIS

One of the objectives of this study was to verify the effect of water quality, namely its physical and chemical parameters, on the zoogeographic distribution of fish fauna throughout the study area. For this purpose, we used the methodology of canonical correspondence analysis to establish the correlations between the frequency distribution of species and water quality, which is likely to be altered by anthropogenic causes.

In this case, regarding of a wide range of water physicochemical parameters, we had to restrict them to 13, ignoring some that were linearly dependent on others, to allow a more robust statistical data treatment and to clarify the conclusions about the dependence relations between the zoogeographic distribution of the ichthyofauna and the river's water quality.

In this work the methodology of Canonical Correspondence Analysis of the XLSTAT 2015® program was applied, which relates the species spatial distribution to the environmental parameters that condition their frequency in each habitat.

4. RESULTS, DISCUSSION AND PROPOSALS

4.1. FISH COMMUNITIES

4.1.1. THE IDENTIFIED SPECIES

There were identified in this study, the following 14 species of fish fauna, previously described in the Chapter 2: Panjorca (*Achondrostoma arcasii*), Ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*), European Eel (*Anguilla anguilla*), Common barbel (*Luciobarbus bocagei*; sin: *Barbus bocagei*), Goldfish (*Carassius auratus*), Iberian loach (*Cobitis paludica*), Gambusia or Mosquitofish (*Gambusia holbrooki*), Pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*), Largemouth bass (*Micropterus salmoides*), Boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*), Iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*), Brown trout (*Salmo trutta*), Iberian roach (*Squalius alburnoides*), and Chub (*Squalius carolitertii*).

Next, the results of the fish communities in each municipality will be presented and discussed.

4.1.2. FISH COMMUNITIES BY MUNICIPALITY

a) VILA NOVA DE PAIVA

At the sampling points monitored in the municipality of Vila Nova de Paiva, a total of six fish species were identified, of which the ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) represents half of the catches (49.7%). With lower values, the chub (*Squalius carolitertii*) appeared with 29.5%, the iberian roach (*Squalius alburnoides*) with 9.7%, the brown trout (*Salmo trutta*) with 7.1%, the boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*) with 3.6% and the iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*) with 0.4% (Table 5 and Figure 28).

In this county no specimens of the exotic species identified in this study were captured, unlike what happened in all the remaining municipalities of this study.

We can thus say that this county is still probably very well preserved from the point of view of exotic species, namely in the Paiva river, since we cannot guarantee that the river Vouga, in southern part of the county, does not already have the presence of exotic species, despite the fact they were not captured in the samplings carried out.

Table 5. Fish species captured in Vila Nova de Paiva.

Scientific name	Common name	Captures	
		No	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	337	49.7
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	Boga-do-Norte	24	3.5
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Iberian nase	3	0.4
<i>Salmo trutta</i>	Brown trout	48	7.1
<i>Squalius alburnoides</i>	Iberian roach	66	9.7
<i>Squalius carolitertii</i>	Chub	200	29.5

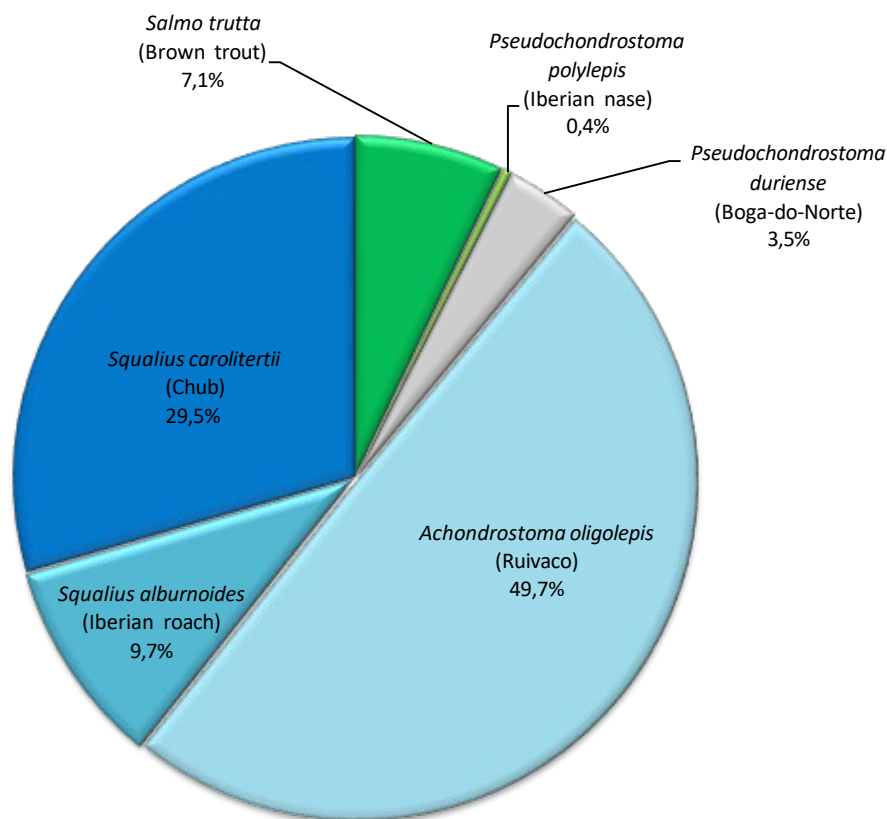


Figure 28. Percentage distribution of species captured in Vila Nova de Paiva.

Table 6 shows the percentage distribution of the fish species identified at each sampling point in the municipality of Vila Nova de Paiva.

Table 6. Species captured (%) in each sampling point of Vila Nova de Paiva.

Scientific name (common name)	Azenha + Canal	Upstr. WWTP VNP	Downs. WWTP VNP	Upstr. WWTP Frág.	Downs. WWTP Frág.	Covo*	Upstr. WWTP Lous.
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	75.1	31.4	27.0	48.7	42.4	10.0	34.0
<i>Pseud. duriense</i> (Boga-do-Norte)	1.6	0	2.7	7.7	9.1	25.0	0
<i>Pseud. polylepis</i> (Iberian nase)	0	0	0	0	0	0	3.1
<i>Salmo trutta</i> (Brown trout)	4.2	8.6	1.4	0.9	30.3	40.0	10.3
<i>Sq. alburnoides</i> (Iberian roach)	0	0	0	23.9	0	0	0
<i>Sq. carolitertii</i> (Chub)	19.0	60.0	68.9	18.8	18.2	25.0	52.6

* Covo: Entre os Rios = Vila Cova à Coelheira

We can see that the iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*) can only be found in the Vouga river (upstream of the Lousadela WWTP), which was already expected since the known distribution for this species. Otherwise, in the river Paiva, already belonging to the Douro river basin, only the boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*) is found.

Upstream of the Fráguas WWTP, we found 23.9% of iberian roach (*Squalius alburnoides*), but no other specimens of this species could be identified at any other sampling point in the county. The strangeness of this fact leads us to suspect that we are probably facing a morphologically similar hybrid, but not exactly *Squalius alburnoides*, or there is a very well defined and concentrated location of this species at this site, which could be motivated by a buffer zone created by the downstream Fráguas WWTP and the WWTP of Vila Nova de Paiva, located exactly 3 km upstream of this point. In the case of the Fráguas WWTP downstream, it will certainly not be due to the water contamination, since we found 30.3% of brown trout (*Salmo trutta*), which is much more sensitive to water quality, but possibly due to the usual predation of the iberian roach by trout. In any case, this subject deserves a clarification in future works with new samplings at this point and in bordering points to clarify this fact, possibly resorting to molecular analysis.

b) VISEU

A total of 14 fish species were identified in the set of monitoring points in the municipality of Viseu, which showed the highest fish species diversity. The endogenous species *Pseudochondrostoma polylepis* (iberian nase), *Luciobarbus bocagei* (common barbel), *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), *squalius alburnoides* (iberian roach), and the exotic species *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed), have values of about 15 to 20 % each. All others presented residual values except for *Salmo trutta* (brown trout) with 4.7% and *Squalius carolitertii* (chub) with 2.9% (Table 7 and Figure 29).

Table 7. Fish species captured in Viseu.

Scientific name	Common name	Captures	
		No	(%)
<i>Achondrostoma arcasii</i>	Panjorca	21	1.43
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	230	15.7
<i>Anguilla anguilla</i>	European eel	2	0.1
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Common barbel	296	20.2
<i>Carssius auratus</i>	Goldfish	15	1.0
<i>Cobitis paludica</i>	<u>Iberian loach</u>	6	0.4
<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia	7	0.5
<i>Lepomis gibbosus</i>	Pumpkinseed	305	20.8
<i>Micropterus salmoides</i>	Largemouth bass	11	0.8
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	Boga-do-Norte	1	0.1
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Iberian nase	233	15.9
<i>Salmo trutta</i>	Brown trout	69	4.7
<i>Squalius alburnoides</i>	<u>Iberian roach</u>	225	15.4
<i>Squalius carolitertii</i>	<u>Chub</u>	43	2.9

It is noteworthy, by the negative way, the very significant presence of the pumpkinseed invasive species. This was found in the Pavia river but, mainly, in the Dão river. Some species were only captured in the municipality of Viseu as are the cases of *Achondrostoma arcasii* (panjorca), *Micropterus salmoides* (largemouth bass), *Carassius auratus* (goldfish) and *Gambusia holbrooki* (gambusia), the last three being considered exotic.

On the other way, we highlight in the municipality of Viseu that there is no capture of exotic species at the Vouga river sampling points. Although we cannot guarantee that they do not exist in these places but, if they exist, they were still residual and eventually controlled. In fact, we only found these exotic species in the Vouga river in counties downstream of Viseu, which deserves our greater attention in the future, monitoring this reality from a biogeographical point of view and over the next years.

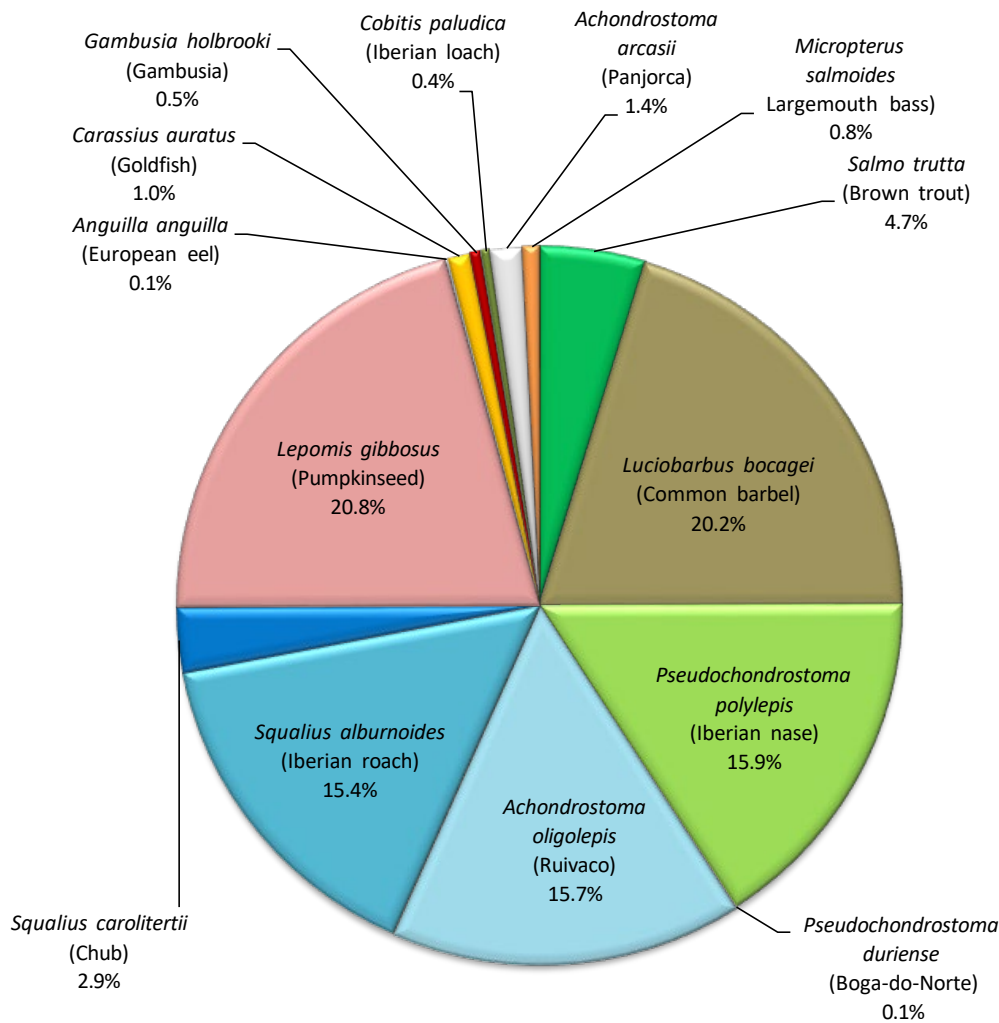


Figure 29. Percentage distribution of the species captured in Viseu.

Table 8 shows the species identified in the municipality of Viseu, in percentage of each species per sampling point.

Table 8. Captured species (%) at each sampling point of Viseu.

Scientific name (common name)	Upstr. Weir - Vougui- nha bridge	Downs. Weir - Vougui- nha bridge	Almar -gem	Downs. WWTP Frago- sela	Upstr. Alcafa -che	Downs. Alcafa- che	Pavia Linear Park
<i>Ach. arcasii</i> (Panjorca)	0	0	0	0	0	0	9.8
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	0	9.7	22.6	0	0	0	55.3
<i>Ang. anguilla</i> (European eel)	0	0	0	0	0.7	0	0
<i>L. bocagei</i> (Common barbel)	19.5	7.3	21.2	42.8	26.4	19.8	0
<i>C. auratus</i> (Goldfish)	0	0	0	0	0	0	7.0
<i>Cob. paludica</i> (Iberian loach)	0	0	0	2.3	0	0	0.5
<i>Gamb. holbrooki</i> (Gambusia)	0	0	0	4.0	0	0	0
<i>L. gibbosus</i> (Pumpkinseed)	0	0	0	31.2	31.5	69.5	12.6
<i>M. salmoides</i> (Largemouth bass)	0	0	0	0	1.8	3.0	0
<i>Pseud. duriense</i> (Boga-do-Norte)	0	0	0	0	0.4	0	0
<i>Pseud. polylepis</i> (Iberian nase)	9.8	19.4	3.9	19.1	39.1	7.6	14.9
<i>Salmo trutta</i> (Brown trout)	0	15.3	11.4	0	0	0	0
<i>Sq. alburnoides</i> (Iberian roach)	0	46.0	38.4	0	0	0	0
<i>Sq. carolitertii</i> (Chub)	70.7	2.4	2.3	0.6	0	0	0

A totally different reality was verified when we compared the fish fauna of the Vouga river (upstream and downstream of the Vouguinha and Almargem bridge weirs) and that of the Dão river (downstream of the Fragosela WWTP and upstream and downstream of Alcafache) or its Pavia tributary (Linear Park).

On the one hand, brown trout were only found on the Vouga river. This is due to both the high summer temperature of the water of the Pavia and Dão rivers, being difficult to survive by animals as intolerant to warm water as trouts, as well as by the resulting low levels of dissolved oxygen and values of some water physicochemical parameters of these rivers, to be hardly compatible with

salmonids survival. These facts have been proven by the physicochemical analyses of water at these points (see 4.3).

On the other hand, exotic species such as the pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*), the goldfish (*Carassius auratus*), the largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and gambusia (*Gambusia holbrooki*) were not found in the Vouga river. The pumpkinseed was found with great representativity in the four sites of the rivers Pavia and Dão, reaching the 70% of the specimens captured downstream of the Alcafache thermal baths. The goldfish (*Carassius auratus*) was only found in the Pavia river (7%), while gambusia (*Gambusia holbrooki*) was only found downstream of the Fragosela WWTP. In any case, except for the pumpkinseed, the dispersion and abundance of the exotic species seem to be still controlled as in the case of Alcafache (as will be discussed to in 4.5.3.).

Both the common barbel (*Luciobarbus bocagei*) and the iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*) could be found in almost all the territory studied in the county of Viseu. Its physiological plasticity and tolerance for a wide range of water parameters allow us to find them easily in the purest, fresh and oxygenated waters as in the Vouga river, where we can find the demanding brown trout, as in the warmer waters, less oxygenated and with some contamination, such as the Pavia and Dão rivers, cohabiting with exotic species such as pumpkinseed.

c) SÃO PEDRO DO SUL

In the sampling points monitored in São Pedro do Sul, a total of ten fish species were identified, of which *Luciobarbus bocagei* (common barbel), *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), *Squalius alburnoides* (iberian roach) and the exotic *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed), represented the majority of fish fauna in this municipality, all of these species showing values between 19 and 22%. With the lowest values, we could catch *Pseudochondrostoma polylepis* (iberian nase) with 8.5%, some specimens of *Anguilla anguilla* (European eel), which represented 3.4% of total catches, *Squalius carolitertii* (chub) with 2.9% and *Salmo trutta* (brown trout) with 1.2%. Finally, with residual values, we found *Cobitis paludica* (Iberian loach) with 0.5% and *Pseudochondrostoma duriense* (boga-do-Norte) with 0.34% (Table 9 and Figure 30).

Table 9. Fish species captured in São Pedro do Sul.

Scientific name	Common name	Captures	
		No	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	129	21.9
<i>Anguilla anguilla</i>	European eel	20	3.4
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Common barbel	125	21.2
<i>Cobitis paludica</i>	<u>Iberian loach</u>	3	0.5
<i>Lepomis gibbosus</i>	Pumpkinseed	112	19.0
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	Boga-do-Norte	2	0.3
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Iberian nase	50	8.5
<i>Salmo trutta</i>	Brown trout	7	1.2
<i>Squalius alburnoides</i>	<u>Iberian roach</u>	124	21.1
<i>Squalius carolitertii</i>	<u>Chub</u>	17	2.9

In this county, the exotic species *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) appears for the first time in the river Vouga, on its downstream route, and soon with very significant percentage values. As we have already mentioned, we cannot guarantee that, due to the inexistence of any specimens caught in the Vouga river samplings, in the municipalities of Vila Nova de Paiva and Viseu, this invasive species is not already widespread in these counties upstream of São Pedro do Sul. This theory will most likely be a reality since there are no obstacles to prevent its expansion upstream. We hope, in future works, to be

able to validate the existence or nonexistence of this species in the two mentioned counties.

If, on the one hand, we have the negative sign in this county, of the confirmed existence of pumpkinseed, the most worrying exotic species of this vast region, we can say, on the positive side, that no specimens of the three other exotic species that we have identified of the study, *Micropterus salmoides* (largemouth bass), *Carassius auratus* (goldfish) and *Gambusia holbrooki* (gambusia).

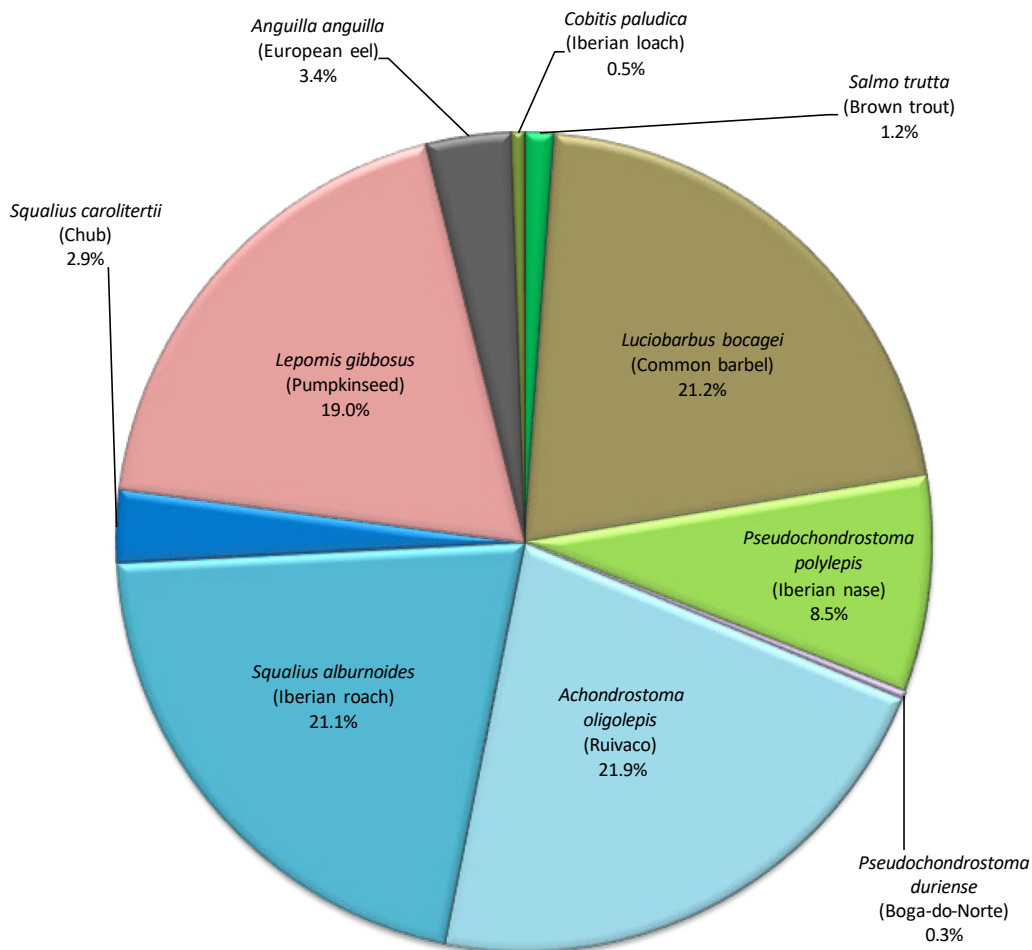


Figure 30. Percentage distribution of the species captured in São Pedro do Sul.

Table 10 shows the species identified in the municipality of São Pedro do Sul, in percentage of each species per sampling point.

In this municipality, the sampling points were in several places of the Vouga river, starting at the most upstream point, next to an electric power station, a

zone of a middle river course, of still fast and well oxygenated waters, before passing to the largest population cluster, near the São Pedro do Sul town. After running through the descending route of the river, the samplings end up at an important point downstream of the shared WWTP common to the urban communities of São Pedro do Sul and Vouzela.

Table 10. Captured species (%) at each sampling point in São Pedro do Sul.

Scientific name (common name)	Upstr. SPS (electric power station)	Upstr. Lenteiro (Sul river)	Downs. Lenteiro - island (Vouga river)	Downs. Telheiro brook	Downs. thermal baths SPS	Downs. WWTP SPS/ Vouzela
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	20.5	33.3	20.6	0	15.2	18.0
<i>Ang. anguilla</i> (European eel)	5.5	0	5.1	0	1.5	3.3
<i>L. bocagei</i> (Common barbel)	15.8	29.4	26.3	6.7	18.2	9.8
<i>Cob. paludica</i> (Iberian loach)	0	2.4	0	0	0	0
<i>L. gibbosus</i> (Pumpkinseed)	8.9	11.1	14.9	80.0	34.9	39.3
<i>Pseud. duriense</i> (Boga-do-Norte)	0	0	1.1	0	0	0
<i>Pseud. polylepis</i> (Iberian nase)	19.9	7.1	2.3	13.3	3.0	6.6
<i>Salmo trutta</i> (Brown trout)	2.1	1.6	1.1	0	0	0
<i>Sq. alburnoides</i> (Iberian roach)	24.7	11.1	25.7	0	24.2	21.3
<i>Sq. carolitertii</i> (Chub)	2.7	4.0	2.9	0	3.0	1.6

In S. Pedro do Sul there is a marked transition between the upper Vouga, upstream of the city, where it is still possible to find brown trout (*Salmo trutta*), confirmed in the first three sampling points, although with low values and decreasing as we go down the river and, from the point downstream of the Telheiro brook, where it was no longer possible to identify any brown trout, either in this county or in Vouzela and Oliveira de Frades. On the other hand, in places where brown trout are present, although the numbers are low, the percentage values found for pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) are clearly lower than those

found where there are no brown trout. In this case, where pumpkinseed is abundant, the poor water quality is enough to prevent the brown trouts to remain healthy, but in areas where the pumpkinseed invades the natural territory of the brown trout, such as cooler, purer and oxygenated waters, there seems to be a controlling effect of the brown trout on the pumpkinseed. However, this relationship between the two species deserves a more developed and in-depth approach, together with the water quality parameters appropriate for each species.

For the biogeographic reasons mentioned above, we think that we are in a position to state that, as far as the Vouga river is concerned, the city of São Pedro do Sul will be the geographical limit for brown trout (*Salmo trutta*) in terms of continuous presence. Although it can be found sporadically further downstream, it will always be in the nearby of some tributaries with more suitable water parameters for salmonids (namely for reproduction purposes), but always without settling on in the main river. This fact is certainly due to the bad water quality, or by a possible harmful effect on younger specimens by exotic species such as pumpkinseed. Several reasons will contribute to these two possible causes. On the one hand, downstream of São Pedro do Sul, the river flow is slower, with shallower waters exposed to the sun, where summer water temperatures easily reach 20°C or even more, which is a physical barrier for cold-water fish as brown trout. In the Vouga river we can only find colder waters upstream of São Pedro do Sul town, where it flows between sloped riverbanks with dense and shadowy riparian galleries. On the other hand, downstream of this town, we can find low levels of dissolved oxygen at critical times of the year, namely in summer, partly due to higher water temperature, but also due to some contamination, namely microbiological, which promotes oxygen competition, which are inhibitory factors for brown trout, which remains for these reasons upstream of the city. However, in the tributaries of the Vouga, the brown trout are still well preserved, finding excellent places of refuge and good survival conditions, in the cooler and well oxygenated waters, as it happens in the sampling points of the counties of Vouzela and Oliveira de Frades, namely in the Alfusqueiro river.

The site designated as "downstream of the Telheiro brook" has proved to be a high anthropogenic disturbance of water quality, which deserves the greatest

attention and an eventual requalification intervention. The fauna sampling and water analysis were carried out in the summer, which may have contributed to the results found, but what was verified was a near absence of fish fauna in a very punctual site of a section of Vouga river, corresponding to about 100 meters immediately downstream from the confluence point of this Telheiro brook with Vouga river. At this point it was only possible to collect a very small sample of fish fauna, where the exotic species pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) predominated, with 80% of the specimens captured, which is the highest percentage of catches of this species throughout all this study. In addition to this dominant species, only a few specimens of iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*) and common barbel (*Luciobarbus bocagei*) were captured. We could see that fish do not remain in this zone and, despite some capacity of self-purification of the river in its downstream course, this negative effect extends for some hundreds of meters, although, of course, decreasing.

It is also worth noting in São Pedro do Sul the presence of European eel (*Anguilla anguilla*) in practically the entire length of the river Vouga in the county. However, more important than its presence is the age structure in some places, namely upstream of São Pedro do Sul (power station zone) in which several eels with 10 to 12 cm were captured, which shows a very young age, probably fruit of the entrance to the river Vouga in the year before of its capture, with migration upstream, characteristic of this catadromous species. Unfortunately, at this moment we can no longer count on these successful migrations, since the large Ribeiradio dam, built in the municipality of Oliveira de Frades is, if nothing is done, certainly an insurmountable obstacle for these migrating species.

It is worth noting the unexpected presence of some specimens of boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*), together with the expected iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*), in an area already relatively distant from its original basin. Behind this presence may be, for example, some wild settlement of specimens brought from the Douro basin, either to the Vouga or to some of its tributaries. Another possible situation worthy of future confirmation with molecular analyses will be the existence of some hybrid morphologically identical to the boga-do-Douro, possibly responsible for a lapse of taxonomic identification.

We also referred to the capture of some specimens of Iberian loach (*Cobitis paludica*), but only at the only sampling point in this county outside the Vouga river, more precisely in its tributary, the Sul river. This fact may be a relevant information for this species preservation in this area of Vouga river, as it may be an eligible place as a preservation reserve, in order to serve as a natural stock for the maintenance of the Iberian loach in this region.

d) VOUZELA

A total of seven species of fish fauna were identified in the sampling points monitored in the municipality of Vouzela, where *Salmo trutta* (brown trout) showed the highest percentage of caught of all study with 34.3%, followed by *Pseudochondrostoma polylepis* (iberian nase) with 30.1% and *Squalius carolitertii* (chub) with 19.0%. In this county, 11.4% of *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) and 3.9% of *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco) were captured. In the residual percentage, the *Anguilla anguilla* (European eel) with 0.65% and *Luciobarbus bocagei* (common barbel) with 0.65% appeared (Table 11 and Figure 31).

Table 11. Fish species captured in Vouzela.

Scientific name	Common name	Captures	
		No	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	12	3.9
<i>Anguilla anguilla</i>	European eel	2	0.7
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Common barbel	2	0.7
<i>Lepomis gibbosus</i>	Pumpkinseed	35	11.4
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Iberian nase	92	30.1
<i>Salmo trutta</i>	Brown trout	105	34.3
<i>Squalius carolitertii</i>	Chub	58	19.0

We can emphasize the high percentage of *Salmo trutta* (brown trout), with more than a third of the catches in this county. This is certainly related to the fact that the sampling points are outside the Vouga river, where this species is practically non-existent in this low zone of its course, but in its tributaries of the left bank, the Alfusqueiro river and the Ribamá river (Fataunços), both classified as salmonid waters, with good environmental characteristics for the development of brown trout (*Salmo trutta*).

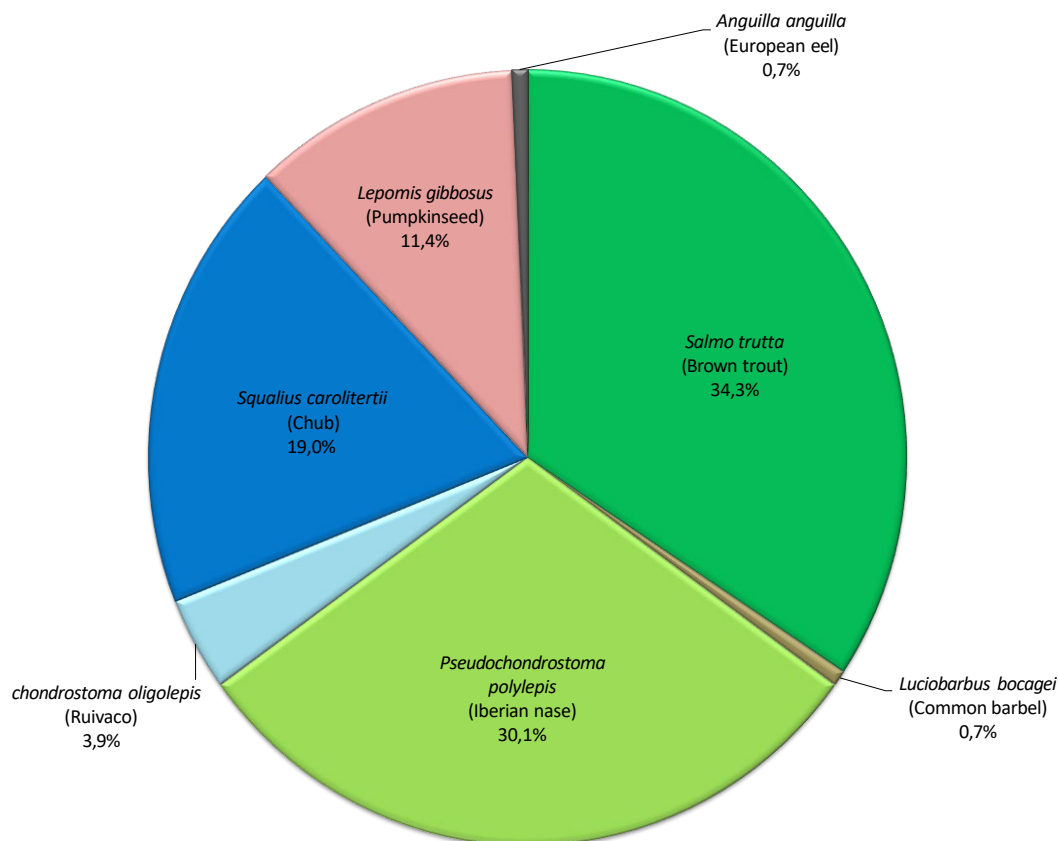


Figure 31. Percentage distribution of the species captured in Vouzela.

It is also worth mentioning in this county the undesirable fact that an important community of the exotic and invasive species *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) has been found in tributaries of the Vouga, already far from the main river, which demonstrates the capacity of this species of spreading its habitat trough the basin, by their own means or, most likely, with the human help. They are therefore able to move quite a lot upstream in mountain rivers, where brown trout and some cyprinids such as iberian nase, chub, iberian roach or ruivaco, should be the species to inhabit these rivers.

Table 12 shows the species identified in the municipality of Vouzela, as a percentage of each species per sampling point.

Table 12. Captured species (%) at each sampling point in Vouzela.

Scientific name (common name)	Upstr. WWTP Fataun- ços	Downs. WWTP Fataun- ços	Downs. WWTP Cambra*	Upstr. Cercosa** dam	Downs. Cercosa dam
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	0	0	0	9.9	17.9
<i>Ang. anguilla</i> (European eel)	2.6	0	0	0	3.6
<i>L. bocagei</i> (Common barbel)	0	6.1	0	0	0
<i>L. gibbosus</i> (Pumpkinseed)	0	0	0	39.4	25.0
<i>Pseud. polylepis</i> (Iberian nase)	5.3	24.2	33.8	39.4	28.6
<i>Salmo trutta</i> (Brown trout)	89.5	39.4	42.6	0	0
<i>Sq. carolitertii</i> (Chub)	2.6	30.3	23.5	11.3	25.0

Downstream of the Cambra WWTP (Alfisqueiro river) = river Couto

** Upstream of the Cercosa dam = Downstream of Porto da Várzea (Oliveira de Frades)

Regarding the Ribamá river (upstream and downstream of the Fataunços WWTP), we can say that the brown trout (*Salmo trutta*) is the most frequent species. There was, however, a clear difference in water quality (see 4.3) between the two points, at sampling times (end of July), with worst results at the point downstream of the WWTP. These values should be confirmed by further analysis and sampling of fish fauna to verify whether it is an isolated and reversible change or whether it is systematic. It should be noted that the approximately 90% of brown trout caught in the upstream sampling of the WWTP were of an extremely young age group (up to 2 years of age), with a large majority of them located on a small stretch of 200 meters of river located between the "Pedrinha Bridge" and a dam located upstream. It is a zone with less than 50 cm of depth and with excellent characteristics of purity and water temperature, oxygenation and shadow, which leads us to consider a good choice for a reproduction place, so it will be proposed to preserve it with total ban on sport fishing, in order to constitute a natural reserve for the natural reproduction of this species (see proposal at 4.5.2.).

Now in the Alfisqueiro river, but still concerning to the brown trout (*Salmo trutta*), it is strange that no specimen of this species was captured, either upstream or

downstream of the Cercosa dam. Our surprise is that there is a stable population of brown trout in the same river, both at points located upstream of the dam (downstream of the Cambra-Vouzela WWTP, or at Oliveira de Frades Dam), as well as in points downstream of the same Cercosa dam (Destriz - Oliveira de Frades).

Another important fact that we can see was that, in the Cercosa dam, both upstream and downstream, numerous specimens of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) were sampled, unlike what happened at all other sampling sites in Vouzela, where brown trout was found but no pumpkinseed. Hypothetically, these two species seem to be negatively influencing the presence of each other, but we still ignore the cause-and-effect relationship. In fact, there are very few places in this study in the five counties where these two species coexist. And whenever this happens, when one abounds, the other is present in substantially reduced numbers. When water does not allow healthy survival of the brown trout, more sensitive to these factors, the pumpkinseed reaches high numbers. Perhaps here there is not a suppressing effect of the pumpkinseed on the brown trout, but rather environmental factors to do so. On the other hand, when water quality allows the existence of both species, there seems to be a small or no population of pumpkinseed.

e) OLIVEIRA DE FRADES

At the sampling points monitored in the municipality of Oliveira de Frades, a total of seven species of fish were identified, of which three species showed similar percentage values, namely *Squalius carolitertii* (chub) with 24.3% *Pseudochondrostoma polylepis* (iberian nase) with 23.7% and *Salmo trutta* (brown trout) with 21.4%. In this county the exotic species *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) presents a relatively high percentage value with 15.6%, closely followed by the endogenous *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco) with 12.1%. The *Luciobarbus bocagei* (common barbel) with 1.2% and *Anguilla anguilla* (European eel) with 1.7% represent residual values in this county (Table 13 and Figure 32).

Table 13. Fish species captured in Oliveira de Frades.

Scientific name	Common name	Captures	
		No	(%)
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	Ruivaco	21	12.1
<i>Anguilla anguilla</i>	European eel	3	1.7
<i>Luciobarbus bocagei</i>	Common barbel	2	1.2
<i>Lepomis gibbosus</i>	Pumpkinseed	27	15.6
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	Iberian nase	41	23.7
<i>Salmo trutta</i>	Brown trout	37	21.4
<i>Squalius carolitertii</i>	<u>Chub</u>	42	24.3

In this last municipality of this study, as it has already been said, a major dam was recently built in the Vouga river, which completely changed the river habitat, so that, as well as in the neighbouring municipality of Vouzela, the sampling points were chosen in the tributaries, namely in the Alfusqueiro river, where the dam effect on the fish fauna is insignificant.

In addition, it is still possible to preview some successful measures to preserve fish fauna in these tributaries, without however considering the success of diadromous migrations of species such as eels, which need to migrate to the sea in order to reproduce and its juveniles should be able to return to the rivers for their development until they reach sexual maturity. We can hardly expect that these migrations will occur successfully in the following years after the dam construction. We may, however, propose conservative measures of the

potamodromous species, whose reproductive migrations occur only within the rivers, namely for the tributaries with fresher and oxygenated waters such as Alfusqueiro.

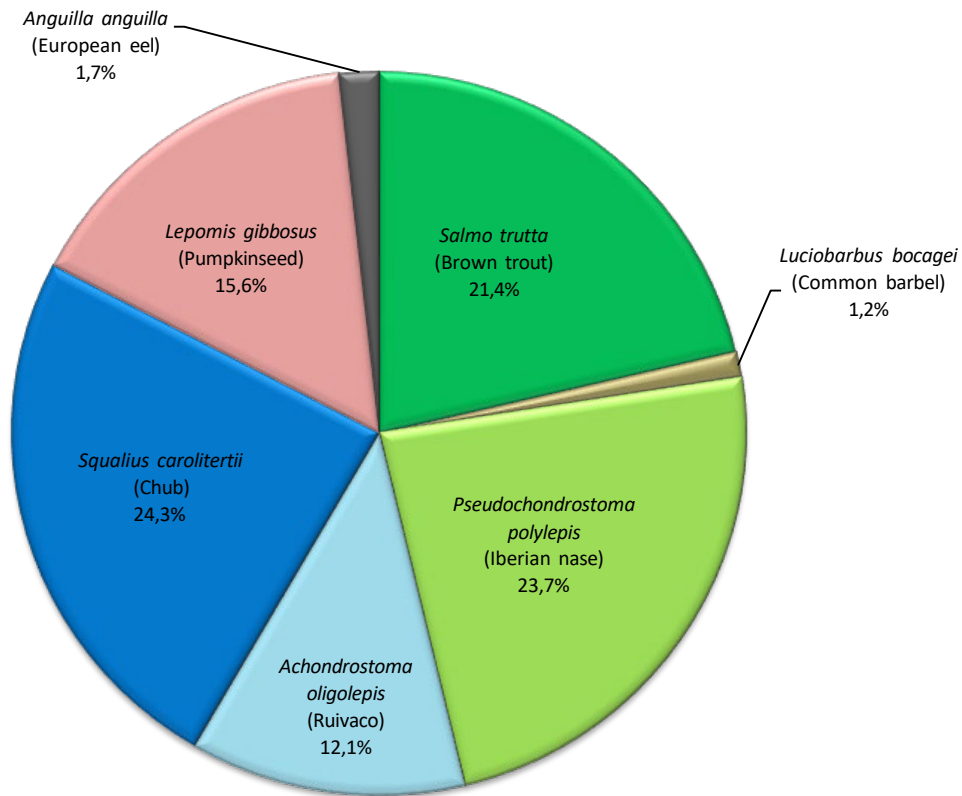


Figure 32. Percentage distribution of the species captured in Oliveira de Frades.

Table 14 shows the species identified in the municipality of Oliveira de Frades, in percent, per species at each sampling point.

Concerning *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), its distribution is highly decreasing as we move downstream in the Alfusqueiro river, and no specimen was found downstream of the weir. A probable cause for its reduction and eventual disappearance downstream of this weir could be the great abundance of pumpkinseed in this site (31.6%).

Table 14. Species captured (%) at each sampling point of Oliveira de Frades.

Scientific name (common name)	Upstr. Cainhas dam	Downs. Cainhas dam	Upstr. Carregal* river	Upstr. Destriz** weir	Downs. Destriz weir
<i>Ach. oligolepis</i> (Ruivaco)	18.4	13.5	15.4	7.5	0
<i>Ang. anguilla</i> (European eel)	0	5.4	2.6	0	0
<i>L. bocagei</i> (Common barbel)	0	0	0	0	10.5
<i>L. gibbosus</i> (Pumpkinseed)	10.5	27.0	10.3	7.5	31.6
<i>Pseud. polylepis</i> (Iberian nase)	36.8	29.7	17.9	20.0	5.3
<i>Salmo trutta</i> (Brown trout)	15.8	5.4	28.2	42.5	5.3
<i>Sq. carolitertii</i> (Chub)	18.4	18.9	25.6	22.5	47.4

Alfisqueiro river, upstream of its tributary, Carregal river

** Upstream of the Destriz dam = Downstream of the tributary Carregal river

At the sampling points of this county, there was a significant catch of the chub species (*Squalius carolitertii*), present in all places in an approximately uniform range (18.4 to 25.6%), except for the sampling point downstream from the Destriz dam, where it is close to half of the total chubs captured (47.4%).

In addition to this species, also were found *Pseudochondrostoma polylepis* (iberian nase), *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) and *Salmo trutta* (brown trout) were found in all sites studied in Oliveira de Frades. Like *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco), also *Pseudochondrostoma polylepis* (iberian nase) decreased its representativeness along the descending path of the river, finishing with a residual almost 5.3% downstream of the of Destriz dam. Concerning the possible relation between *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) and *Salmo trutta* (brown trout), once again there was some antagonism between these two species. Except for the point upstream of the dam, where the percentage of the two species is approximated, in all other places, where one species is well represented, the other is present in clearly diminished numbers, with emphasis on this fact upstream of the Destriz weir, where *Salmo trutta* (brown trout) predominates along with the chub (*Squalius carolitertii*), while *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) is limited to very low values.

4.2. BIOTIC INTEGRITY INDEX

In the following pages the results of the calculation method of the of Biotic Integrity Index, first in general with the average values per municipality and then, within each one, for each sampling point, are presented and discussed.

4.2.1. BIOTIC INTEGRITY INDEX IN GENERAL

In Table 15 are presented the results of the Biotic Integrity Index (BII), relative to the average values of the five municipalities under study (Oliveira et al, 2007) and the Corrected Biotic Integrity Index (CBII), proposed in this work.

This general approach to the BII does not allow us to draw any conclusions or corrective measures for ecosystems related to each specific location, but only gives us a general notion of the biological quality of ecosystems in a comparative manner between municipalities.

Table 15. Mean values of the BII and the CBII in the 5 municipalities.

Municipality	Medium score	Biotic Integrity	Corrested Biotic Integrity
Vila Nova de Paiva	32,8	Good	Excellent
Viseu	26,0	Weak	Good
São Pedro do Sul	24,3	Weak	Good
Vouzela	28,0	Weak	Good
Oliveira de Frades	27,6	Weak	Good

In this case, the CBII was applied only at the county average level, but in a more global vision, it could be applied to each point, in a perspective of recovery potentiality of each ecosystem. In this way we can apply a less reductive classification than the original one and, in this way, instead of assessing only the momentary state of a river stretch, it can also reflect its potential recovery.

As we can see in Table 15, the excellent Corrected Biotic Integrity in Vila Nova de Paiva was followed in the other municipalities, down the Vouga, by average values corresponding to the classification of Good. Although there are very different places within each municipality, to which we must look in an isolated way to interpret and eventually correct anomalies, we can also have a more global and comprehensive view, both in space (at the level of the watercourse, parish, or county) and in time, allowing a temporal analysis that looks at the real recovery capacity of a degraded environment in the medium term.

4.2.2. BIOTIC INTEGRITY INDEX BY MUNICIPALITY

a) VILA NOVA DE PAIVA

As can be seen in Table 16, the Biotic Integrity Index (BII) was generally quite good, with the “Good” or “Excellent” ratings predominating in the six sites of the Paiva river, except for the site downstream of the Vila Nova de Paiva WWTP, where BII proved to be “Weak”.

Table 16. Biotic Integrity Index in the municipality of Vila Nova de Paiva.

Metric	Azenha + Canal	Upstr. WWTP VNP	Downs. WWTP VNP	Upstr. WWTP Frág.	Downs. WWTP Frág.	Covo*	Upstr. WWTP Lous.
Number of native species (%)	5	5	5	5	5	5	5
Individuals belonging to native species (%)	5	5	5	5	5	5	5
Individuals belonging to very tolerant species (%)	3	3	1	1	1	3	1
Individuals from <i>Squalius alburnoides</i> or <i>Achondrostoma oligolepis</i> species (%)	5	5	5	5	5	5	5
Individuals from pelagic invertivorous species (%)	5	3	1	3	3	5	3
Abundance of <i>Procambarus clarkii</i>	5	5	5	5	5	5	3
Catches per 100 m ² of sampling (%)	3	3	3	3	3	3	3
Individuals with anomalies (%)	5	5	5	5	5	5	5
TOTAL SCORE	36	34	30	32	32	36	30
BIOTIC INTEGRITY	EXCELENT	GOOD	WEAK	GOOD	GOOD	EXCELENT	WEAK

Also, the only sampling point of the Vouga river in this county (upstream of the Lousadela WWTP), reached the same score. It should be noted, however, that in both cases the BII score of 30 points is on the borderline between the “Poor” and the “Good” rates. We can also highlight the Praia da Azenha (= Canal) and the

Covo river (= Vila Cova à Coelheira), due to the excellent nature of the Biotic Integrity Index reached.

This was the municipality where the BII values were generally more favourable, having excelled overall in having reached the maximum score in all the sampling points, with respect to four metrics. These were the number of native species, individuals of native species, individuals (%) of *Squalius alburnoides* (bordalo, Figure 33) or *Achondrostoma oligolepis* (ruivaco, Figure 34) and individuals with anomalies (%). In the parameter related to the abundance of *Procambarus clarkii*, all Paiva river sites reached the maximum score, because this invasive species of crawfish is still absent in this river, although it has already appeared in the single sampling point of the Vouga river in this county.



Figure 33. Bordalo specimen (*Sq. Alburnoides*) captured in Vila Nova de Paiva.



Figure 34. Ruivaco specimen (*A. oligolepis*) captured in Vila Nova de Paiva.

a) VISEU

Analysing Table 17, the BII for the municipality of Viseu was quite heterogeneous. It ranged from the classification of “Excellent” obtained in Almargem, to the “Very Weak” downstream of Alcafache. The variability in the fish fauna regarding the species diversity, the presence or absence of bioindicator species like the Iberian roach (*Squalius alburnoides*) or the ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) or the presence and abundance of the Louisiana crawfish (*Procambarus clarkii*) contributed to these large differences in the Biotic Integrity Index in Viseu. Since in this county there were three distinct habitats depending on the river considered, we now question the possibility of some strong relationship between each river and a corresponding BII. In fact, the worst results were obtained in the Dão river, namely downstream of the Fragosela WWTP, upstream and downstream of Alcafache, with the first two resulting in “Weak” Biotic Integrity Index and, in the latter case, “Very Weak”.

Table 17. Biotic Integrity Index in the municipality of Viseu.

Metric	Upstr. Weir - Vouguinha bridge	Downs. Weir - Vouguinha bridge	Almargem	Downs. WWTP Fragosela	Upstr. Alcafache	Downs. Alcafache	Pavia Linear Park
Number of native species (%)	5	5	5	3	3	3	3
Individuals belonging to native species (%)	5	5	5	1	1	1	5
Individuals belonging to very tolerant species (%)	3	1	3	3	3	1	3
Individuals from <i>Sq. alburnoides</i> or <i>Ach. oligolepis</i> (%)	3	1	5	1	1	1	5
Individuals from pelagic invertivorous species (%)	3	1	3	3	3	1	3
Abundance of <i>Procambarus clarkii</i>	5	5	5	3	1	1	3
Catches per 100 m ² of sampling (%)	3	3	5	5	5	3	5
Individuals with anomalies (%)	5	5	5	3	3	3	5
TOTAL SCORE	32	26	36	22	20	14	32
BIOTIC INTEGRITY	GOOD	WEAK	EXCELENT	WEAK	WEAK	VERY WEAK	GOOD

At this site downstream from Alcafache, the lowest score (1 point) was reached in five of the eight metrics and, concerning the abundance of Louisiana crawfish (Figure 35), it shared the worst classification with the other site upstream from the same place because of the great abundance of this invasive species. This is a worrying case of an apparently uncontrolled population of this predator, which has a high resistance to degraded environments. The three sites of the Dão river also share the worst rankings in the percentage of individuals of native species and bioindicator species (iberian roach or ruivaco).

In addition to Almargem with an “Excellent” BII, another site of the Vouga river showed good quality from the point of view of Biotic Integrity, the site upstream of the Ponte Vouguinha weir, although downstream of this weir, the worst values obtained in the metrics related to the individuals of very tolerant species, the percentage of iberian roach or ruivacos and pelagic invertivorous species, were enough to lower the Biotic Integrity to “Weak”.

Considering the Pavia river, a tributary of the Dão river after crossing the city of Viseu, it is a small water course, with reduced flows during the summer season. It has been recovered in the banks, tributaries, and sources of contamination, and this is the reason why its biological quality has recovered a lot in the last years, having reached the level of “Good” in terms of Biotic Integrity.



Figure 35. Louisiana crawfish (*Procambarus clarkii*) caught downstream from Alcafache.

c) SÃO PEDRO DO SUL

The municipality of São Pedro do Sul was generally quite heterogeneous with respect to the Biotic Integration Index (Table 18). As it happened in Viseu, here we also found places with extreme BII. The great difference in relation to Viseu is that in São Pedro do Sul the great heterogeneity was noticed within the Vouga river, along its course.

In fact, in about 1600 meters of river, between the zone of the power station upstream of the city and the area of Telheiro brook, the Biotic Integrity Index changed from “Excellent” to “Very Weak”. We must mention, however, that the poor quality of the ecosystem from the point of view of biotic integrity at this site improves substantially at the site immediately downstream (downstream of the São Pedro do Sul thermal baths), which has almost the same value of the last point of the county, downstream of the WWTP of São Pedro do Sul (WWTP shared with Vouzela).

Table 18. Biotic Integrity Index in the municipality of São Pedro do Sul.

Metric	Upstr. SPS (electric power station)	Upstr. Lenteiro (Sul river)	Downs. Lenteiro - island (Vouga river)	Downs. Telheiro brook	Downs. thermal baths SPS	Downs. WWTP SPS/ Vouzela
Number of native species (%)	5	5	5	3	5	3
Individuals belonging to native species (%)	5	3	3	1	1	1
Individuals belonging to very tolerant species (%)	3	1	1	1	1	3
Individuals from <i>Squalius alburnoides</i> or <i>Achondrostoma oligolepis</i> species (%)	5	5	5	1	5	5
Individuals from pelagic invertivorous species (%)	3	1	3	1	3	3
Abundance of <i>Procambarus clarkii</i>	5	3	3	1	3	3
Catches per 100 m ² of sampling (%)	5	3	3	1	3	1
Individuals with anomalies (%)	5	5	3	3	3	3
TOTAL SCORE	36	26	26	12	24	22
BIOTIC INTEGRITY	EXCELLENT	WEAK	WEAK	VERY WEAK	WEAK	WEAK

Regarding the two extreme sites of this county (in BII), we can point out that in the zone upstream of the city (power station) we can verify that in six of the eight metrics was reached the maximum score, and the Vouga river still maintains a water speed and dissolved oxygenation, characteristic of a river in its young phase (Figure 36).



Figure 36. Rio Vouga upstream of São Pedro do Sul (power station zone).

When crossing the urban zone, the Vouga river suffers a speed reduction and consequently, a decreasing oxygenation. This is motivated by a small dam and a consequent water mirror created in the zone of the Lenteiro do Rio Park, in the zone of the Sul and Vouga rivers confluence (Figures 37 and 38).



Figure 37. Sul river (Lenteiro do Rio).



Figure 38. Sul and Vouga rivers confluence.

Soon after this point, there is the confluence of a small course of heavily contaminated water on the right bank of the Vouga river, the Telheiro brook. The negative effects of this contamination may be potentiated by the water speed and dissolved oxygen decrease, immediately upstream of the disturbance site. In this

place, it can be verified that in six of the eight metrics of the Biotic Integrity Index, the minimum score was reached. In addition, the look of the river in this zone is very degraded, with organic matter of anthropogenic origin floating next to the margins (Figure 39).



Figure 39. Water aspect on the banks of the Vouga river, downstream of the Telheiro stream.

The only sampling point of the São Pedro do Sul county outside the Vouga River was in the Sul river, where it was also the only place in the county where specimens of Iberian loach (*Cobitis paludica*) were captured. At this site, a large community of big dimension common barbels (*Luciobarbus bocagei*) was visible (Figure 40).



Figure 40. Common barbels (*Luciobarbus bocagei*) in the Sul river (São Pedro do Sul).

d) VOUZELA

Vouzela was one of the two municipalities (such as Oliveira de Frades), where the tributaries of the Vouga river were chosen as sampling points, rather than the main river (Table 19). In this sense, it was expected that the water quality and the biotic integrity of the fish fauna reflected an improvement relative to the municipality of São Pedro do Sul, upstream on the Vouga river, where all the samplings, except for one point in the Sul river, were carried out in the main river, with lower speed, some contamination, higher temperature and lower oxygenation, compared to its tributaries.

Table 19. Biotic Integrity Index in the municipality of Vouzela.

Metric	Upstr. WWTP Fataunços	Downs. WWTP Fataunços	Downs. WWTP Cambra*	Upstr. Cercosa** dam	Downs. Cercosa dam
Number of native species (%)	5	5	5	5	5
Individuals belonging to native species (%)	5	5	5	1	3
Individuals belonging to very tolerant species (%)	1	3	5	1	3
Individuals from <i>Squalius alburnoides</i> or <i>Achondrostoma oligolepis</i> species (%)	1	1	1	3	5
Individuals from pelagic invertivorous species (%)	5	3	3	1	1
Abundance of <i>Procambarus clarkii</i>	5	3	5	5	5
Catches per 100 m ² of sampling (%)	5	1	3	3	3
Individuals with anomalies (%)	5	3	5	3	5
TOTAL SCORE	32	24	32	22	30
BIOTIC INTEGRITY	GOOD	WEAK	GOOD	WEAK	WEAK

* Downstream of the Cambra WWTP (Alfisqueiro river) = river Couto

** Upstream of the Cercosa dam = Downstream of Porto da Várzea (Oliveira de Frades)

In this municipality, some metrics were highlighted, namely the high percentage of native species, which led this parameter to reach the maximum score in all sampling sites.

We can refer two sampling points in this county, due to their “Good” Biotic Integrity Index. These are upstream of the Fataunços WWTP (Figure 41) and

downstream of the Cambra WWTP (Figure 42). Also downstream from the Cercosa dam, the score of 30 points is at the boundary between “Poor” and “Good” Biotic Integrity.

As opposed to what happened in Viseu in the Bridge Vouguinha weir, here in Vouzela, in the Cercosa dam, the reduction of the river speed motivated by the dam, benefited the environment and the Biotic Integrity downstream of it. It was indeed verified higher scores in the metrics: individuals of native species; very tolerant individuals; iberian roach (*Squalius alburnoides*) or ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) and individuals with anomalies.



Figure 41. Upstream of the Fataunços WWTP (Ribamá stream).

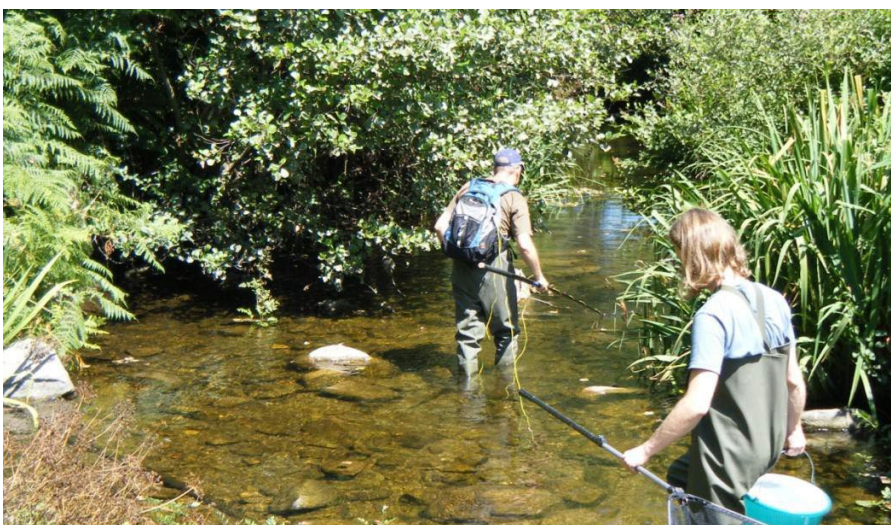


Figure 42. Downstream of the Cambra WWTP (Alfusqueiro river, before the confluence of the Couto river).

e) OLIVEIRA DE FRADES

As what happened in the municipality of Vouzela, sampling points in Oliveira de Frades focused on the tributaries of the Vouga river and, as in that county, we also had two sites of Biotic Integrity Index rated as “Good” and three as “Weak” (Table 20).

Table 20. Biotic Integrity Index in the municipality of Oliveira de Frades.

Metric	Upstr. Cainhas dam	Downs. Cainhas dam	Upstr. Carregal*	Upstr. Destriz**	Downs. Destriz weir
Number of native species (%)	5	5	5	5	5
Individuals belonging to native species (%)	3	3	3	5	1
Individuals belonging to very tolerant species (%)	3	1	3	3	1
Individuals from <i>Squalius alburnoides</i> or <i>Achondrostoma oligolepis</i> species (%)	5	3	5	3	1
Individuals from pelagic invertivorous species (%)	1	1	3	3	1
Abundance of <i>Procambarus clarkii</i>	5	5	5	5	5
Catches per 100 m ² of sampling (%)	1	1	3	3	3
Individuals with anomalies (%)	5	5	5	5	5
TOTAL SCORE	28	24	32	32	22
BIOTIC INTEGRITY	WEAK	WEAK	GOOD	GOOD	WEAK

* Alfusqueiro river, upstream of its tributary, Carregal river

** Upstream of the Destriz dam = Downstream of the tributary Carregal river

Some metrics stood out in this county in the positive way. Regarding the number of native species, the abundance of *Procambarus clarkii* (not detected) and individuals with anomalies (not detected), the county of Oliveira de Frades reached a maximum score of 5 points at all sampling sites.

In this municipality great differences were found between the points upstream and downstream of the Destriz weir (Figures 43 and 44). While the number of native species (as a percentage) was equally “Excellent” on both sides of the weir (upstream and downstream), the number of individuals of these species was so different between the two sides that it led to maximum score (upstream)

and minimum score (downstream). Although there were four native species and one exotic and invasive one, the pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*), the number of specimens per species and corresponding relative frequency at each site showed great differences.



Figure 43. Upstream of the Destriz weir (Alfisqueiro river).

As for pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*), downstream represented 31.6% of catches while upstream was only 7.5%. With the native brown-trout species, the opposite occurred, with 5.3% of the downstream catch and 42.5% upstream, evidencing some antagonism between these two species, also described in other chapters of this study.

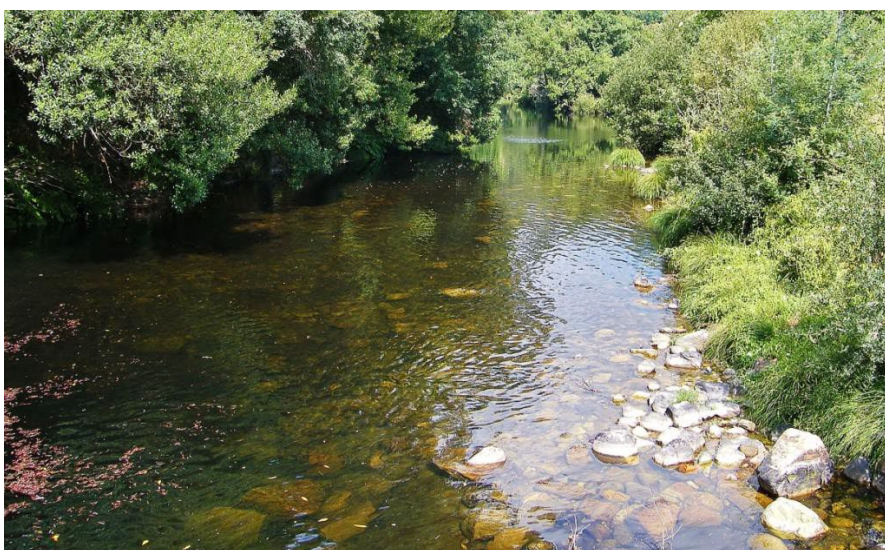


Figure 44. Downstream of the Destriz weir (Alfisqueiro river).

We also did not find any reasonable explanation for the fact that only ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) were detected upstream of this weir with 7.5% of the catches, while in the case of the common barbel (*Luciobarbus bocagei*) we could only find this species downstream, with 10,5% of catches.

Regarding the dam, we can point out in a negative way, with minimum score of the Biotic Integrity Index, the percentage of individuals of pelagic invertivorous species and catches per 100 m² of sampling. In both metrics we can find some explanation for the low levels of dissolved oxygen at these two sites, partly motivated by the low flow recorded.

3. WATER QUALITY

1. WATER QUALITY IN GENERAL

Table 21 shows the mean values of the parameters analysed in the 5 counties under study. Although it is not possible to draw any conclusions from the point of view of biological tolerance to the average analytical values, these values allow us to have a notion of the average water qualitative variation in the sampling points of the 5 counties.

These mean values obviously reflect natural aspects, both of chemical origin, depending on lithological variations of the riverbed, different according to the soil constitution in the different regions, such as those dependent on the average altitude of the county, which influences the air and water temperature.

However, there are municipalities where the degree of human disturbance, more or less intense, markedly influence the average analytical values by municipality. These mainly depend on the urban settlements, industrial zones, or agricultural lands which the river crosses, the functioning of the WWTP, when they exist, and the obstacles like weirs or dams.

Table 21. Mean values of the water physical-chemical parameters in the 5 municipalities.

Parameter	V.N. Paiva	Viseu	S.P. Sul	Vouzela	O. Frades
Temperature (°C)	16,2	17,9	19,9	18,4	18,7
Dissolved Oxygen (mg/L)	9,6	8,9	8,7	9,3	9,1
pH	6,2	6,6	6,7	6,5	6,7
Ammonia compounds (mg/L)					
...Ammonia (NH ₃)	0,03	0,10	0,16	0,12	0,12
...Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,03	0,11	0,18	0,15	0,15
Ca Hardness (°d)	1,54	0,05	0,07	0,70	0,10
Mg hardness (°d)	1,60	0,52	0,57	3,28	4,63
Iron (mg/L Fe)	0,16	0,05	0,05	0,08	0,10
Phosphate (mg/L PO ₄ ³⁻)	1,00	1,23	1,05	1,26	0,41
Phosphorus (mg/L P)	0,90	0,83	1,06	1,40	1,08
Nitrite (mg/L NO ₂ ⁻)	0,03	0,05	0,06	0,06	0,04
Nitrate (mg/L NO ₃ ⁻)	1,00	1,24	3,50	3,36	3,59
Sulfate (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01

The mean value of the water analysis carried out in the municipality of Vila Nova de Paiva are perfectly compatible with the tolerance values for the fish species that live in the local watercourses. This municipality stands out for the lower values in the parameters of temperature (16.2 °C), ammonia compounds (0.03 mg/L) and nitrates (1.00 mg/L), and higher in dissolved oxygen (9.6 mg/L) and calcium hardness (1.54 ° d).

Also, in the municipality of Viseu, the average values are perfectly compatible with the species found and it was the county that registered the lowest values of calcium hardness (0.05 °d), magnesium hardness (0.52 °d) and of phosphorus (0.83 mg/L).

In São Pedro do Sul, the mean results of the water analysis performed are still compatible with the tolerance values for the species that inhabit the rivers of the county. However, it is worth mentioning that it was the municipality where the highest values of temperature (19.9 °C), ammonia compounds (NH₃ 0.16 mg/L, NH₄⁺ 0.18 mg/L) and sulphate (0.03 mg/L). It was also the county where the water dissolved oxygen reached the lowest value (8.7 mg/L).

The municipality of Vouzela showed average values compatible with the species found, but we must point out that the sampling points have been chosen in the tributaries of the Vouga river, which fully justifies the tolerance of more sensitive species, such as salmonids, to the local and mean values registered in this county. However, it was here that the highest values of magnesium hardness (3.28 mg/L), phosphates (1.26 mg/L) and phosphorus (1.40 mg/L) were reached.

The mean values of the water physico-chemical parameters in Oliveira de Frades, although compatible with the species survival, presented the maximum values in magnesium hardness (4.63 mg/L) and nitrates (3.59 mg/L). On the other hand, it was the municipality with lower mean values in phosphate (0.41 mg/L).

4.3.2. WATER QUALITY BY MUNICIPALITY

a) VILA NOVA DE PAIVA

Table 22 shows the values for each sampling point and, of course, the results are more heterogeneous than the average values of the municipality, although this was the county where even the most extreme values did not jeopardize the most sensitive fish species.

Table 22. Water physical-chemical parameters at the sampling points of the municipality of Vila Nova de Paiva (VNP).

Parameter	Azenha + Canal	Upstr. WWTP VNP	Downs. WWTP VNP	Upstr. WWTP Fráguas	Upstr. WWTP Fráguas	Covo*	Upstr. WWTP Lous.
Temperature (°C)	14,2	16,8	17,9	14,8	15,8	14,9	19,3
Dissolv. Oxygen. (mg/L)	9,8	9,6	9,0	10,1	9,5	10,3	8,6
pH	6,8	5,9	6,2	5,5	6,5	6,4	6,0
Ammonia Comp. (mg/L)							
Ammonia (NH ₃)	0,02	0,03	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,03	0,01	0,06	0,03	0,04	0,01	0,03
Ca Hardness (°d)	1,50	1,20	1,60	1,50	1,70	1,50	1,80
Mg hardness (°d)	1,60	1,20	1,70	1,50	1,80	1,40	2,00
Iron (mg/L Fe)	0,24	0,12	0,25	0,16	0,20	0,05	0,10
Phosphate (mg/L PO ₄ ³⁻)	1,00	0,40	1,50	0,80	1,20	0,70	1,40
Phosphorus (mg/L P)	0,80	0,50	0,90	0,70	1,10	0,80	1,50
Nitrite (mg/L NO ₂ ⁻)	0,01	0,02	0,05	0,00	0,03	0,02	0,08
Nitrate (mg/L NO ₃ ⁻)	0,40	0,80	1,00	0,70	1,20	1,40	1,50
Sulfate (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00

* Covo (Entre os Rios) = Vila Cova à Coelheira

Considering all the analysed parameters, we can consider that the sampling sites that showed the best water quality results for fishery purposes were those of Praia da Azenha (= Canal), upstream of VNP WWTP and Covo. Following these three sites that lead water quality in Vila Nova de Paiva from the point of view of the fish fauna, there are still good quality sites downstream of the VNP WWTP, upstream and downstream of the Fráguas WWTP. Finally, with a little less quality, we have the only sampling point of the Vouga river in the Vila Nova de Paiva county, upstream of the WWTP of Lousadela.

b) VISEU

When analysing the individual values of each sampling site (Table 23), we verify that the disparity in some parameters according to the sampling site, does not allow us to draw global conclusions at the county level, since there are sites of excellent water quality, unlike others whose value for fishery purposes falls far short of what is desired.

Table 23. Water physical-chemical parameters at the sampling points of the municipality of Viseu.

Parameter	Upstr. Weir - Vouguinha bridge	Downs. Weir - Vouguinha bridge	Almargem	Downs. WWTP Frago-sela	Upstr. Alcafa-che	Downs. Alcafa-che	Pavia Linear Park
Temperature (°C)	17,0	17,6	15,5	18,8	17,4	19,3	20,0
Diss. Oxyg. (mg/L)	9,7	9,9	10,1	8,2	8,9	7,3	8,1
pH	7,3	7,0	7,5	5,9	6,0	6,6	6,2
Ammonia Comp. (mg/L)							
Ammonia (NH ₃)	0,04	0,04	0,02	0,20	0,10	0,19	0,14
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,05	0,05	0,01	0,24	0,12	0,18	0,15
Ca Hardness (°d)	0,00	0,00	0,00	0,08	0,10	0,10	0,05
Mg hardness (°d)	0,20	0,30	0,10	0,75	0,80	0,90	0,60
Iron (mg/L Fe)	0,04	0,05	0,08	0,04	0,03	0,05	0,09
Phosphate (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,60	1,00	0,40	1,80	1,70	2,10	1,00
Phosphorous (mg/L P)	0,30	0,40	0,20	1,30	1,30	1,80	0,50
Nitrite (mg/L NO ₂ ⁻)	0,01	0,04	0,02	0,09	0,06	0,10	0,03
Nitrate (mg/L NO ₃ ⁻)	0,30	0,80	0,40	2,10	1,60	2,50	1,00
Sulfate (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00

We can consider that the sampling sites where the best water quality results for fish fauna were evident were those of Almargem and upstream of the Vouguinha bridge weir.

Following these two sites that lead water quality in Viseu from the point of view of fish resources, there are still good quality sites downstream of the Vouguinha bridge weir and in the Pavia Linear Park, although in this last point, the various analyses carried out during the year presented very different values, always of worse quality in the months with lower values of precipitation, in which the low flow is clearly a limitation of water quality.

The three remaining sampling sites in the Dão river were the worst quality ones for fishery purposes and were not compatible with sensitive species such as salmonids, which could hardly survive the summer in these high temperature waters and in some situations, low levels of dissolved oxygen. In these three points of the Dão river, and descending from upstream to downstream, it is interesting to verify that the analysed parameters revealed a slight improvement of the values between the downstream point of the Fragosela WWTP and the next one, upstream of Alcafache. Probably there is the joint effect of, on the one hand, a natural auto depuration by the water movement and oxygenation and, on the other, the dilution of some parameters along the river in its downstream path. After passing through the village of Alcafache, the analyses show an aggravation of almost all parameters, with emphasis on the interesting case of temperature.

In the village of Alcafache there is a thermal station of sulphurous and hot waters, whose effluent goes to the Dão river. The water temperature in this effluent reaches 51 °C and, despite its low flow rate and some cooling that occurs between the catchment point and the river discharge site, there may be a slight heating effect of the Dão river water, mainly during summer reduced river flow. In the analyses, the mean values of the upstream and downstream measurements showed a difference of 1.9° C, higher values downstream.

c) SÃO PEDRO DO SUL

Individually, by sampling site, this county shows great differences between the water quality in the sections upstream of the Vouga river (power station) and further downstream (SPS/Vouzela WWTP). This heterogeneity makes this county the "turning point" between an upstream Vouga river with well oxygenated water, fast flow, cold and less polluted water, and a downstream of the county Vouga river, where these parameters change in a remarkable way. When we analyse Table 24, the changes of the physical and chemical water parameters along the county are remarkable, which perfectly justifies the differences found upstream and downstream of the county, both regarding fish fauna (see 4.1.), as well as calculated biotic integrity (see 4.2), also variable along the Vouga river in its course in São Pedro do Sul.

Table 24. Water physical-chemical parameters at the sampling points of the municipality of São Pedro do Sul.

Parameter	Upstr. SPS (electric power station)	Upstr. Lenteiro (Sul river)	Downs. Lenteiro - island (Vouga river)	Downs. Telheiro brook	Downs. thermal baths SPS	Downs. WWTP SPS/ Vouzela
Temperature (°C)	18,5	18,0	18,8	20,6	21,4	22,3
Diss. Oxyg. (mg/L)	10,1	9,7	8,9	6,8	8,5	7,9
pH	6,8	6,0	7,2	7,3	6,2	6,9
Ammonia Comp. (mg/L)						
Ammonia (NH ₃)	0,04	0,08	0,12	0,40	0,16	0,19
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,01	0,03	0,10	0,54	0,22	0,18
Ca Hardness (°d)	0,06	0,02	0,05	0,08	0,08	0,11
Mg hardness (°d)	0,08	0,00	0,12	1,52	0,80	0,90
Iron (mg/L Fe)	0,02	0,11	0,05	0,06	0,03	0,05
Phosphate (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,25	0,34	1,10	3,00	0,52	1,07
Phosphorous (mg/L P)	0,40	0,10	0,70	2,05	1,50	1,60
Nitrite (mg/L NO ₂ ⁻)	0,00	0,02	0,04	0,20	0,05	0,07
Nitrate (mg/L NO ₃ ⁻)	1,80	2,42	2,80	8,40	2,06	3,50
Sulfate (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,00	0,03	0,11	0,00	0,01

As we have seen in the municipality of Viseu, we have also verified that the disparity observed in some parameters, depending on the sampling site, does not allow to conclude globally about the quality of this water for fish life at the

county level, since there are sites of the Vouga river of very good water quality, unlike others whose assessment for fish life is clearly lower.

In São Pedro do Sul, two sites were clearly worthy of excellent water quality. They are the sampling point upstream of the city (near the power station) and the Sul river, before the confluence with Vouga river, upstream of the Lenteiro do Rio. The remaining four sampling points of the municipality, all in the Vouga river, showed worst values of water quality for fish fauna. The differences found in the analysed parameters, between the upstream point of São Pedro do Sul and the next point of the Vouga river (downstream Lenteiro do Rio), already in the urban area, are very evident. These can only mean some negative effect of the water slowing down and less oxygenation, but the influence of the river passage through the city certainly has a detrimental consequence on the water quality. If it is true that the only river that joins the Vouga river between these two points is the Sul river, with excellent water quality at the point of sampling, we have verified, however, that between the sampling site in the Sul river and its confluence point with the Vouga river (about 200 meters downstream), there are some discharges of urban effluents that could be the origin of this type of changes. We can then say that the Sul River is not, in its greater extension, responsible for the Vouga river contamination, but it can be the cause of it by possible discharges very near the point of confluence. In any case, the small flow of the Sul river compared to the Vouga river will always have a minimized effect due to the difference in the water volume but may have contributed to the worst quality of the analysed parameters.

A different case is what happens at the next sampling point, downstream of the Telheiro brook. Here, water quality has proved to be truly problematic for any fish species, at least at the time of our river samplings by electric fishing and water analysis. This site is likely to deserve special attention to minimize serious damage to the river ecosystem, particularly in the summer. The discharges from this stream showed to be too concentrated in chemical and organic contaminants, so that their effect on the Vouga river immediately downstream showed an undeniable turbidity, unpleasant smell, and a clear reduction of the fish fauna there. Fortunately, the Vouga river showed some self-purification capacity downstream of this point, because although the next place already suffers the effect of the of São Pedro do Sul thermal baths, the analytical values

verified are already much better than those verified in the downstream point of the Telheiro brook.

The slight worsening observed in the last most downstream site of the municipality of São Pedro do Sul (downstream of the SPS/Vouzela WWTP), it is understandable that this occurs in relation to a WWTP that works for the two municipalities and because of the samplings in the summer season. With the increase in water temperature and the contaminants higher concentration, due to the reduction of water flow in the summer and greater load on the WWTP, motivated by the population increase in this period, it may be considered the hypothesis to rethink this joint use of this WWTP.

d) VOUZELA

In the case of the municipality of Vouzela, the Vouga river was no longer the target of water analysis, because it is in a medium-low course and the water parameters verified upstream of this county (the most downstream of the municipality of São Pedro do Sul) have shown water quality incompatible with the survival of some more sensitive species such as trout. As we intended to evaluate the effect of water quality and its changes on the survival of more sensitive species, it was decided, together with the Vouzela and Oliveira de Frades municipalities, to carry out this evaluation in the tributaries of the Vouga, which still have the capacity to ensure the survival of these species.

Table 25. Water physical-chemical parameters at the sampling points of the municipality of Vouzela.

Parameter	Upstr. WWTP Fataunços	Downs. WWTP Fataunços	Downs. WWTP Cambra*	Upstr. Cercosa** dam	Downs. Cercosa dam
Temperature (°C)	17,2	18,8	18,6	18,9	18,4
Diss. Oxygen. (mg/L)	10,5	8,7	9,5	8,9	9,1
pH	6,8	7,2	6,6	6,2	5,8
Ammonia Comp. (mg/L)					
Ammonia (NH ₃)	0,06	0,22	0,08	0,12	0,10
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,09	0,26	0,15	0,14	0,12
Ca Hardness (°d)	0,41	0,89	0,53	0,77	0,90
Mg hardness (°d)	3,38	4,72	2,45	2,85	3,00
Iron (mg/L Fe)	0,08	0,11	0,09	0,06	0,06
Phosphate (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,82	1,78	0,95	1,35	1,40
Phosphorous (mg/L P)	0,39	0,71	0,74	2,50	2,66
Nitrite (mg/L NO ₂ ⁻)	0,02	0,12	0,04	0,07	0,05
Nitrate (mg/L NO ₃ ⁻)	2,45	4,85	2,82	3,10	3,58
Sulfate (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01

* Downstream of the Cambra WWTP (Alfisqueiro river) = Couto river

** Upstream of the Cercosa dam = Downstream of Porto da Várzea (Oliveira de Frades)

When analysing the results of the individual analyses carried out at each point (Table 25), we find some heterogeneous values, considering some points of anthropogenic disturbance such as WWTPs or dams. However, there was not as much disparity here as in the previous municipality of São Pedro do Sul. This is clearly due to the water courses analysed in Vouzela, all outside the Vouga river, namely in some of its tributaries, with similar water characteristics among

them, unlike in S. Pedro do Sul, where almost all the sampled sites extended along the Vouga river, with the consequent progressive degradation of water quality for fish life purposes from upstream to downstream.

Regarding the individual points, we can say that there were no differences as marked as it happened in other counties. The two best sampling sites for water analysis for fish life purposes were upstream of the Fataunços WWTP and downstream of the Cambra WWTP. Both upstream and downstream of the Cercosa dam, the values obtained are quite acceptable except for phosphorus, which showed much higher values than the other sampling points. An explanatory hypothesis for this may be the occurrence of heavy rain that occurred in the days prior to the sampling moments, which may have dragged residual fertilization rich in that mineral, from the adjacent agricultural land to the river. This did not occur in control analyses carried out about one month later. Downstream of the Fataunços WWTP, the values recorded were the worst of all sampled in the municipality of Vouzela, but did not reach levels of concern, as has happened elsewhere in other counties, where the life of the most sensitive fish species is seriously compromised. This fact is evidenced by the capture of some brown trout in this place that, despite having fluvial continuity, did not move downstream in search of better water quality.

e) OLIVEIRA DE FRADES

As already mentioned in the previous municipality of Vouzela, also in Oliveira de Frades, there were no samplings in the Vouga river, but in its tributaries of the left bank. This decision had the agreement of both the technical team of this study and the municipality, since the degree of disturbance of the Vouga river in this county is too important to merit any monitoring of the water quality and fish fauna.

The main reasons for this decision have already been mentioned above, the large Ribeiradio dam, responsible for very significant changes in water quality and the ecosystems that depend on it, making any recommendations for planning, requalification, or habitat preservation fruitless in the context of this work. Secondly, as in the municipality of Vouzela, the Vouga river in the area of influence of this county is already in a medium-low phase of its course, so the combination of physical, chemical and biological parameters does not allow the survival of the most sensitive species that, in this way, are limited to their tributaries, as is the case of brown trout, so the decision was made to choose these tributaries as sampling points.

When analysing the individual values of each sampling site in the municipality of Oliveira de Frades (Table 26), we can verify that, although there is a situation that deserves some concern in the Alfusqueiro river, there is no great disparity between the values sampled at each site. Thus, the values were somewhat different, but were nowhere considered to be hazardous to the more sensitive species inhabiting them, namely the brown trout.

In both discontinuities considered, Cainhas dam and Destriz weir, there was a higher temperature and lower dissolved oxygen upstream of these sites, which was to be expected due to the slowing effect of the water before its downstream fall. It is necessary to consider the difficulty that some fish of potamodromous species can feel in their migrations along these small rivers, facing this type of physical discontinuities like weirs or dams. In the case of the Destriz weir, we were informed by Parish members of the council present at the site, that in the winter, during high rainfall, the flow and the river level are so high that the weir wall is not a real obstacle for the fish, being transposed with ease once the

water passes abundantly over it. On the contrary, at the other times of the year, the problem of river discontinuity is a reality.

Table 26. Water physical-chemical parameters at the sampling points of the municipality of Oliveira de Frades.

Parameter	Upstr. Cainhas dam	Downs. Cainhas dam	Upstr. Carregal*	Upstr. Destriz**	Downs. Destriz weir
Temperature (°C)	19,8	19,4	17,6	18,5	18,4
Diss. Oxygen. (mg/L)	8,1	8,8	9,8	9,0	10,0
pH	6,5	6,3	7,0	6,9	7,0
Ammonia Comp. (mg/L)					
Ammonia (NH ₃)	0,14	0,13	0,12	0,10	0,12
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,15	0,21	0,14	0,10	0,13
Ca Hardness (°d)	0,08	0,09	0,12	0,10	0,11
Mg hardness (°d)	3,94	3,66	5,12	5,78	5,60
Iron (mg/L Fe)	0,08	0,10	0,09	0,11	0,12
Phosphate (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,39	0,38	0,47	0,33	0,49
Phosphorous (mg/L P)	0,60	0,40	1,00	1,60	1,80
Nitrite (mg/L NO ₂ ⁻)	0,02	0,01	0,04	0,09	0,06
Nitrate (mg/L NO ₃ ⁻)	3,38	3,80	3,81	3,13	3,82
Sulfate (mg/L SO ₄ ²⁻)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01

* Alfusqueiro river, upstream of its tributary, Carregal river

** Upstream of the Destriz weir = Downstream of the tributary Carregal river

Already in the Cainhas dam, the situation is more serious, functioning this like permanent barrier to the migrations. Although there is no fish ladder, which is not very understandable, especially in salmonid waters, we can say that in this case the construction of fish ladders may not solve what we consider the main problem of this dam. In our opinion, the maintenance of the ecological flow in the Alfusqueiro river will not be properly taken care of permanently. The water extraction in the summer season for irrigation purposes is clearly endangering the river ecosystem in this area, and correction measures are proposed in section 4.5.

4.4. EFFECT OF WATER QUALITY ON THE FISH FAUNA DISTRIBUTION

We are convinced that the presence of a species in a particular location is not always related to water quality, at least in the most resistant species, also depending on factors such as potamodromous migrations, food shortage or abundance in a certain place, the presence of predators or other disturbing factors such as noise, human presence, animals or vehicles nearby. However, is well known the effect of water quality on the presence or absence of more sensitive species to such limiting parameters as temperature or dissolved oxygen.

Next, the results of applying Canonical Correspondence Analysis (CCA) to the previous data on fish fauna distribution and water quality are presented and discussed.

4.4.1. CANONICAL CORRESPONDENCE ANALYSIS IN GENERAL

Initially, we attempted to evaluate the effect of all environmental parameters on the distribution of all species at all sampling sites in a single CCA that could include all environmental effects simultaneously (Figure 45). As expected, the almost overlapping of some vectors and the decrease of their magnitude relative to the total distance of some points of species and local, relative to the origin, shows that the overlap of correlations between parameters is indicative of the reduction pertinence of the number of environmental parameters to clarify the interpretation of the results.

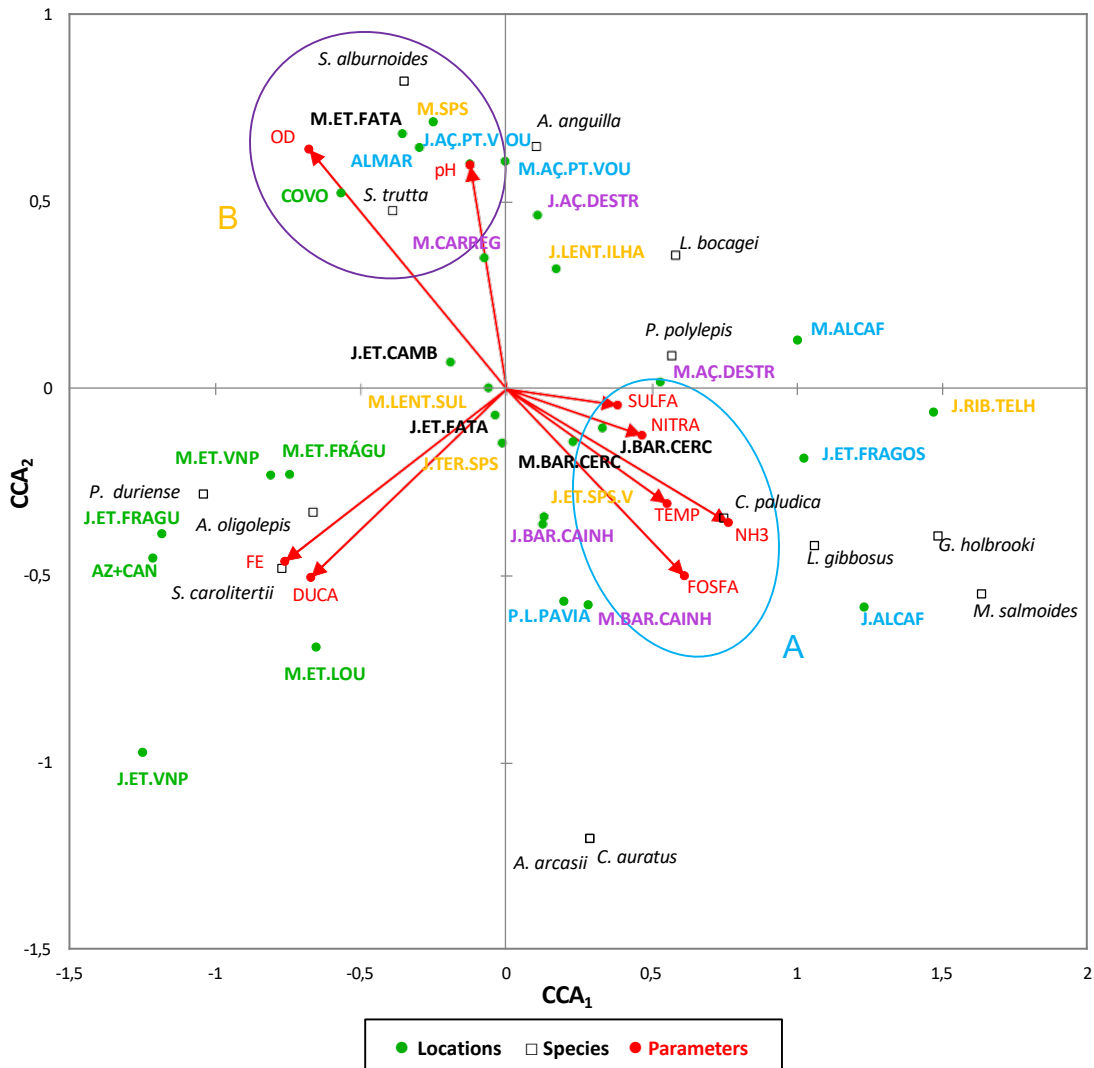


Figure 46. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to 9 main environmental parameters in the 5 counties.

Regarding the water physicochemical parameters, it is worth noting the sharing of the same graph area (A) between the high-water temperature and the parameters most coincident with anthropogenic contaminations, such as sulphates, nitrates, phosphates and ammoniac compounds such as ammonia. In fact, it is in the lower altitude zones that the slower river courses are located, with warmer water and, simultaneously, with greater contributions of contaminants of urban or other effluents. In contrast to these parameters, we find, in the opposite zone of graph (B), dissolved oxygen and pH, whose negative prolongations coincide with the vectors of those six parameters of poor water quality, located in the lower zones.

The parameters iron and calcium hardness are clearly outside this axis (A-B), apparently in no way related to the previous parameters, but quite positively correlated with each other. This aspect is surprising at first sight by the fact that the more ferrous waters are predominantly granitic in this region, which does not explain, the proximity with the calcium hardness vector, characteristic of more limestone waters. However, if we verify the absolute values of this hardness, we can conclude that, although they are among the highest in the study, they are quite low in global terms, because there are no truly hard waters (calcareous) throughout the region.

In terms of species, we can easily find some general trends. For example, the association of geographic and environmental proximity between *Squalius alburnoides* (iberian roach) and *Salmo trutta* (brown trout) is evident, corresponding, in terms of proximity of environmental vectors, to their appearing in regions with high dissolved oxygen content and also high pH values. In contrast, in terms of the temperature vectors and other parameters associated with the water contamination, such as sulphates, nitrates, phosphates or ammonia, trout and roach clearly occupy an area opposite to these parameters (B), so that their appearance will be negatively correlated with them.

It is precisely in the graphic area of the high temperatures (A) and contamination parameters that we can find the exotic species of this study, *Carassius auratus* (goldfish), *Gambusia holbrooki* (gambusia), *Lepomis gibbosus* (pumpkinseed) and *Micropterus salmoides* (largemouth bass), although we can also see two local species in these more degraded regions, namely *Achondrostoma arcasii* (panjorca) and *Cobitis paludica* (iberian roach).

Regarding the sites, the distribution across the four quadrants of the CCA graphics was a reality in all municipalities, showing some interesting habitats diversity in each county. It is only in the case of Vila Nova de Paiva that almost all location points (except for Covo) were in the same quadrant, very positively correlated with the high iron content and high calcium hardness.

We will now analyse the relationships between the water parameters and the species geographical distribution, separately in each municipality. To clarify the interpretation, the water parameters were divided into three groups for each municipality. In a first order group of CCA, we have the water temperature

(TEMP) dissolved oxygen (OD) and pH (pH). In a second graphic we have the parameters of iron (FE), calcium hardness (DUCA) and ammonia (NH₃). Finally, in a third and last graphic order of CCA, the parameters of phosphates (FOSFA), nitrates (NITRA) and sulphates (SULFA) were included. These were the distributions and parameter groupings whose CCA results were more conclusive and independent of each other, in relation to the species distribution by the different sampling points in each county.

4.4.2. CANONICAL CORRESPONDENCE ANALYSIS BY MUNICIPALITY

a) VILA NOVA DE PAIVA

In relation to the parameters water temperature, dissolved oxygen, and pH, the CCA ordering graphic in Vila Nova de Paiva (Figure 47) clearly shows a distribution of most species in the upper plot area (5 out of 6 species), with exception for *A. oligolepis* (ruivaco), whose distribution is positively correlated with higher pH and dissolved oxygen.

Here, 3 out of 6 species, *S. trutta* (brown trout), *P. polylepis* (iberian nase) and *S. carolitertii* (chub) appear in a marked proximity association (A) with 4 locations, 3 of them in Paiva river (upstream and downstream of the VN Paiva WWTP and Covo) and 1 in the Vouga river (upstream of Lousadela WWTP).

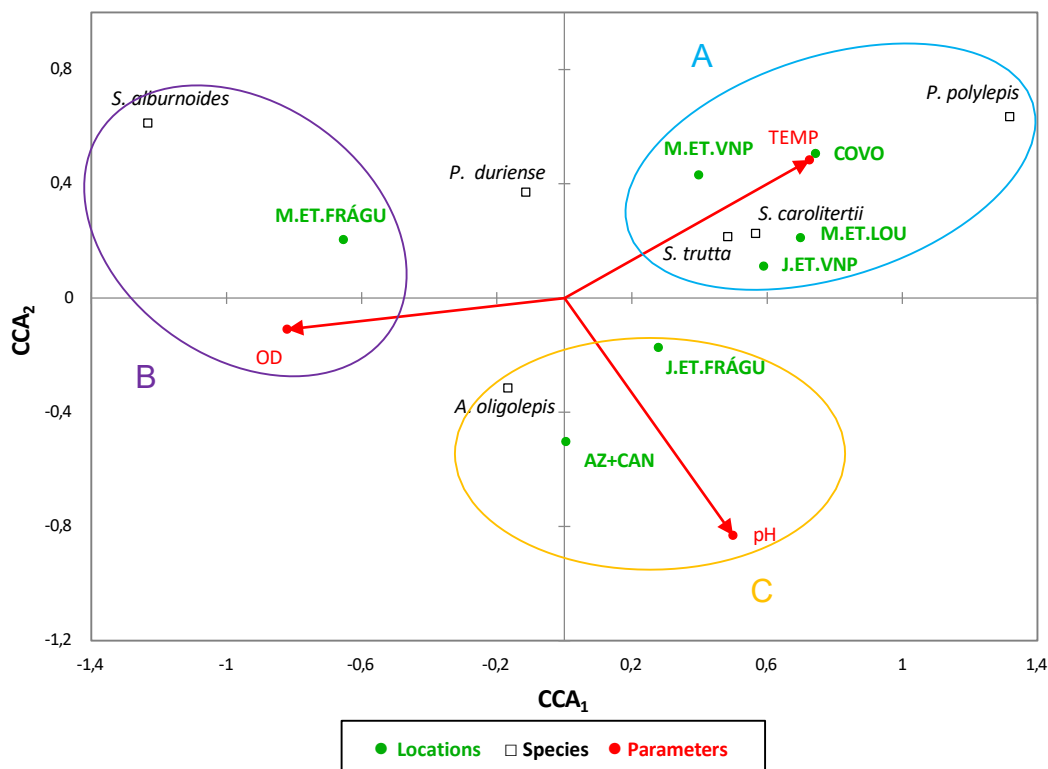


Figure 47. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in Vila Nova de Paiva, at the sampling points: Azenha+Canal (AZ+CAN), Upstream WWTP VNP (M.ET.VNP), Downstream WWTP VNP (J.ET.VNP), Upstream WWTP Fráguas (M.ET.FRÁGU), Downstream WWTP Fráguas (J.ET.FRÁGU), Covo (COVO) and Upstream WWTP Lousadela (M.ET.LOU).

Approaching now the parameters of water quality, the graphical agglomeration of species and locations referred to in the previous paragraph, has associated a positive correlation with the temperature. In a more primary approach, it would seem strange to find species like brown trout associated with high temperatures. However, what happens in this county in relation to this parameter, is atypical and different from the reality of the other 4 municipalities. In fact, the temperature variations in Vila Nova de Paiva are slight, and all values are within what can be considered cold waters, perfectly suitable to the survival and thermal comfort of the trout. Thus, within such a favourable temperature range we naturally find more trout specimens where the temperature is higher, since even the high values are perfectly tolerable by this species and with the advantage of being more productive and abundant in natural food, so more desired by this predatory species.

Because of temperature, but inversely correlated with it, almost always appears dissolved oxygen because, as is generally known, dissolved oxygen is inversely correlated with the higher temperature. Once again this happens in this county with the two vectors in practically inverted positions. Since trout appear in this county more often associated with higher temperatures, they also, and therefore, find themselves more rarely in places with greater amounts of water dissolved oxygen, which is also strange if it is evaluated forgetting the mountainous reality of this county.

In relation to the dissolved oxygen and pH parameters, the most positively correlated sampling point with dissolved oxygen is located Upstream of the Fráguas WWTP (B), which is also the most abundant site of *S. alburnoides* (iberian roach). In terms of pH, a graphical relationship of proximity (C) can be found between higher values of pH (although always lower than 7) and the locations Downstream of the Fráguas WWTP and Azenha+Canal. *A. oligolepis* (ruivaco) is associated to these locations with some relative abundance.

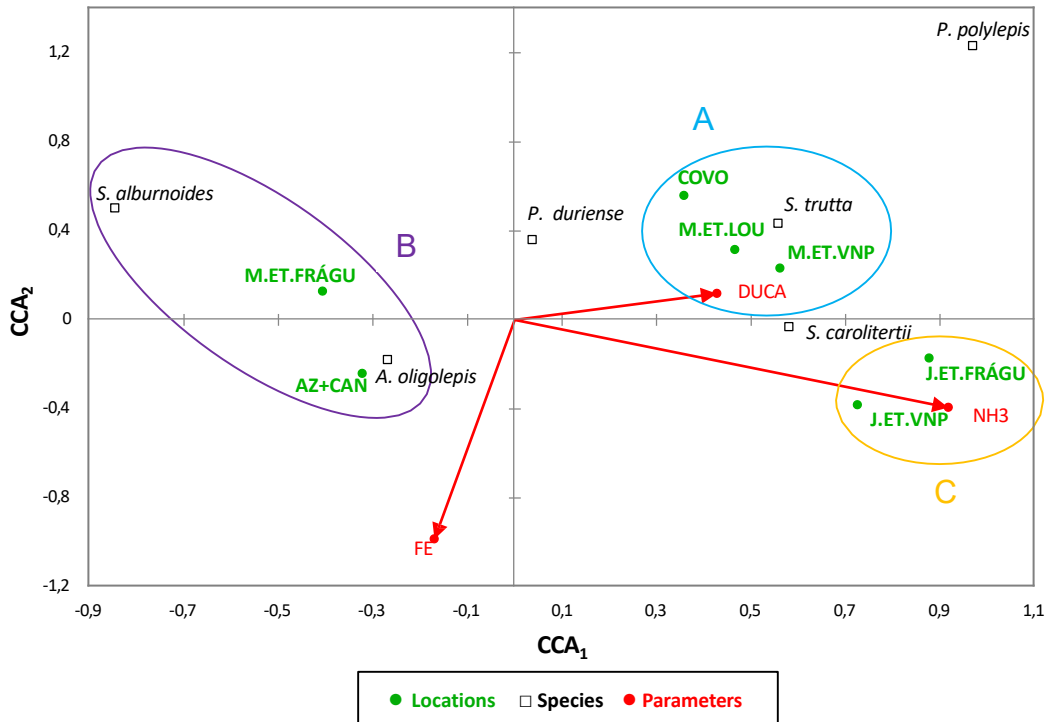


Figure 48. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH₃) and iron (FE) in Vila Nova de Paiva, at the sampling points: Azenha+Canal (AZ+CAN), Upstream WWTP VNP (M.ET.VNP), Downstream WWTP VNP (J.ET.VNP), Upstream WWTP Fráguas (M.ET.FRÁGU), Downstream WWTP Fráguas (J.ET.FRÁGU), Covo (COVO) and Upstream WWTP Lousadela (M.ET.LOU).

In relation to calcium hardness, ammonia and iron, the chart of the CCA in Vila Nova de Paiva (Figure 48) reveals a graphical proximity of *S. trutta* (trout) in Vila Nova de Paiva WWTP, Upstream of Lousadela and Covo WWTP, and was more abundant in these sites than the other species identified there (A). In a more secondary way with respect to the trout specimens found, we can also verify some proximity to this nucleus (A) with respect to the species *S. carolitertii* (chub), *P. polylepis* (iberian nase) and *P. duriense* (boga do norte).

It is clear in this case that these locations and the species that are abundant are associated with higher values of calcium hardness and ammoniacal compounds and are negatively correlated with higher iron values.

We can also notice that there is an association (B) between the locations upstream of the Fráguas WWTP and Azenha+Canal and linked to them by a relation of greater relative abundance, the species *S. alburnoides* (iberian roach) and *A. oligolepis* (ruivaco). Unlike the previous grouping (A), in these locations

and corresponding species, there is a positive correlation with the iron content and negative with the calcium hardness and the ammoniacal compounds.

It was also clear that the sites where these ammoniacal compounds were most concentrated in the samplings and analyses were the Downstream points of the Fráguas and Vila Nova de Paiva WWTPs (C). Despite this, the maximum values of this parameter were still reduced, reason why it was possible to find species as sensitive as trout in these places.

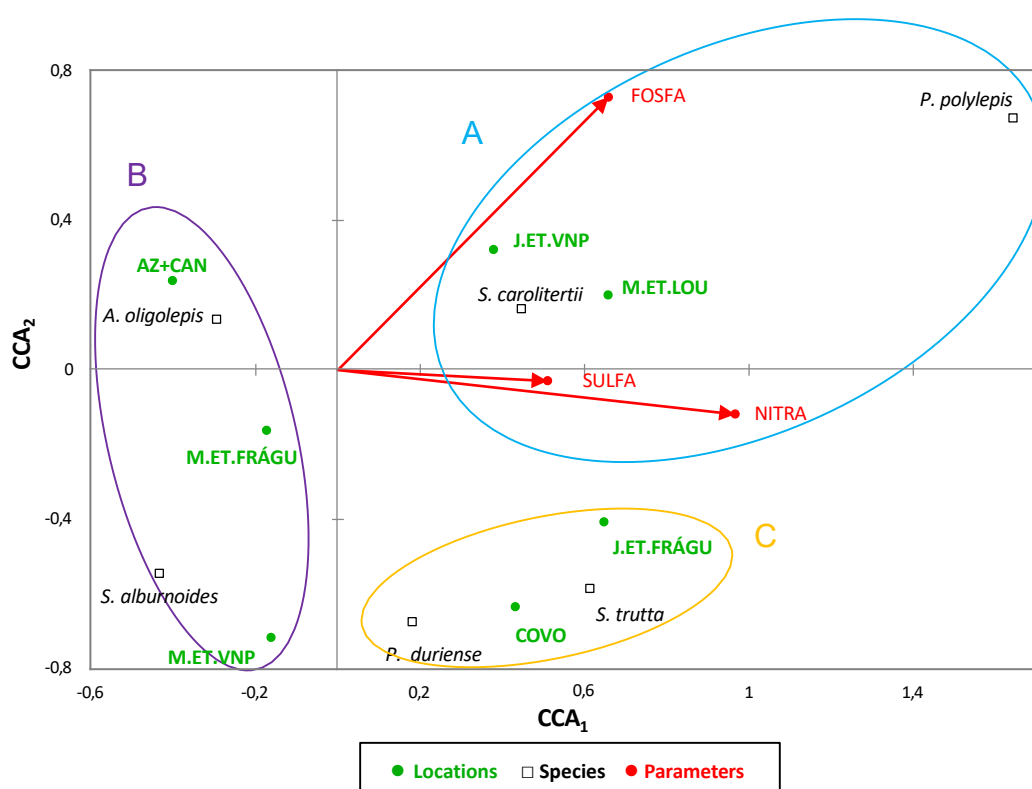


Figure 49. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters of phosphates (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA), in Vila Nova de Paiva, at the sampling points: Azenha+Canal (AZ+CAN), Upstream WWTP VNP (M.ET.VNP), Downstream WWTP VNP (J.ET.VNP), Upstream WWTP Fráguas (M.ET.FRÁGU), Downstream WWTP Fráguas (J.ET.FRÁGU), Covo (COVO) and Upstream WWTP Lousadela (M.ET.LOU).

Regarding phosphate, sulphate, and nitrate parameters, the chart of the CCA in Vila Nova de Paiva (Figure 49) shows a clustering between the relative frequency of the species *S. carolitertii* (chub) and *P. polylepis* (iberian nase) with the locations Downstream of the Vila Nova de Paiva WWTP and Upstream of the Lousadela WWTP (A).

The great graphic distance of the *P. polylepis* (iberian nase) relative to these two locations is due only to a greater positive correlation of the relative distribution of this species with the three parameters of water quality, that promote a greater distance from the species point to the graphic periphery.

In contrast to the phosphate, sulphate, and nitrate vectors (negatively correlated with the high concentrations of these parameters), we can find the locations Upstream of the Fráguas and Vila Nova de Paiva WWTPs, as well as the Azenha+Canal zone (B). Associated with these locations, we have the frequent appearance of *A. oligolepis* (ruivaco) and *S. alburnoides* (iberian roach).

We can also find a small grouping (C) between two points, Downstream of the Fráguas WWTP and Covo, and two species, *P. duriense* (boga do norte) and *S. trutta* (brown trout). The frequent occurrence of these species at these locations can no longer be justified, as in cluster B, by the negative correlation with the three concerned water parameters in this graph, since the sites and species of C are already in a graphic zone whose perpendiculars find the positive vector portion of sulphate and nitrate in all of them, but also of sulphate in the case of trout and the site Downstream of the Fráguas WWTP.

b) VISEU

As for the parameters water temperature, dissolved oxygen and pH, the CCA ordering graphic in Viseu (Figure 50) clearly shows us a bipolar distribution.

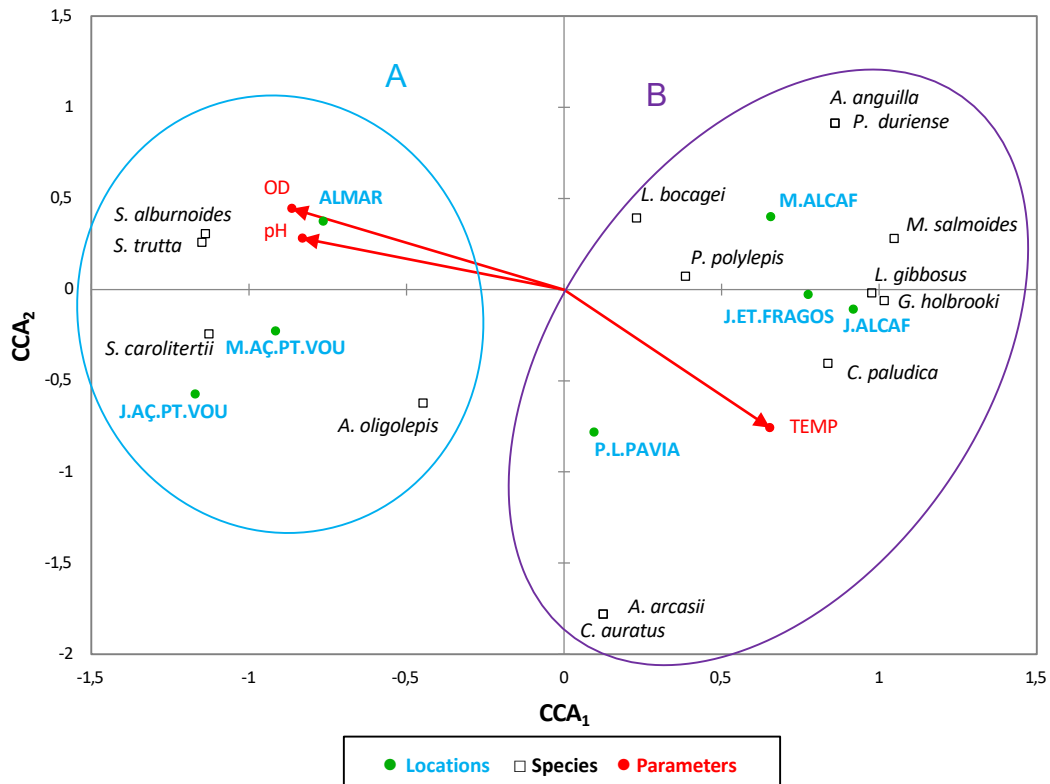


Figure 50. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH parameters in Viseu, at the sampling points: Upstream Weir-Vouguinha bridge (M.AÇ.PT.VOU), Down-stream Weir-Vouguinha bridge (J.AÇ.PT.VOU), Almargem (ALMAR), Downstream WWTP Fragosela (J.ET.FRAGOS), Upstream Alcafache (M.ALCAF), Downstream Alcafache (J.ALCAF) and Pavia Linear Park (P.L.PAVIA).

On the one hand we have three positively correlated sites with high values of dissolved oxygen and pH and negatively with temperature. All these places are in the Vouga river namely Almargem, Upstream and Downstream of the bridge Vouguinha weir (A). In these places, species such as *S. alburnoides* (iberian roach), *S. trutta* (brown trout), *S. carolitertii* (chub) or *A. oligolepis* (ruivaco) are abundant. On the other hand, we have the sites and species with affinity for the highest temperature and negatively correlated with the high values of dissolved oxygen and pH (B). Thus, in this case, we have the sampling sites of Pavia (Pavia Linear Park) and Dão (Downstream of the Fragosela WWTP, Upstream and Downstream of Alcafache), matching with warmer water, confirmed by the fact that all of them have their perpendicular in positive portion of the temperature

vector. It is also in these locations that we find the most resistant species to low levels of dissolved oxygen and pH.

Regarding the graphic related to the calcium hardness, ammonia, and iron parameters, the CCA ordering chart in Viseu (Figure 51) can be classified as a distribution with some polarity.

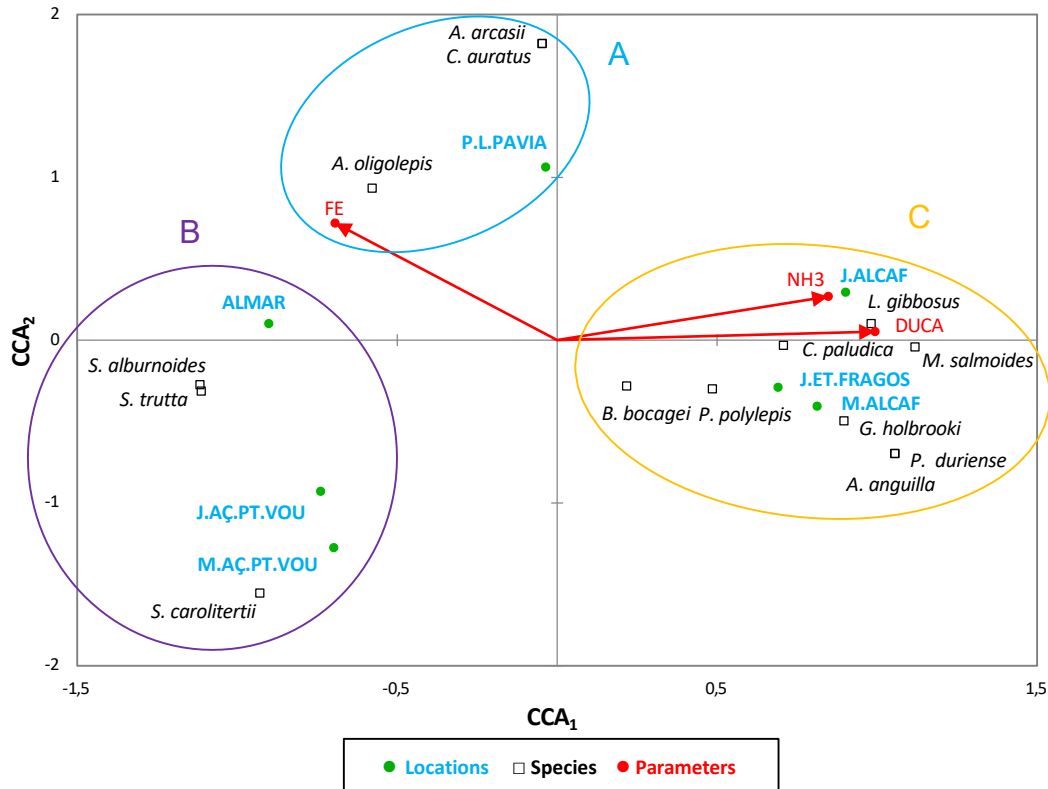


Figure 51. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH₃) and iron (FE) in Viseu, at the sampling points: Upstream Weir-Vouguinha bridge (M.AÇ.PT.VOU), Down-stream Weir-Vouguinha bridge (J.AÇ.PT.VOU), Almargem (ALMAR), Downstream WWTP Fragosela (J.ET.FRAGOS), Upstream Alcafache (M.ALCAF), Downstream Alcafache (J.ALCAF) and Pavia Linear Park (P.L.PAVIA).

In this case, if we group all the locations and species positively correlated with the iron concentration, we have two groups represented by the letters A and B, as opposed to group C, where there is a great concentration of locations and species positively correlated with the high values of ammonia and calcium hardness parameters. While in Figure 50 we evaluated the effect of temperature versus dissolved oxygen and pH and we verified that the Pavia and Dão river locations could be grouped by the high temperature (A), when we introduced in this case differentiating factors as iron concentration (Figure 51), we can clearly see that the location Pavia Linear Park deviates from the points of the Dão river,

because of the high values of iron concentration in that site, unlike what happens in the Dão river.

The species that were only practically found in the Pavia Linear Park, namely *A. arcasii* (panjorca) and *C. auratus* (goldfish), caused the separation of this group A in relation to group C where these species do not exist, but they were also responsible for the separation from this point of location in relation to the points of the Vouga river, although both (A and B) are positively correlated with the high iron concentration.

In relation to phosphates, sulphates and nitrates, the ordering chart of the CCA in Viseu (Figure 52) also shows a clear bipolarity.

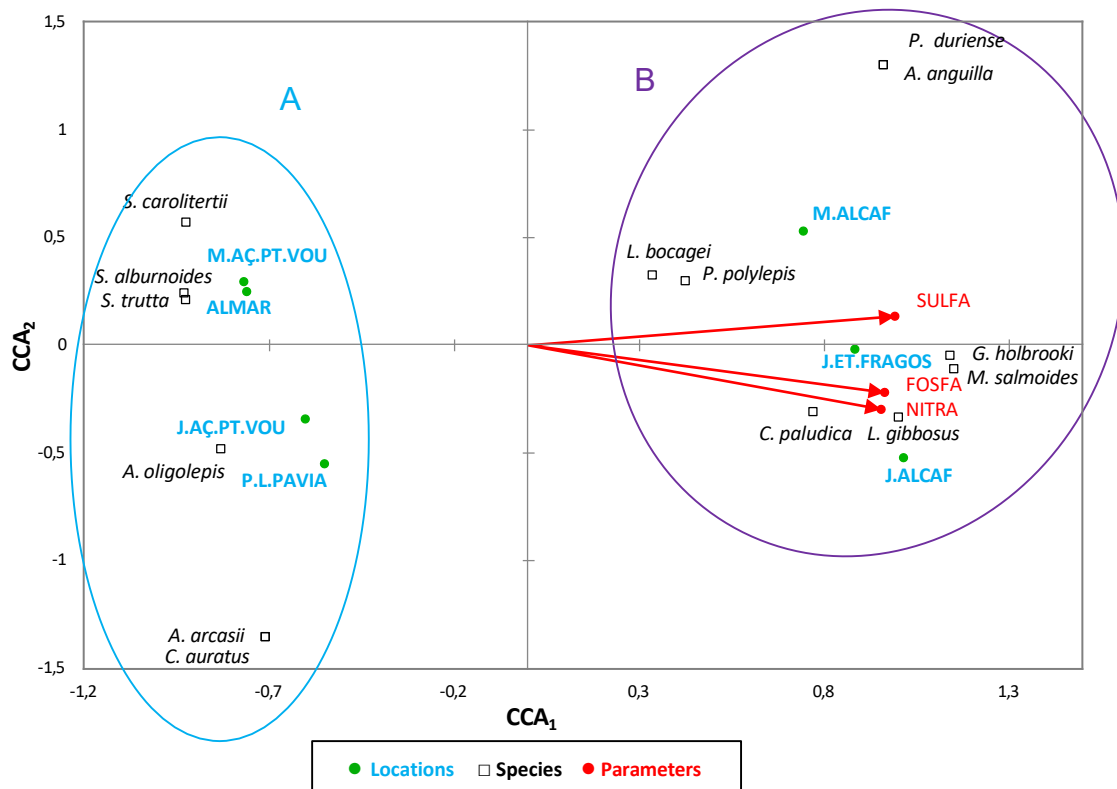


Figure 52. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters phosphates (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in Viseu, at the sampling points: Upstream Weir-Vouguinha bridge (M.AÇ.PT.VOU), Downstream Weir-Vouguinha bridge (J.AÇ.PT.VOU), Almargem (ALMAR), Downstream WWTP Fragosela (J.ET.FRAGOS), Upstream Alcafache (M.ALCAF), Downstream Alcafache (J.ALCAF) and Pavia Linear Park (P.L.PAVIA).

On the one hand, we have the locations with less phosphate, sulphate and nitrate concentration, which clusters the Vouga and Pavia rivers and, therefore, their position on the CCA graphic clearly stays in the zone of the negative extension of the vectors of those undesirable parameters, negatively correlated with them (A). In this group we find species fragile to pollution as *S. trutta* (brown trout) or *S. carolitertii* (chub) or others that commonly inhabit the same ecosystems and are even their prey by the small average size they reach, as is the case of *S. alburnoides* (Iberian roach) or *A. oligolepis* (ruivaco). But we can also see *A. arcasii* (panjorca) or even the resistant and exotic *C. auratus* (goldfish), which we only find in this group because of its frequency in the Pavia Linear Park.

On the other hand, and in perfect opposition to this group A, we have a group B, where we can see all the locations of the Dão river, strongly correlated with the high concentrations in phosphates, sulphates and nitrates, where the most resistant species predominate and, in some cases, in great predominance, as is the case of the exotic and invasive *L. gibbosus* (pumpkinseed).

c) SÃO PEDRO DO SUL

In relation to the parameters water temperature, dissolved oxygen and pH, the ordering graphic of the CCA in São Pedro do Sul (Figure 53) is also evident, although with less polarity than in the previous municipalities, an opposite distribution between the locations and species with positive correlation with dissolved oxygen and lower temperatures (A) and others with higher affinity for high temperatures and low levels of dissolved oxygen (B).

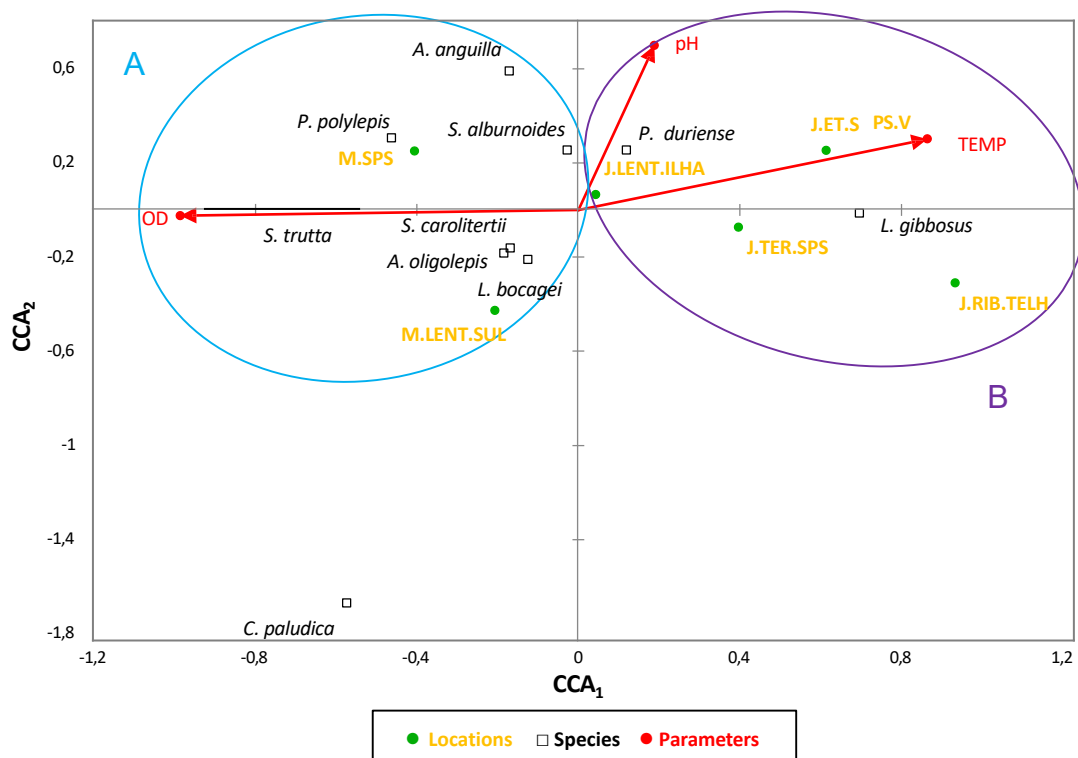


Figure 53. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in São Pedro do Sul, at the sampling points: Upstream SPS (M.SPS), Upstream Lenteiro (M.LENT.SUL), Downstream Lenteiro-island (J.LENT.ILHA), Downstream Telheiro brook (J.RIB.TELH), Downstream thermal baths SPS (J.TER.SPS), Downstream WWTP SPS/Vouzela (J.ET.SPS.V).

Thus, associated to cluster A and positively correlated with high levels of dissolved oxygen, we have seven species, of which we can highlight *S. trutta* (brown trout), and two locations, Upstream of the S. Pedro do Sul and Upstream of the Lenteiro (Sul River). In this municipality, the species *C. paludica* (Iberian loach) was only found in the Sul River, as already been described in section 4.1,

so it appears graphically away from other species and of the Sul River (Upstream of the Lenteiro).

Concerning group B, several sites in this municipality, all on the Vouga river, are correlated with the high temperature. Here we can highlight the point downstream of the Telheiro brook. In this place, the level of disturbance already mentioned in other chapters was responsible for the low number of specimens and species, predominating the exotic and invasive *L. gibbosus* (pumpkinseed). Also associated with higher temperatures and inversely proportional to the dissolved oxygen, we can refer to, in descending order of this relation, the downstream sites of the São Pedro do Sul / Vouzela WWTP, the downstream of the São Pedro do Sul Thermal Baths and Downstream of Lenteiro (island).

Regarding pH, although more positively correlated with temperature and, therefore, included in cluster B, this vector appears in a nearly intermediate position between the other two parameters, so it is not direct to its relationship with any of them, as well as with locations or species. The exception to this is the negative correlation between pH and the appearance of *C. paludica* (Iberian loach), since the Sul river has the lowest pH value of the whole municipality (6.0) and is the only one where this species was collected, an aspect that motivated the displacement of the species point to the negative extension of the pH vector (negative correlation with that parameter).

Regarding the calcium hardness, ammonia, and iron graphic, the CCA graphic in São Pedro do Sul (Figure 54) can be read as a distribution with some polarity, but this is more marked in relation to the distribution graphics of locations and species relative to ammonia and calcium hardness vectors.

Thus, we have two locations, the Upstream of the São Pedro do Sul and the Upstream of the Lenteiro (Sul river), and seven out of ten species sampled in the municipality that are grouped in this CCA graphic in an opposite way to the ammonia and calcium hardness vectors (A). So, we can say that they are negatively correlated with these environmental parameters. *S. trutta* (brown trout) is clearly visible in this group in an opposite position to the ammonia vector, probably showing its greater intolerance to the nitrogen compounds compared to other species.

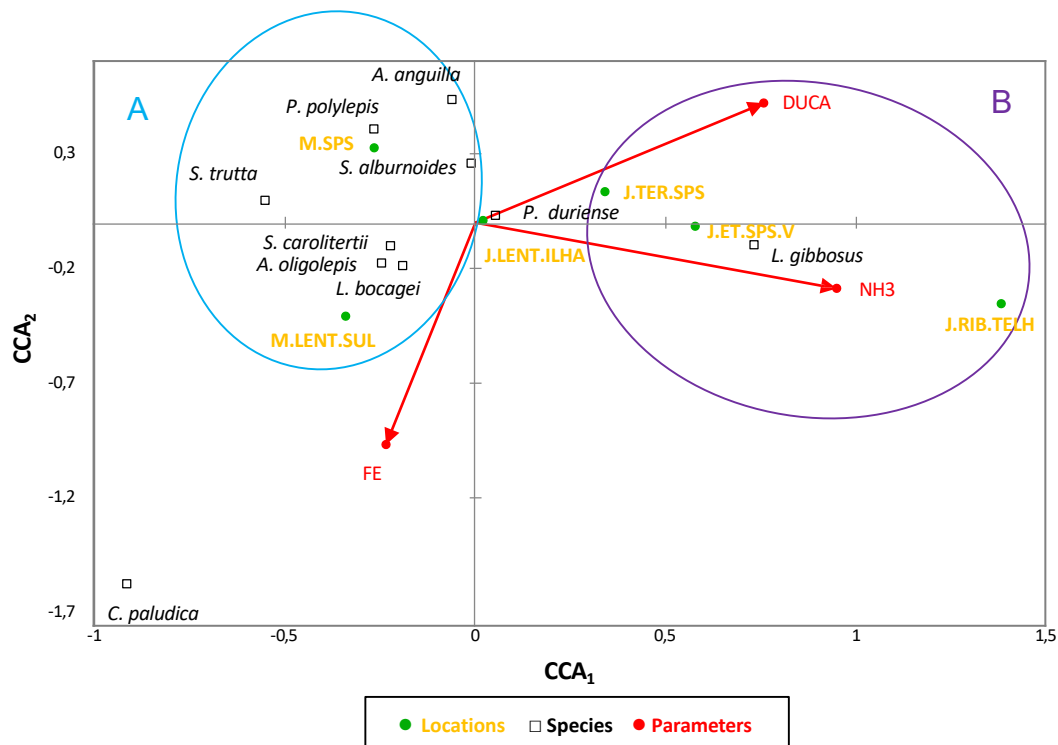


Figure 54. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters of calcium hardness (DUCA), ammonia (NH₃) and iron (FE) in São Pedro do Sul, at the sampling points: Upstream SPS (M.SPS), Upstream Lenteiro (M.LENT.SUL), Downstream Lenteiro-island (J.LENT.ILHA), Downstream Telheiro brook (J.RIB.TELH), Downstream thermal baths SPS (J.TER.SPS), Downstream WWTP SPS/Vouzela (J.ET.SPS.V).

Concerning group B, the three sites most positively correlated with ammonia and calcium hardness are, in descending order of correlation with this parameter, the site Downstream of the Telheiro brook, the Downstream of the S. Pedro do Sul / Vouzela WWTP, and the Downstream of the S. Pedro do Sul thermal baths. We had already noticed the low levels of dissolved oxygen and high water temperature downstream of the Telheiro brook seen in figure 63, and now we can add the high ammonia values, which explains the prevalence of species such as the resistant *L. gibbosus* (pumpkinseed) and the absence of the sensitive *S. trutta* (brown trout).

Regarding iron, only one site showed values well above the normally low iron values of this municipality, it was the sampling point at Upstream of the Lenteiro (Sul river), with 0.11 mg/L. Consequently, the species *C. paludica* (Iberian loach), which was only identified at this location in S. Pedro do Sul, was positioned so

that it can be said to be positively correlated with the iron parameter and that the nearest sampling point in the graphic is that Upstream of the Lenteiro (Sul river).

In relation to phosphates, sulphates, and nitrates, the AAC graphic in São Pedro do Sul (Figure 55) shows a clear bipolarity of locations and species and a grouping trend, in the same direction of these parameters of water quality.

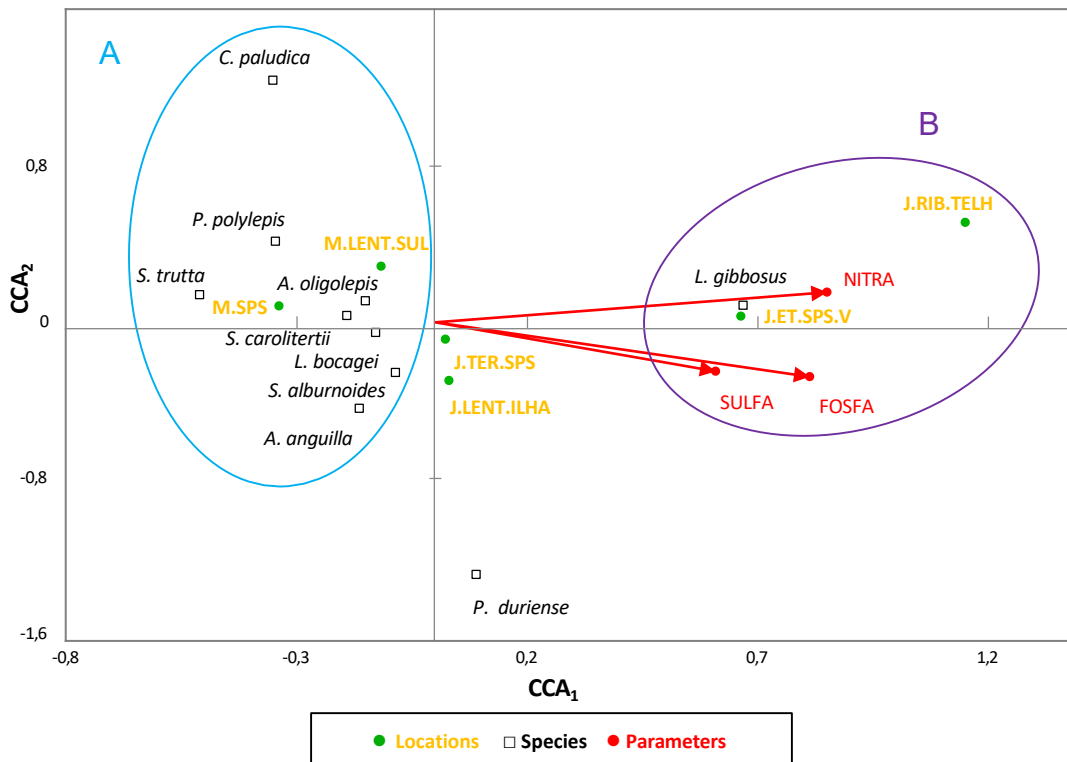


Figure 55. Graphical ordering of CCA with species abundance of species relative to the environmental parameters of phosphates (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in São Pedro do Sul, at the sampling points: Upstream SPS (M.SPS), Upstream Lenteiro (M.LENT.SUL), Downstream Lenteiro-island (J.LENT.ILHA), Downstream Telheiro brook (J.RIB.TELH), Downstream thermal baths SPS (J.TER.SPS), Downstream WWTP SPS/Vouzela (J.ET.SPS.V).

As we have already seen in the ACC graphic for these vectors in Viseu (Figure 52), also here we can find places with low concentration in phosphates, sulphates and nitrates, as in the case of the Sul river, upstream of the Lenteiro and mainly, the Upstream of São Pedro do Sul, near the power station. These sites have their points on the left side of the graphic and their perpendiculars to the vectors of the concerned water parameters would find them in their negative portion, so they are negatively correlated with them (A). We can find in this zone most of the catches of the municipality, both in number of species (8/10) and in

number of specimens, so it is easy to deduce that phosphates, sulphates and nitrates are highly disruptive of the fish fauna.

On the other hand, on the opposite side of the graphic, we have a group B, where *L. gibbosus* (pumpkinseed) dominates in terms of species, because of the high resistance to those parameters, led by the Downstream of the Telheiro brook and followed by the Downstream point of the S. Pedro do Sul / Vouzela WWTP.

Showing a low correlation with these quality parameters, proven by the proximity of the vectors origin, we have the sites Downstream of the S. Pedro do Sul thermal baths and Downstream of Lenteiro (island), both on the Vouga river. In terms of species, we can say that *P. duriense* (boga-do-norte) is disassociated with A and B groups and, by the perpendicular line to the three vectors, we can say that it is less correlated with high nitrate values, comparing with sulphates and phosphates.

d) VOUZELA

Regarding the parameters water temperature, dissolved oxygen, and pH, the CCA graphic in Vouzela (Figure 56) shows a distribution divided by three groupings of locations and species points, in a way that we can associate with each of the considered water quality parameters.

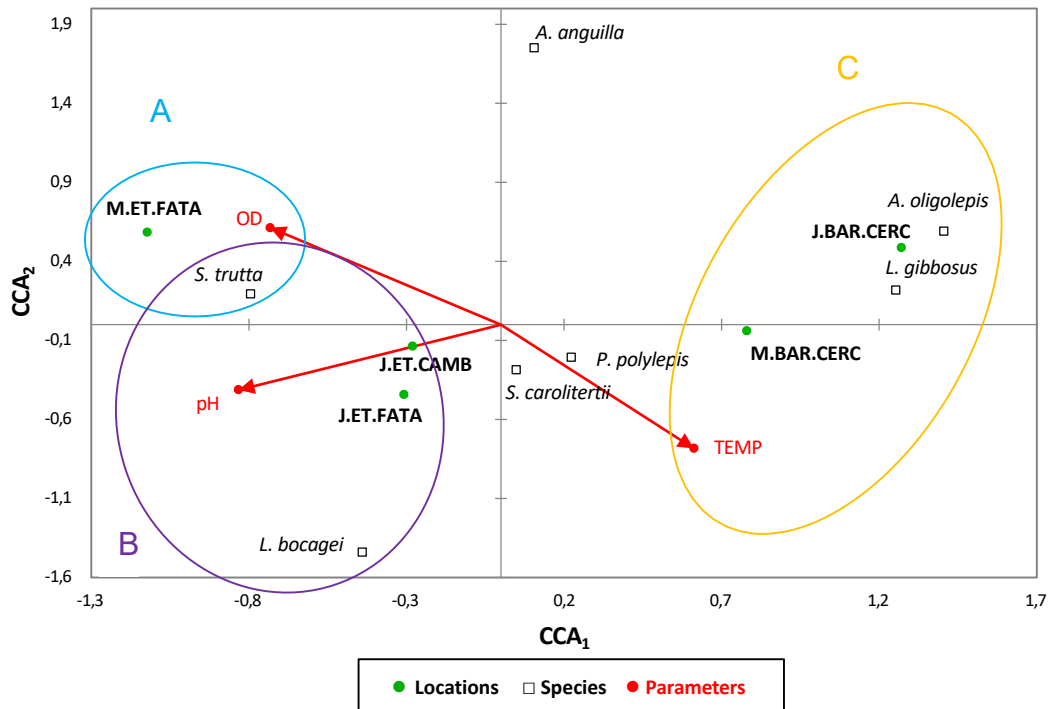


Figure 56. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in Vouzela, at the sampling points: Upstream WWTP Fataunços (M.ET.FATA), Downstream WWTP Fataunços (J.ET.FATA), Downstream WWTP Cambra (J.ET.CAMB), Upstream Cercosa dam (M.BAR.CERC), Downstream Cercosa dam (J.BAR.CERC).

We can thus find a place where the high values of dissolved oxygen allow a clear grouping with the corresponding vector, upstream of the Fataunços WWTP, associated to the species *S. trutta* (brown trout) and this matches with the first grouping (A).

We then have a second grouping of two locations that may more easily be associated with high pH values, although without a strong correlation with that parameter. They are the downstream points of the Fataunços and Cambra WWTP. Concerning the species, by the equidistance between dissolved oxygen and pH vectors, *S. trutta* (brown trout) shares the previously mentioned group (A) with this new cluster associated with high pH (B). It is also in this group that we can clearly associate the species *L. bocagei* (common barbel).

Both the two parameters and the two species, as well as the three sites mentioned above (A+B), are grouped in an antagonistic way and inversely correlated with a third grouping of sites and species with high correlation with the highest temperatures in the county (C). They are the upstream and downstream points of the Cercosa dam and, more markedly, the species *A. oligolepis* (ruivaco) and *L. gibbosus* (pumpkinseed), although *S. carolitertii* (chub) and *P. polylepis* (iberian nase) are also positively correlated with high temperature.

Regarding the hardness of calcium, ammonia and iron, the the ACC chart in Vouzela (Figure 57) can also be read as a distribution with some polarity, although not very pronounced due to the dispersion of the points.

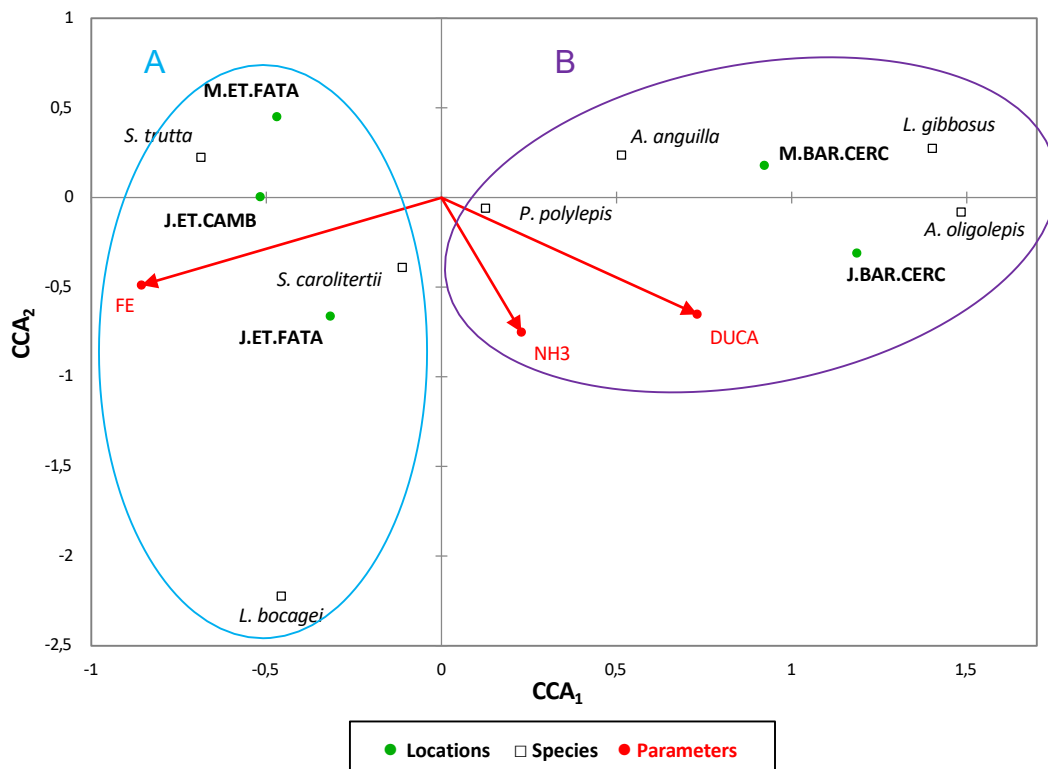


Figure 57. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH₃) and iron (FE) in Vouzela, at the sampling points: Upstream WWTP Fataunços (M.ET.FATA), Downstream WWTP Fataunços (J.ET.FATA), Downstream WWTP Cambra (J.ET.CAMB), Upstream Cercosa dam (M.BAR.CERC), Downstream Cercosa dam (J.BAR.CERC).

On the one hand, we have three sites and three species positively correlated with the highest values of iron (A). These are the sites Upstream and Downstream of the Fataunços WWTP and Downstream of the Cambra WWTP. As for the

species most positively associated to this parameter, we have *L. bocagei* (common barbel), *S. trutta* (brown trout) and *S. carolitertii* (chub). However, although the three species are positively correlated with iron, there are large differences in the way they correlate with the other two parameters in this graphic. While the common barbel is correlated positively in a clear way with iron and ammonia and moderately with calcium hardness, the chub is only moderately correlated with iron and ammonia. Brown trout, on the other hand, is positively correlated with iron but negatively with ammonia and calcium hardness.

We also have a second grouping (B), with two sites, upstream and Upstream of the Cercosa dam, and four species, *P. polylepis* (iberian nase), *A. anguilla* (european eel), *A. oligolepis* (ruivaco) and *L. gibbosus* (pumpkinseed), all positively correlated with ammonia and calcium hardness and negatively with iron.

In relation to phosphates, sulphates and nitrates, the chart of the ACC in Vouzela (Figure 58) shows some data grouping, although not very clearly, nor sustained by strong correlations with the parameters of water quality, visible by the small size of the vectors, especially in the cases of sulphates and nitrates. Nevertheless, we can find a cluster A, between the sites Upstream of the Fataunços WWTP and Downstream of the Cambra WWTP and the species *A. anguilla* (european eel) and *S. trutta* (brown trout). These sites and species are negatively correlated with nitrates and sulphates.

Opposite to this association, we have another clustering of sites and species (B), with the sites Upstream and Downstream of the Cercosa Dam, positively correlated with nitrates and sulphates, mainly upstream of this dam where this correlation is highest. Associated with very high values of these parameters we have the species *L. gibbosus* (pumpkinseed), *A. oligolepis* (ruivaco) and *P. polylepis* (iberian nase), this last with lower correlation with those parameters of water pollution.

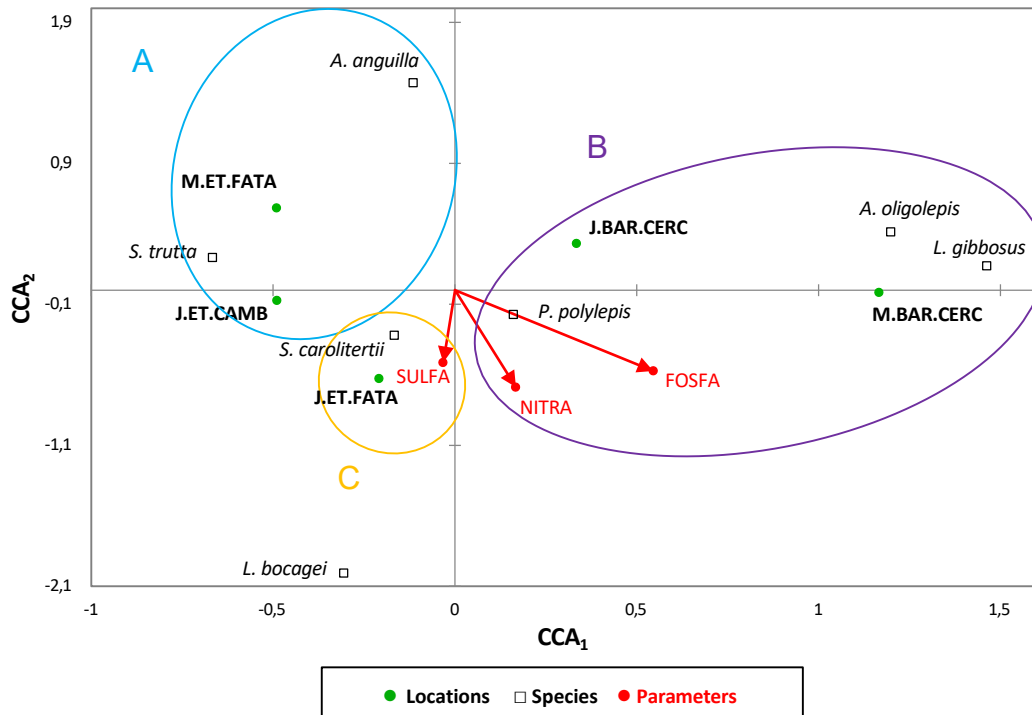


Figure 58. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters phosphates (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in Vouzela, at the sampling points: Upstream WWTP Fataunços (M.ET.FATA), Downstream WWTP Fataunços (J.ET.FATA), Downstream WWTP Cambra (J.ET.CAMB), Upstream Cercosa dam (M.BAR.CERC), Downstream Cercosa dam (J.BAR.CERC).

We can also define a third grouping between one site, Downstream of the Fataunços WWTP, one species, *S. carolitertii* (chub) and a parameter, the sulphates (C). We chose this third group because this species only has a positive correlation with the sulphates and appears graphically very close to the Downstream site of the Fataunços WWTP, which is also the place with the highest positive correlation with the sulphates.

Regarding *L. bocagei* (common barbel), it was not included in any of the previous groupings because it had a positive correlation with the three parameters of water quality considered here, although we can clearly refer to the strongest correlation of this species with the sulfates and nitrates.

e) OLIVEIRA DE FRADES

In relation to the parameters water temperature, dissolved oxygen and pH, the ordering chart of the ACC in Oliveira de Frades (Figure 59) shows an inversion of the relative position of the temperature parameter compared to the other two.

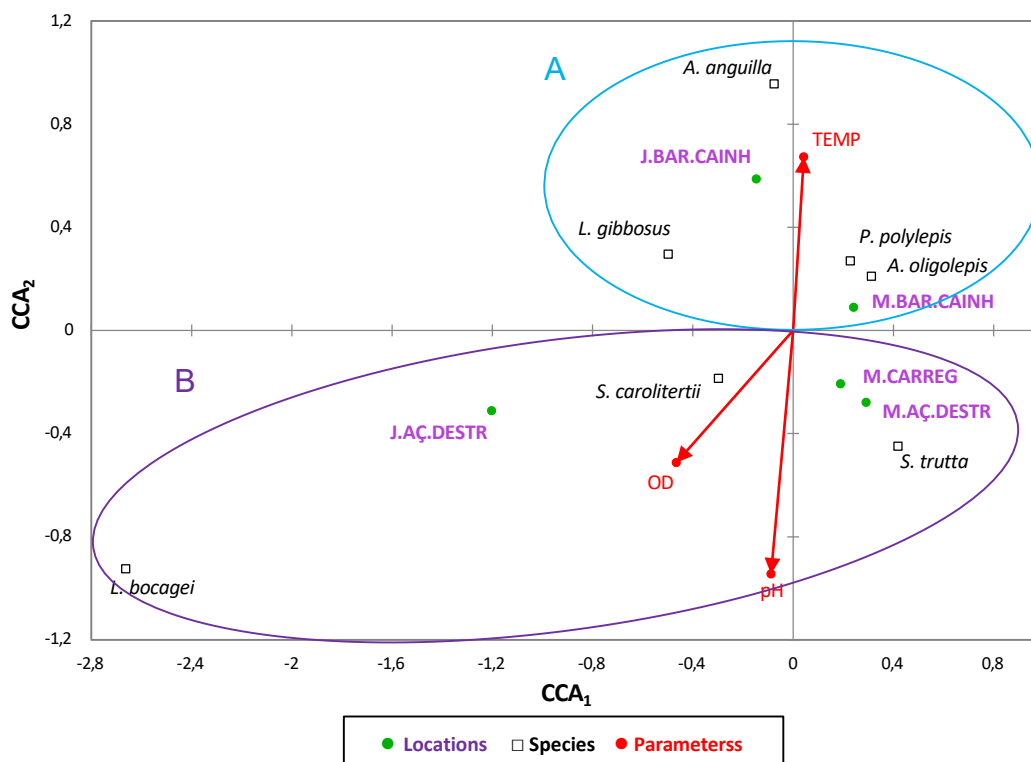


Figure 59. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the parameters water temperature (TEMP), dissolved oxygen (OD) and pH, in Oliveira de Frades, at the sampling points: Upstream Cainhas dam (M.BAR.CAINH), Downstream Cainhas dam (J.BAR.CAINH), Upstream Carregal river (M.CARREG), Upstream Destriz weir (M.AÇ.DESTR), Downstream Destriz weir (J.AÇ.DESTR).

Thus, we can consider a positive association (A) between the high water temperature, the sites Downstream and Upstream of the Cainhas dam, and the species *A. anguilla* (european eel), *L. gibbosus* (pumpkinseed), *P. polylepis* (iberian nase) and *A. oligolepis* (ruivaco). These sites and species are also negatively correlated with the high values of dissolved oxygen and pH.

On the opposite way, we have the points Downstream and Downstream of the Destriz weir, as well as the one Upstream of the Carregal river, all positively associated with high values of dissolved oxygen and pH and, obviously, lower values of temperature (B). The species with higher affinity to this grouping are *S. carolitertii* (chub), *S. trutta* (brown trout) and *L. bocagei* (common barbel).

As for the parameters iron, calcium hardness and ammonia, the ordering chart of the ACC in Oliveira de Frades (Figure 60) shows a clear similarity to the previous graph of Figure 59, with ammonia in the temperature position, while iron and the calcium hardness now in the place of dissolved oxygen and pH, with the graphical distribution of sites and species being quite like the previous graph. We have here the ammonia parameter positively correlated with two sites and four species (A), the Upstream and Downstream sites of the Cainhas dam and the species *Anguilla anguilla* (european eel), *L. gibbosus* (pumpkinseed), *A. oligolepis* (ruivaco) and *P. polylepis* (iberian nase).

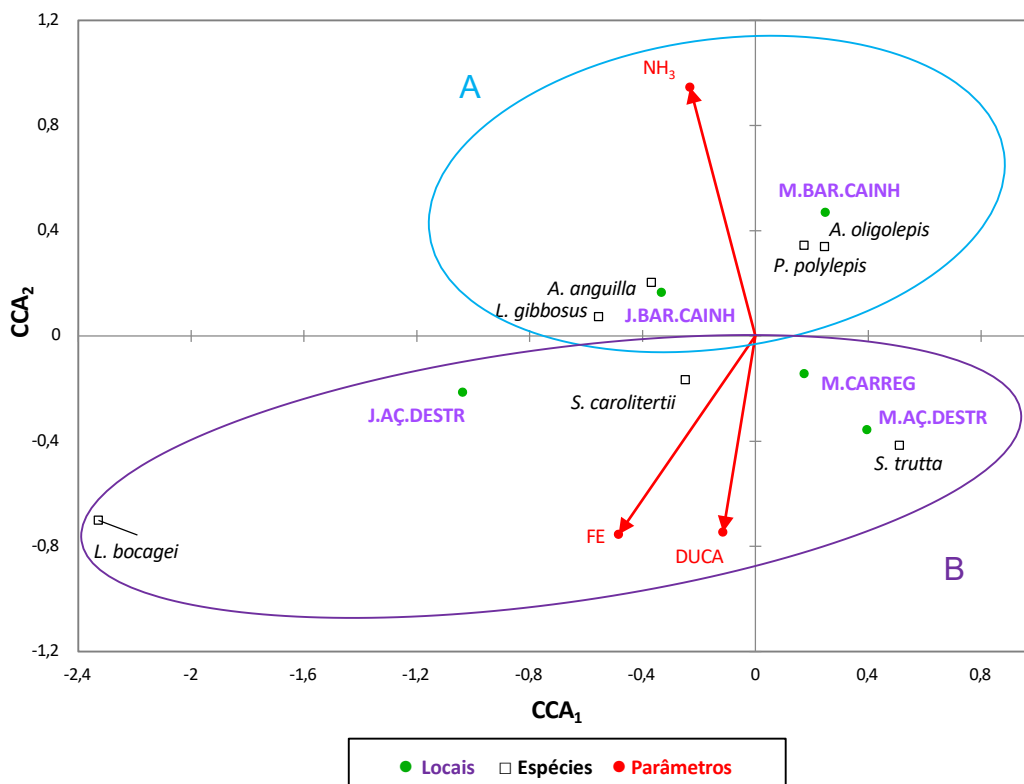


Figure 60. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters calcium hardness (DUCA), ammonia (NH₃) and iron (FE) in Oliveira de Frades, at the sampling points: Upstream Cainhas dam (M.BAR.CAINH), Downstream Cainhas dam (J.BAR.CAINH), Upstream Carregal river (M.CARREG), Upstream Destriz weir (M.AÇ.DESTR), Downstream Destriz weir (J.AÇ.DESTR).

In contrast to this grouping, we have the sites Upstream and Downstream of the Destriz dam and the one Upstream of the Carregal river, as well as the species *S. carolitertii* (chub), *L. bocagei* (common barbel) and *S. trutta* (brown trout), this last one, clearly correlated in a negative way with ammonia (B).

Regarding sulphates, nitrates and phosphates, the ordering chart of the ACC in Oliveira de Frades (Figure 61) shows a clear association between the three parameters grouped here (A). Thus, we have the sites and species positively correlated with the three parameters considered in this grouping, composed by the sites Upstream and Downstream of the Cainhas Dam and Downstream of the Destriz dam. The species most abundant in this grouping, and therefore with a positive correlation with the three mentioned parameters, are all but *S. trutta* (brown trout), but the most significant ones are *L. bocagei* (common barbel), *A. anguilla* (european eel) and *L. gibbosus* (pumpkinseed).

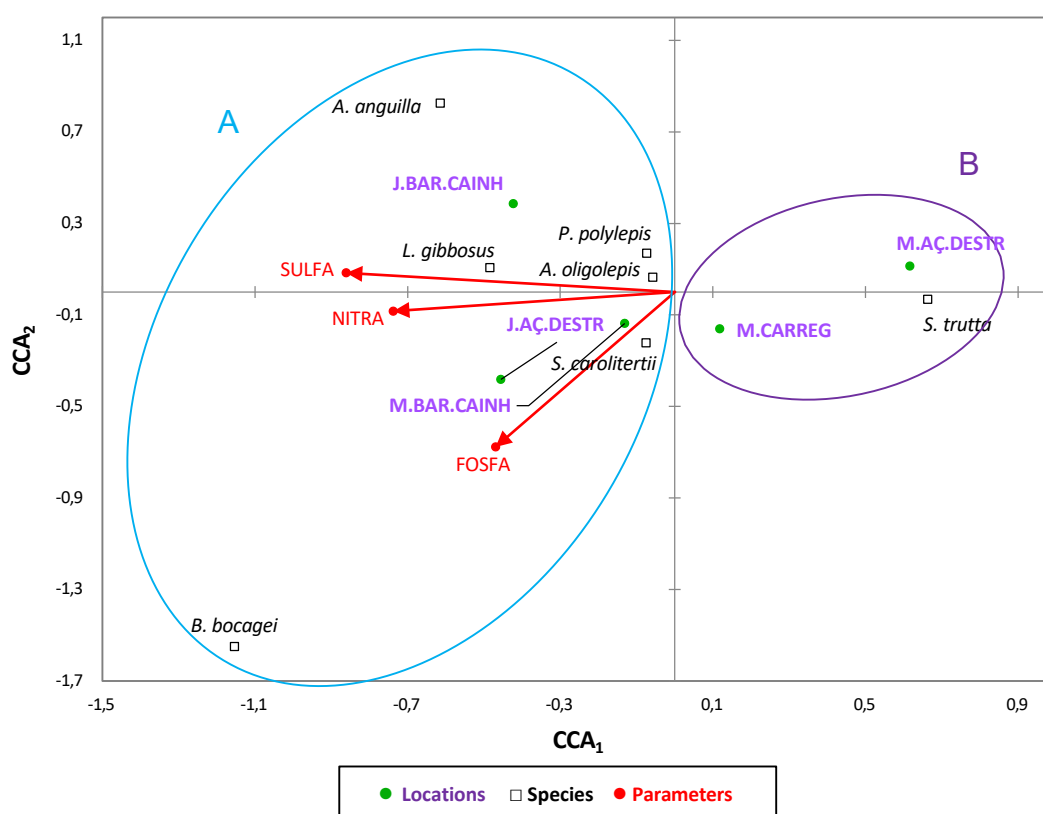


Figure 61. Graphical ordering of CCA with species abundance relative to the environmental parameters of phosphates (FOSFA), sulphates (SULFA) and nitrates (NITRA) in Oliveira de Frades, at the sampling points: Upstream Cainhas dam (M.BAR.CAINH), Downstream Cainhas dam (J.BAR.CAINH), Upstream Carregal river (M.CARREG), Upstream Destriz weir (M.AÇ.DESTR), Downstream Destriz weir (J.AÇ.DESTR).

Oppositely to group A, we have a group B, where we can notice the association between the area Upstream of the Destriz Weir and Upstream of the Carregal River (two contiguous zones), with the species *S. trutta* (brown trout) and it is negatively correlated with the three parameters considered here.

4.5. PROPOSALS FOR CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL REQUALIFICATION

4.5.1. SETTING UP PLATFORMS FOR RIVER OBSERVING AND STUDYING

The platforms and annexed structures, whose implementation were a reality resulting from this study, were intended to serve as interface points between the river and the local, regional, and national populations, to allow the actions dissemination carried out and the future purposes of this study. Both the structures' location themselves and the actions developed were considered in articulation with other facilities located nearby in each of the municipalities, as is the case of walking trails for environmental interpretation and structures that could function as nature interpretation centres already created or being created. Thus, to facilitate the educational and scientific information underlying the study, a set of information panels was also installed near each platform (Figure 62).



Figure 62. Platform and information panel at Santiago Park, Pavia river, Viseu.

These platforms were installed throughout the area of the five municipalities, in places considered key points for environmental preservation and enhancement, related to fish fauna, riparian vegetation and water quality, as a support element of riparian ecosystems that we want to preserve (Table 27).

Next, the locations for platforms implantation are identified and a framework is described regarding the reasons for each region's interest in environmental preservation, both from a scientific point of view and for the sociological reasons that sustain it.

Table 27. Location points of the infrastructures related to the installation of the platforms.

Location	Coordinates WGS84	
	Latitude	Longitude
Azenha river beach (Paiva river, VNP)	40°51' 4,55"N	7°41'29,55"W
Pego river beach - V. C. Coelheira (Côvo river, VNP)	40°52' 46,48"N	7°47'33,59"W
Downstream Vouguinha bridge weir (Vouga river, Viseu)	40°45'33,80"N	7°49'53,77"W
Almargem (Vouga river, Viseu)	40°45'29,41"N	7°53'36,21"W
Upstream Alcafache river beach (Dão river, Viseu)	40°36'24,47"N	7°51'59,01"W
Upstream S. P. Sul - power station (Vouga river, SPSul)	40°45'36,82"N	8°2'41,68"W
Downstream S.P.Sul thermal baths (Vouga river, SPSul)	40°44'24,14"N	8°5'37,00"W
Porto da Várzea (Alfisqueiro river, Vouzela)	40°41'1,22"N	8°13'9,01"W
River beach (Couto river, Vouzela)	40°40'58,74"N	8°9'53,38"W
Upstream Cainhas dam (Alfisqueiro river, OLF)	40°42'0,04"N	8°10'49,46"W
Upstream Destriz weir (Alfisqueiro river, OLF)	40°38'56,84"N	8°16'35,25"W

a) VILA NOVA DE PAIVA

The river structure of the municipality of Vila Nova de Paiva, consists of a network of waterways, key elements for the implementation of a range of activities and infrastructures, beginning on the scientific component, but also in the practice of sports or leisure and culture. In this territory, the sport fishing for brown trout, very traditional in the culture of the population, presents itself as an economically important activity that can be an excellent focus of boosting tourism activity associated with leisure and the gastronomy promotion. The Trout Festival takes place annually, constitutes an excellent focus of this territory dynamization, including several activities linked to the scientific knowledge, culture, sport fishing (Figures 63 and 64) and improving of the river conditions with the restocking by young brown trout for the valorisation of the county rivers (Figures 65 and 66).



Figure 63. Sport fishing competition during the Trout Festival of V. N. de Paiva.



Figure 64. Captured brown trouts



Figure 65. Juvenile trouts for restocking.



Figure 66. Restocking of Paiva river.

The projects related to the recovery of riparian galleries in the various watercourses of the municipality represent a good practice of landscape preservation that can be enhanced with the use of the plant nurseries of the *Arbutus do Demo* Botanical Park, to create a seeding and planting plan with the introduction of native species in the region, namely along the watercourses. This aspect is very important for the maintenance of a favourable fluvial environment for fish species, so important as the brown trout, from the point of view of the fluvial ecosystem.

The municipality of Vila Nova de Paiva is part of the Paiva River Site of Natura 2000 Network, with a total area of 14 563 ha which constitutes another landscape element of extraordinary importance for the preservation and enhancement of this territory. It should therefore be the launching pad for projects of various kinds that can help to promote tourism throughout this region.

Considering the biodiversity richness of the different sites sampled in the municipality and the relevance of its use in an environmental education perspective, the two sites chosen for the implementation platforms were the Vila Cova à Coelheira river beach (Figure 67) and the Azenha river beach (Figure 68).

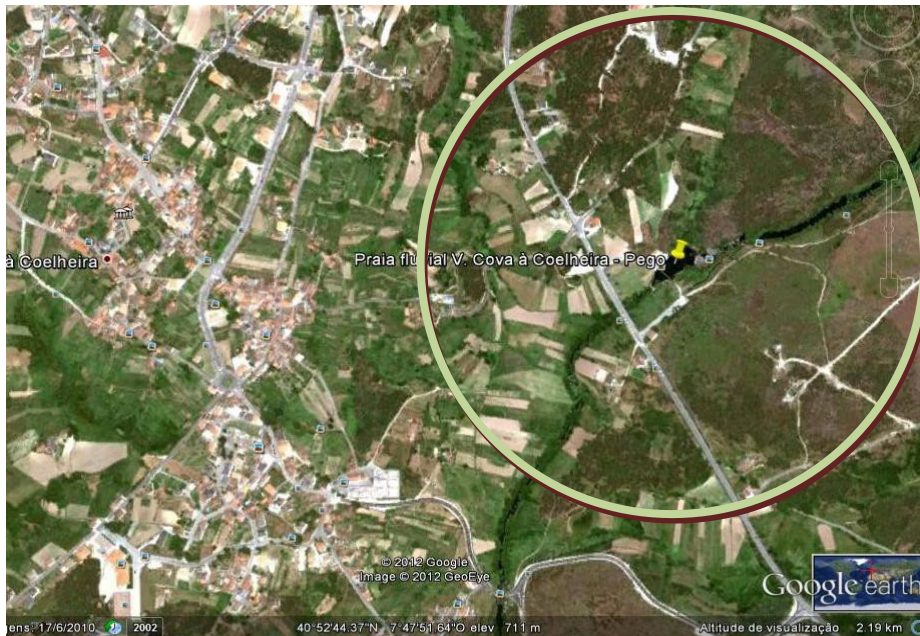


Figure 67. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Vila Cova à Coelheira (Pego) river beach in Vila Nova de Paiva.

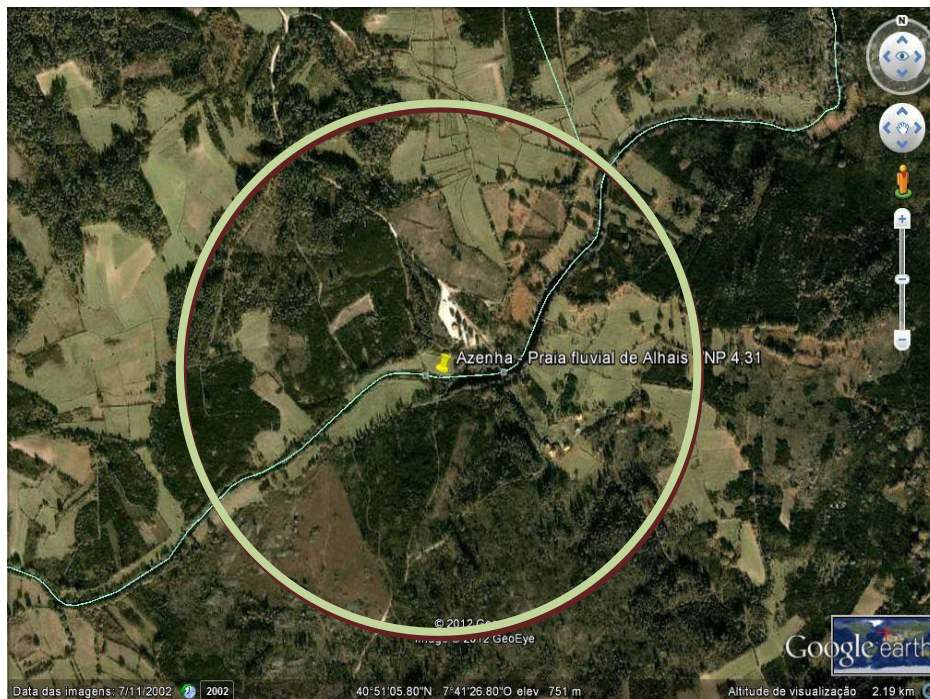


Figure 68. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Azenha river beach in Vila Nova de Paiva.

b) VISEU

In the municipality of Viseu, there are several infrastructures that, due to their physical proximity to the study sites, may play a key role in the future, with the dissemination of educational, scientific, and cultural information on rivers and their surroundings. Examples of this reality are the Várzea de Calde Museum and the Pavia river mills.

Currently there are a total of 13 pedestrian paths, having started in 2007 the creation of a Municipal Walking Trails Network, through the Várzea Stream Route, in the parish of Calde. These structures, by its proximity to the watercourse, are enhancers of a better knowledge about the associated ecosystems.

With the requalification of the surroundings of the Alcafache thermal springs completed in 2013, including the river beach, some changes were introduced in the river ecosystem of that area, so it was agreed to study the fish fauna on that stretch of the Dão river, with a characterization and monitoring of that territory, in order to underpin decisions that can help to promote tourism related to the promotion of health and well-being, but also from the point of view of the natural resources preservation.

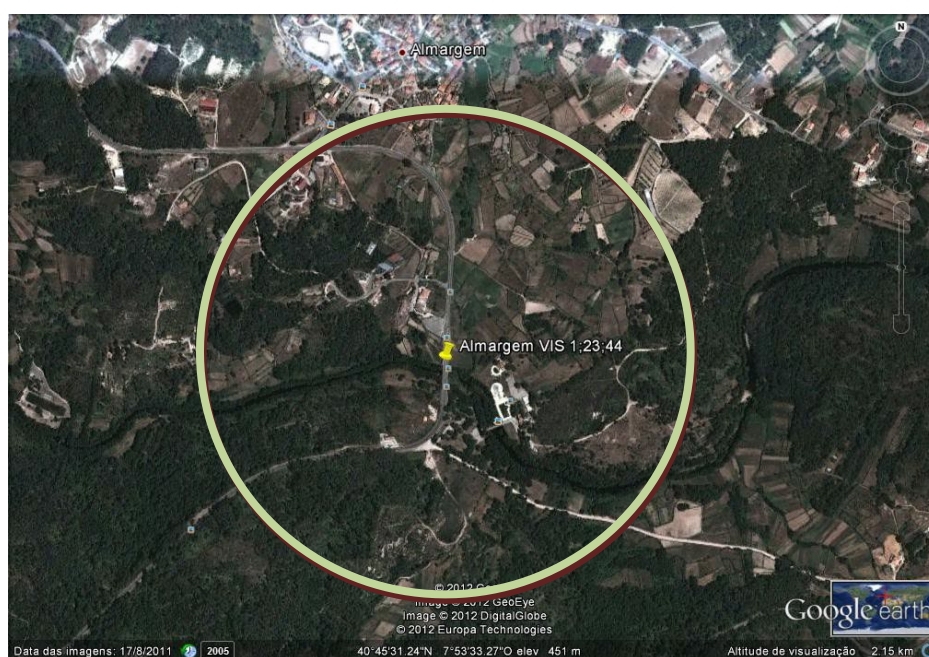


Figure 69. Aerial view of the proposed location for the platform installation in Almargem, Viseu.

Using the criteria related to the ecosystems diversity in the municipality, the biodiversity of the different sampled sites and the sites relevance aiming the dissemination of the riverside fauna and flora, the three sites chosen for the platforms implantation were the Almargem area (Figure 69), in the Couto area, downstream of the Vouguinha Bridge weir (Figure 70) and upstream of the Alcafache river beach (Figure 71).

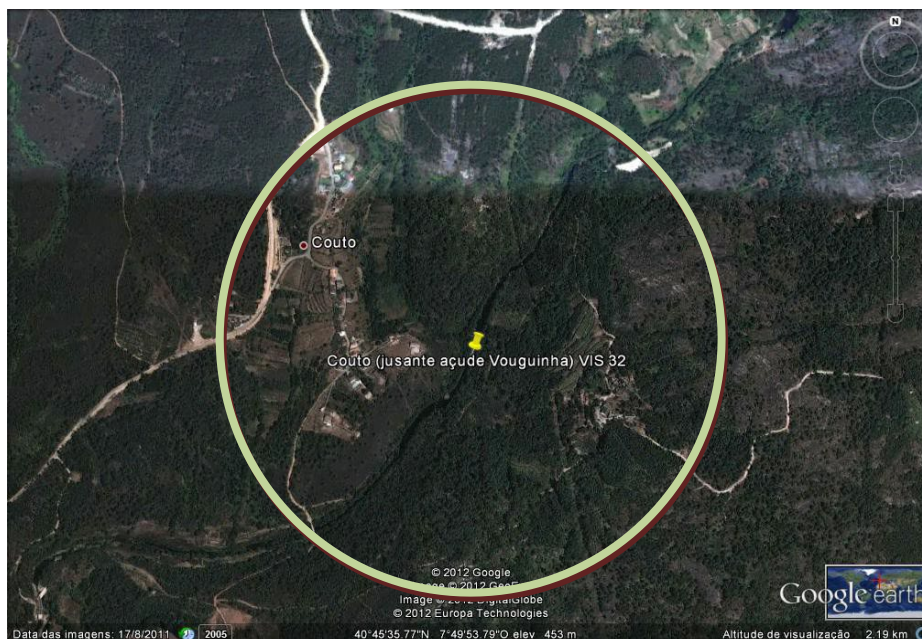


Figure 70. Aerial view of the proposed location for the platform installation, downstream of the Vouguinha bridge weir in Viseu

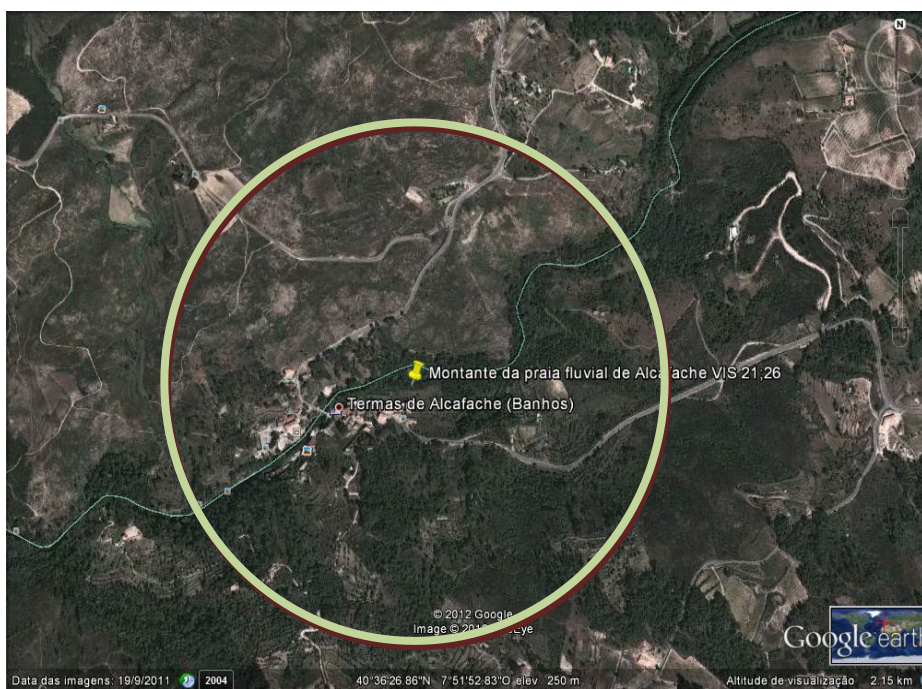


Figure 71. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Alcafache river beach in Viseu.

c) SÃO PEDRO DO SUL

The municipality of São Pedro do Sul has infrastructures related to the promotion of nature tourism and has developed actions to enhance it, in association with a Biopark and with an important network of pedestrian trails. It is worth mentioning the close relationship that should be strengthened between the walking trails network and the river ecosystems. This fact will allow a more direct and quicker application of some of the proposals and conclusions that may result from a study of this nature.

Another singularity of São Pedro do Sul is the large area of the Serras da Freita and Arada, with 28 659 ha. This area is the Natura 2000 network and is an important pole for the biodiversity preservation and the birth of projects that can help promote tourism throughout this region. However, it is also an extremely sensitive area due to the devastating action of the fires over the last decade. One of the visible consequences is the extreme erosion of the soils, which can be seen in the accumulation of sediments and ash in the structures of the mini hydroelectric plants, namely in the rivers Carregal and Teixeira.

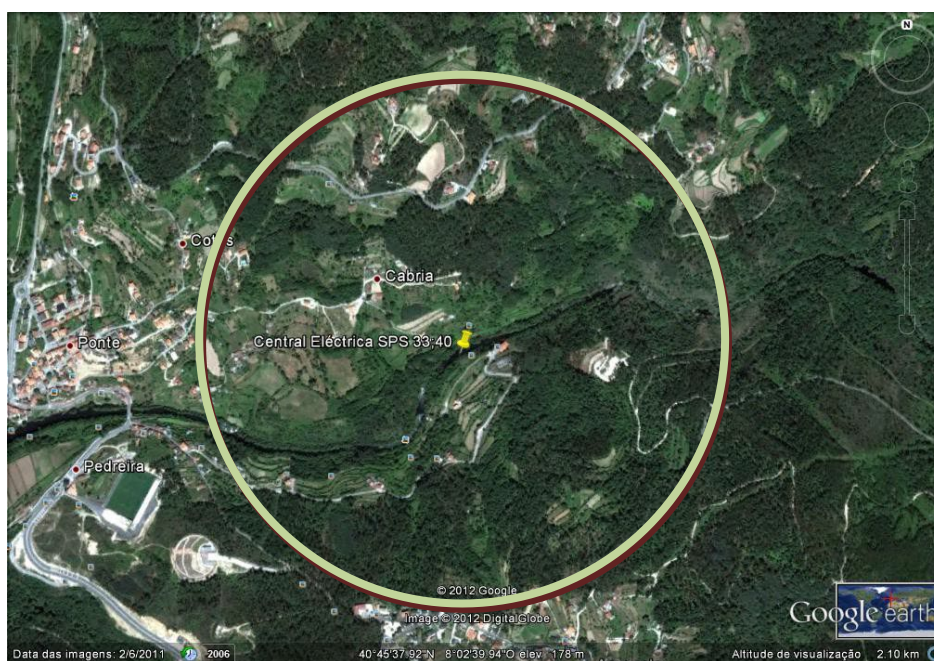


Figure 72. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of São Pedro do Sul, in the area of the power station.

The floristic biodiversity of the riparian galleries, the abundance of fish fauna in the different sites studied and the representativeness of the main riparian

ecosystems of the municipality were at the origin of the selection of points for the implantation of the platforms. The points chosen were upstream from the city, in the area of the power station (Figure 72) and downstream from the São Pedro do Sul thermal baths (Figure 73).

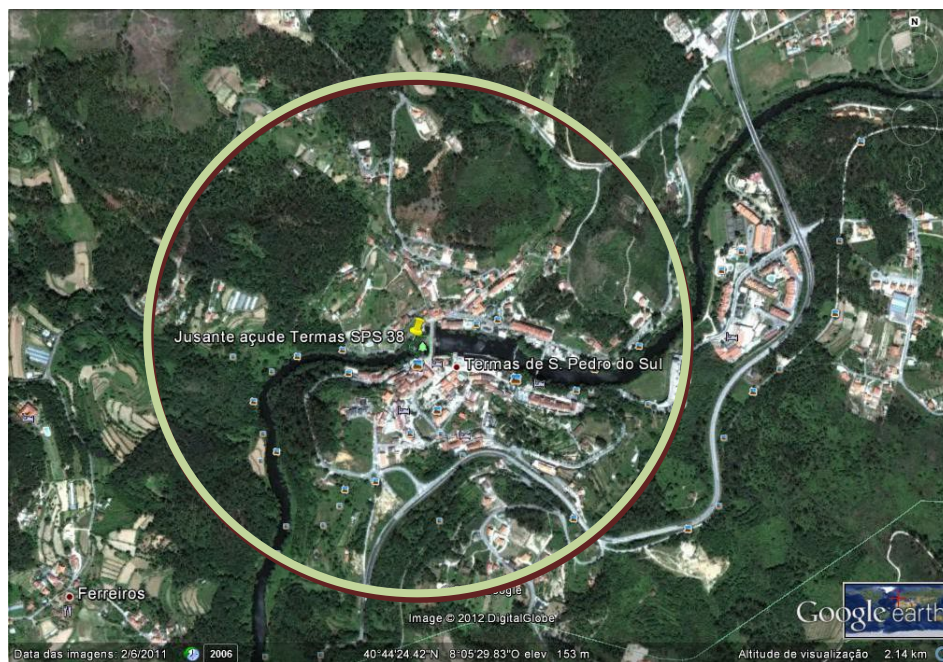


Figure 73. Aerial view of the proposed location for the platform installation, downstream of the São Pedro do Sul thermal baths.

d) VOUZELA

Nature tourism in the municipality of Vouzela, associated with pedestrian trails, are an important network in this territory. Rivers play a fundamental role in this region and can be valued by the most diverse areas, from the sporting and recreational aspects such as fishing or nature tourism routes, to leisure and contemplation activities, pedagogical or even extreme sports. In this sense, integrated networks should be created aiming to diversify an action plan in the search for different publics that may become a source of income for a set of associated tourism activities. Also worth mentioning here is the relationship between the pedestrian trails and the river ecosystem, including the riparian galleries.

Another particular case of this municipality is the Cambarinho site with an area of 24 ha which is part of the Natura 2000 network, as it is the native place for

one of the largest portuguese populations of oleander (*Rhododendron ponticum* ssp. *baeticum*). This is an important pole for the biodiversity conservation and the starting point of various projects that may help to promote tourism throughout this region. A project for the enlargement of the Cambarinho Reserve was created, to protect this reserve under municipal responsibility. Projects to requalify the riparian galleries have also been created here, which may prove useful in the logic of promoting the riverside ecosystems.

River beaches, like the example of Cambra, are fundamental elements in the promotion of rivers and can be used, not only for leisure, but also as places where learning and technical and scientific dissemination can be carried out in a pleasant way. It is fundamental to create a support structure near these places where an interpretation centre can be created to enhance all these ecosystems.

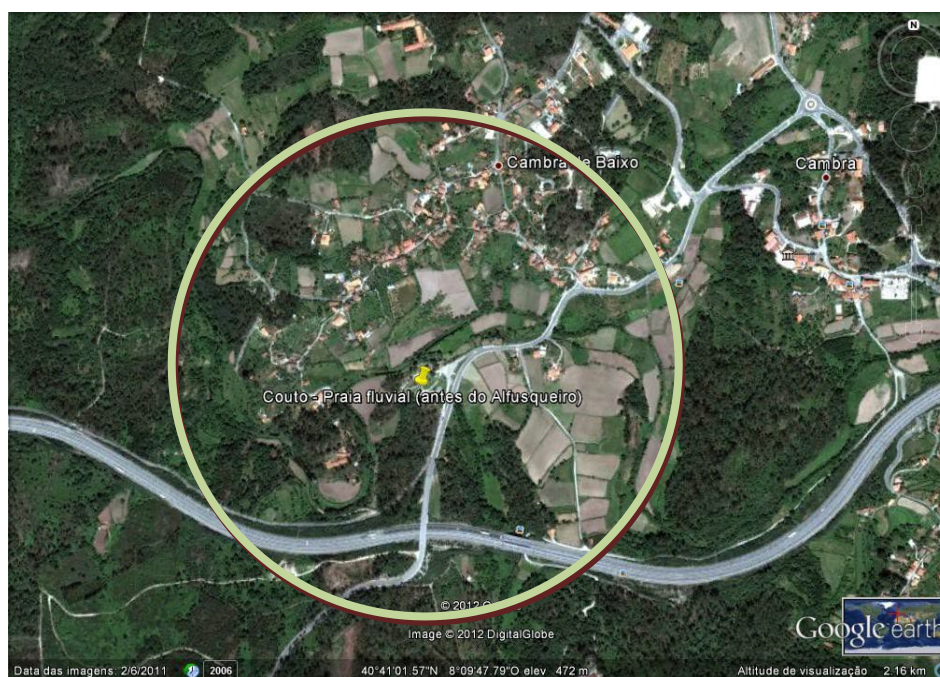


Figure 74. Aerial view of the proposed location for the platform installation, at the river beach of Cambra in Vouzela.

Taking into account the richness of the faunal (fish) and floristic biodiversity of the different sites sampled in this municipality, the relevance of its use in an environmental education perspective and the representativeness of the main riverside ecosystems of the municipality, the two sites chosen for the platforms implementation were the Cambra river beach (Figure 74) and the Porto da Várzea (Figure 75).

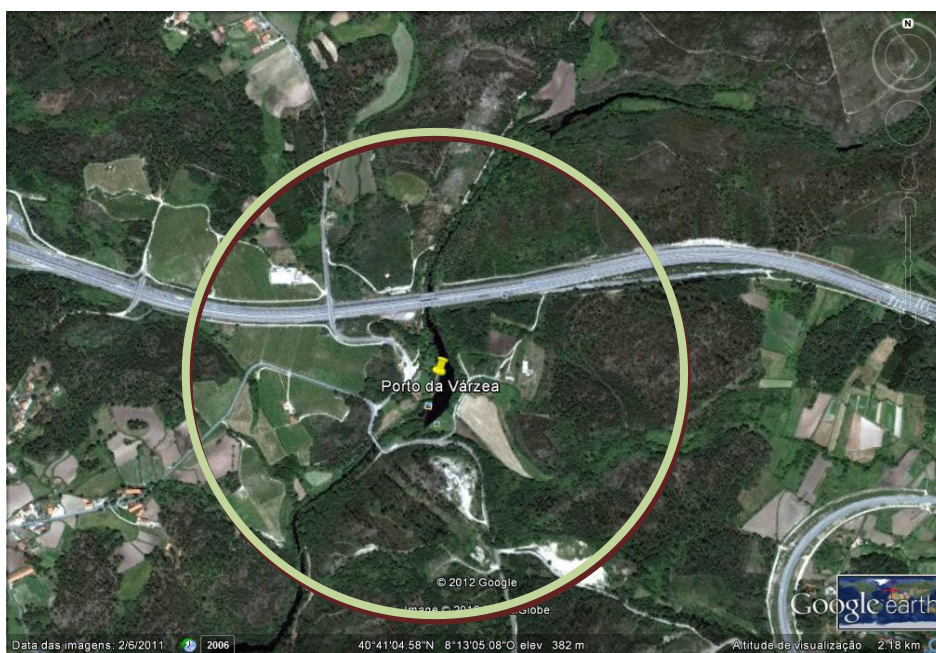


Figure 75. Aerial view of the proposed location for the platform installation, at Porto da Várzea in Vouzela.

e) OLIVEIRA DE FRADES

In the scope of the integrated landscape analysis in Oliveira de Frades county, it is interesting to highlight the projects that are being developed in this territory. That can contribute or condition the landscape preservation and enhancement, namely those associated with the watercourses under analysis. In this sense, Oliveira de Frades is a true exception case, in the measure that a dam of great dimension was built in Ribeiradio, which at this moment conditions in a very significant way the whole stretch of the Vouga river in a vast area, and because it is located downstream of all this vast study area it limits in a drastic way the fish migration along the Vouga river. This fact conditioned even the development of the transversal study of the Vouga river that should be monitored along the whole territory of the five municipalities of the scope of this study.

Oliveira de Frades has several infrastructures that are interesting to dynamize trying to fit them with the future projection of this study, namely the fishing concessions, the pedestrian paths and the river beaches. In Destriz, there are excellent conditions that can help to promote better knowledge about the river ecosystem. There is a river beach with a support structure that could be

adapted to an interpretation centre, under the parish council organization, together with environmental associations and schools of different levels of education, with scientific support from research and higher education units. Through contact with the local authority, we were informed that important work has been carried out in the Pereiras dam, a structure with the initial purpose of irrigating the agricultural fields between the villages of Pereiras and Seixa, which is also an important supply point for fighting forest fires. The municipality develops several activities, both with schools, raising the awareness of young people for the environment preservation and the importance of species conservation, as well as with hunting and fishing associations, alerting to the need to practice fishing in a sustainable way. There is even a partnership between the municipality and the Nature and Forest Conservation Institute (*Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas - ICNF*), to develop initiatives and work together, with the aim of preserving and improving this space, as well as in the area of recovering the riparian galleries.

Although there is a network of pedestrian trails in the municipality, the creation of new trails that can interact with the watercourses and promote a better understanding of the riverside ecosystems in the municipality should be encouraged.

The selected places for the platforms implantation in Oliveira de Frades had, as main criteria, the accessibility to the places for environmental education purposes, the biodiversity of the riparian galleries, and the abundance and diversity of the fish fauna, in order to be representative places of the riparian ecosystems of this council. In this way two places were chosen, one site upstream of the Destriz weir (Figure 76) and other upstream of the Cainhas dam (Figure 77).

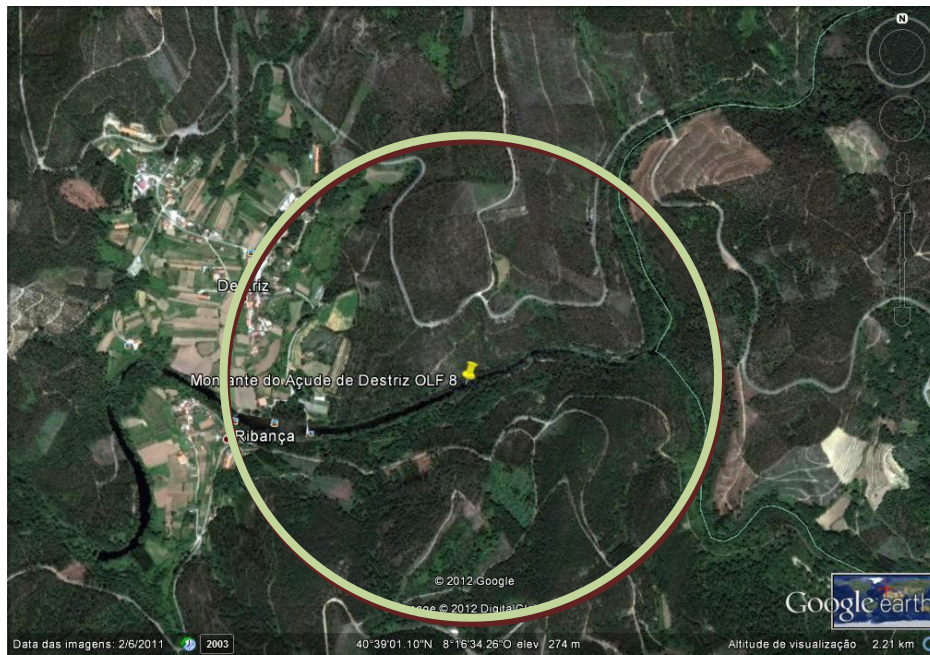


Figure 76. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Destriz weir.

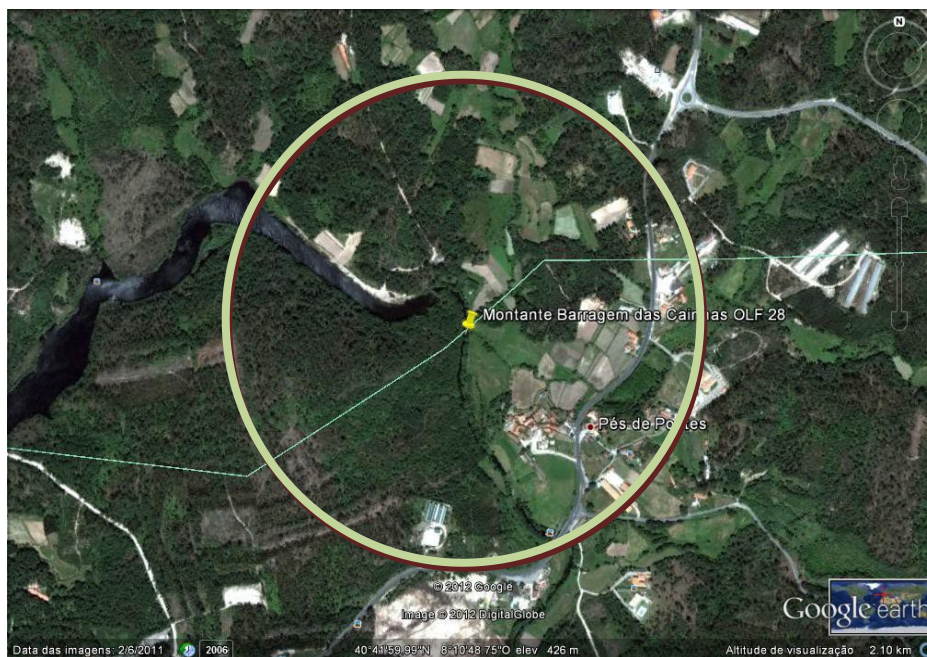


Figure 77. Aerial view of the proposed location for the platform installation, upstream of the Cainhas dam.

4.5.2. CONSERVATION PROPOSALS FOR MOST SENSITIVE SITES

Some possible points for areas to be protected will be proposed here, in view of their environmental sensitivity, both from a fishing point of view and regarding water quality. Thus, the choice of these environmental preservation sites considered the excellent water quality of these locations for fish life, aquatic and riparian vegetation suitable for the maintenance and/or reproduction of the sensitive species that we want to preserve and the fact that these species already exist in these locations in a healthy and consistent manner.

a) VILA NOVA DE PAIVA

In this municipality we propose the creation of a protected stretch of the Paiva river, with inhibition or at least limitation of sport fishing, in an area upstream of the place we designated as our first sampling point further upstream in this study - Azenha Beach. The ideal place to preserve would be a 1000 meters river stretch, already in the municipality of Moimenta da Beira, starting in a forested riparian gallery area, which begins 600 meters upstream from the bridge of the municipal road M581-1 (river beach of Segões) and continues for about 1000 meters upstream from this place. Alternatively, it is proposed an area of about 500 metres upstream from the weir at the Azenha river beach, up to the limit of the Vila Nova de Paiva municipality. In this case, as it is a Concession Area, we propose the restriction of the number of brown trout specimens captured per day and the change of its minimum capture length. Anyway, this alternative proposal would be subject to a joint definition between the technical-scientific team involved in this study, the Fishermen's Association that holds the concession and the ICNF.

b) VISEU

In this municipality we propose the creation of a no-fishing or, at least, a limited area for fishing in a stretch of the Vouga river between the National Road No. 2 at Almargem and the so-called Várzea polders, about 2000 metres upstream. This is an area with dense riparian gallery forestation which allows the

preservation of the existing brown trout community, from the point of view of its maintenance and reproduction in the medium to long term. The choice of this stretch of the Vouga river also took into account the planned construction of a large tourist infrastructure at the end of the stretch, which could possibly compromise environmental quality downstream of its implantation, next to the national road no 2. In this way, this protected area would function as a reserve for the natural repopulation of this part of the Vouga river.

c) SÃO PEDRO DO SUL

In this municipality we propose two sites to be preserved. The first one is on the Vouga river, between Moinhos do Azival, near the power station (750 metres upstream of the EN 16), and a point about 3000 metres upstream, called Levada das Alves, near the village of Pinhosão. This stretch of the Vouga has a marked fish richness and water quality that we do not find after the town of São Pedro do Sul. So, this protected area would be the last stronghold to safeguard some migratory species that we find here at a young age and relative abundance, such as the European eel. However, since the large Ribeiradio dam has been completed, we are aware that it will be difficult for this catadromous species to continue its life cycle, migrating downstream in order to reproduce at sea. This area proposed for protection is also the place on the Vouga river where the survival of the brown trout is for the time being assured, as downstream of São Pedro do Sul the water quality no longer allows it.

The second site to be preserved in this municipality would be on the Sul river. It is located between the bridge of the national road nº 16 and the river beach of Pouves, in a stretch of about 750 meters. In this place, we had the opportunity to witness one of the most exuberant mating rituals of the common barbel. Since these are salmonid waters, during the reproduction period of this species, in practical terms it is more unprotected, as its capture is allowed between 1 March and 31 July. Furthermore, the almost isolated presence of the Iberian loach in this stretch leads us to believe that this is a natural reservoir that supplies the Vouga river with these two species. We therefore suggest a no-fishing zone in this stretch or alternatively the reclassification as salmonid

waters only upstream of the Pouves river beach, which would in itself protect the reproduction of the common barbel in this area.

d) VOUZELA

As already mentioned in 4.1., almost all brown trout caught in the sampling upstream of the Fataunços WWTP (Ribamá stream) were of an extremely young age class, the vast majority being located in a small stretch of 200 meters of river between "Ponte Pedrinha" and a weir located upstream. It is a restricted area, with low depth and excellent water quality, oxygenation, and shading characteristics. These aspects make us consider the hypothesis that this is an eligible site for preservation, so we should propose its preservation with a total ban on sport fishing, to become a reproduction reserve of this species, starting at the "Pedrinha Bridge" (EM 602) and going upstream along a stretch of river about 500 metres long.

e) OLIVEIRA DE FRADES

In this municipality we propose an intervention in the Alfusqueiro river, which would involve the creation of a section of this river as a restriction area in terms of sport fishing. This stretch is located between the affluence of the Carregal river and about 2400 metres upstream, in the small Cercosa dam. In this area, the density of the riparian galleries and the water quality suggest that this is an excellent area for the natural repopulation of brown trout, before the Alfusqueiro river reaches an area of higher water temperature, which happens downstream of the Destriz weir. However, we believe that it is only necessary to promote a restriction on this species catches and not a total no-fishing zone, so our proposal is to extend the closed-fishing season, to limit the number of fish caught and/or an increase in the minimum length of catches.

4.5.3. PROPOSALS FOR REQUALIFYING RIVER ECOSYSTEMS AT CRITICAL PLACES IN ANTROPOGENIC DEGRADIATION

Along its downstream course in the territory of the five municipalities of this study, the Vouga river presented some significant differences regarding the existence of exotic species and water quality. The presence of exotic species was noted downstream of Viseu and their absence upstream of this city. This fact deserves our greatest attention in order to monitor its distribution regarding its propagation upstream in the next years, but also the river requalification in more degraded stretches, either in terms of water quality, exotic species and also the preservation and/or valorisation of the riparian galleries.

a) VILA NOVA DE PAIVA

Exceptionally, we did not find in this municipality any point deserving of guidelines for urgent measures to be taken to requalify any river area, so we will not do so here. However, we know this study limitations. It is very likely that there are places and times that, if the means at our disposal allowed a greater number of samples in space and time, would certainly find points of possible proposals for requalification. It is foreseeable, for example, that the wastewater treatment plants serving small villages with a small number of inhabitants may be undersized when emigrant populations return in summer. In these cases, it is predictable that, in specific situations, the river areas downstream of these points may suffer significant disturbances that, in this case, were not detected.

b) VISEU

In the municipality of Viseu we propose a special attention to water quality and riparian galleries in the Dão river, downstream of the Alcafache thermal baths. During the summer months, with the increase in water temperature, the decrease in the river flow and the consequent lower dissolved oxygen, this area presents characteristics of a possible serious degradation of the environmental quality for fish life purposes. In this sense, we propose its requalification, with the monitoring of possible effluents from the village of Alcafache.

In any case, except for the Pumpkinseed in the Dão river sampling points, the dispersion and abundance of exotic species still seems to be reduced.

c) SÃO PEDRO DO SUL

In this municipality, we seriously propose an urgent intervention point in the Telheiro stream. It is once again in the summer months that the situation becomes worse with the increase in water temperature, the decrease in the stream flow, and the corresponding increase in the polluting agents concentration. We have already visited the area three times, and on two occasions the site showed symptoms of serious degradation of the water quality and of the fish fauna, with reduced numbers of specimens and only very resistant species. The Vouga river where it flows into, having a considerable flow even in summer, manages to partially self-clean this contamination but the whole river environment downstream of this point is affected for a few hundred metres.

d) VOUZELA

In Vouzela, the only point worthy of some repair that we found was downstream of Fataunços WWTP, with a relative decrease in water quality for fish life purposes, in the two samplings we made. However, this situation was easily recoverable as soon as the flow recovers their usual average value.

e) OLIVEIRA DE FRADES

In Oliveira de Frades there are two worrying situations from the point of view of fish fauna, although with different severity. The first is downstream of the Destriz weir, since the abundance of Pumpkinseed is a potential environmental problem which we should try to minimise, bearing in mind that its definitive resolution seems very unlikely.

As a second requalification proposal in this municipality, we propose an intervention in the Cainhas dam to try to create a solution to the serious problem described in sections 4.2 and 4.3. This would always involve an

intervention at two levels. First, the construction of a fish passage solution and, second, the guarantee of maintaining the ecological flow, minimising or rationalising water extraction during the summer season. Otherwise, this river ecosystem will be seriously compromised.

5. CONCLUSIONS

After all the above data evaluation and discussion, although the results heterogeneity does not always allow direct conclusions to be drawn regarding the species' sensitivity to environmental conditions at the different sampling points, we can establish some conclusions and guidelines for future actions in the field of integrated management of fish resources and river ecosystems.

1. Regarding species geographical distribution, in general terms, the fish communities revealed a well organised food chain structure, with an abundance of small herbivorous and omnivorous species such as iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*), ruivaco (*Achondrostoma oligolepis*) and chub (*Squalius carolitertii*), which serve as a consistent support for the viability of carnivorous species such as brown trout (*Salmo trutta*) or large omnivorous species such as common barbel (*Luciobarbus bocagei*).
2. The municipality of Viseu showed the highest diversity with 14 species in the various watercourses sampled, which are quite heterogeneous in terms of physical-chemical composition. On the contrary, in Vila Nova de Paiva, with excellent water quality in general, only 6 species were found. This allows the conclusion that fish biodiversity of a region can be higher in waters of poorer general quality, as long as they are sufficiently heterogeneous to allow the adaptation of different species.
3. The common barbel (*Luciobarbus bocagei*) was captured in the municipalities of Oliveira de Frades, Viseu and São Pedro do Sul, having been in these last two where the highest percentages of captures were registered with about 20%, confirming that it is difficult to find this species in mountain rivers like Vila Nova de Paiva, where it was not found in this study.
4. The exotic species pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) was captured in all municipalities except in Vila Nova de Paiva. This species is responsible for a great negative pressure on the fluvial ecosystem health, in some of the sampling points where it was more dominant, as in the Dão River

downstream of Alcafache (Viseu) and in the Vouga River downstream of Ribeira do Telheiro (São Pedro do Sul), with 70% and 80%, respectively. Although in the municipality of Viseu there was no capture of exotic species in the Vouga River, we cannot guarantee that they do not exist in these locations.

5. The proliferation of other exotic species, like the Louisiana crawfish (*Procambarus clarkii*), very resistant to degraded environments, is a serious threat to fish biodiversity in some of the sampling points where this crustacean is already dominant, mainly in Alcafache, (Dão river, Viseu).
6. The endogenous species, by competing with exotic species for food, being targeted for predation or suffering the effect of pathologies by contamination from exotic species, can lead to a decrease its populations or even disappear in some areas.
7. Regarding the physical-chemical water parameters of the studied streams, despite occasional adverse values, they showed overall results compatible with good water quality for fish life purposes, provided that, especially in summer, low levels of contamination are ensured and ecological flows are maintained.
8. Regarding ammonium (NH_4^+) and ammonia (NH_3), although the overall low pH values are favourable to the balance of these compounds towards ammonium, less toxic, the values of these two compounds were, in some cases, close to the maximum tolerance limits for salmonids. This also happens occasionally with phosphates and nitrates. It will therefore be advisable to evaluate in the future whether these high concentrations have been the result of a one-off situation or confirm a possible trout adaptation to gradually increasing values of compounds previously not tolerated by this species, a doubt that should be clarified in future studies.
9. Regarding nitrates values, they were higher in Oliveira de Frades, Vouzela and São Pedro do Sul municipalities. Despite this, the water quality for this parameter was acceptable, even for the most sensitive species, the brown trout, which was confirmed by the presence of this species in some abundance.

10. The classification "very weak" in the Biotic Integrity Index (BII) proposed by Oliveira et al. (2007), revealed to be too penalizing for the recovery possibility of these river ecosystems in the medium-long term, in face of the actual recovery they showed in some cases. The redefinition of the BI classification intervals will allow cases with higher evaluation within this range to be reclassified as "weak" IB and, as such, recoverable, led to the creation of an initial proposal for a new Corrected Biotic Integrity Index (CBII), with readjustment of the values of the remaining intervals, more in line with the reality verified. This new CBII lacks, however, experimental validation in future tests.
11. A clear relationship was found between the studied water physico-chemical parameters, the composition, and the zoogeographical distribution of the fish communities.
12. In some cases, under adverse environmental conditions, the total and relative abundance of a species and its distribution were indicative of a degree of adaptability higher than expected, even for those species classified as more sensitive.
13. In the Canonical Correspondence Analysis graphs, we can see that the highest water temperature shares the same river regions, with the parameters associated with anthropogenic contaminations such as sulphates, nitrates, phosphates, and ammonia compounds. This happens mainly in lower altitude areas with slower river courses, warmer water, low dissolved oxygen and, simultaneously, higher levels of urban contaminants or other effluents.
14. The brown trout (*Salmo trutta*), more sensitive to the different types of water quality disturbance, was captured in all the municipalities, but Vouzela and Oliveira de Frades with 34% and 21%, respectively, were those that revealed higher percentages. In Viseu council, it was only found in Vouga River, probably due to cold water all year round, as opposed to Pavia and Dão rivers, with high water temperature in summer and consequent low dissolved oxygen levels.
15. Species such as common barbel (*Luciobarbus bocagei*) and iberian nase (*Pseudochondrostoma polylepis*) were located near the centre of all the

Canonical Correspondence Analysis graphs, meaning that they are species easily adapted to different physicochemical variables.

16. The new Ribeiradio dam, is today one of the cases where it would be fundamental to install an effective device for fish passage, as it is the entrance gate for some migratory species in this vast territory, but because of the high difference between the water level upstream and downstream the dam, only an active method of fish transportation, namely by lift, could be considered effective in this case.
17. Regarding the platforms already installed and the pedagogical information on the information boards, they have been proving to be indispensable structures for the implementation of the main effects expected from this study in the long term, the results dissemination to the community and the monitoring of actions to protect the most sensitive fish species. To this end, the choice of locations for platforms took into account the consideration of various criteria such as the diversity of fish fauna, the existence of vulnerable species, the richness and/or sensitivity of riparian galleries and the accessibility of the sites.
18. Changes in water quality can be relatively rapid and inconstant over the years, and without permanent studies of this type, there is an imbalance between the reality of the river ecosystem and fish resource management actions. On the one hand, annual restocking to compensate for recreational fishing has been done with species that are no longer adapted to waters, whose quality has deteriorated. On the other hand, we found good examples of water quality improvement through human intervention for requalification, and no species were found that would be expected in water of such high quality, such as the brown trout (*Salmo trutta*).
20. The main objective of this study, to evaluate the effect of different water quality, due to human or natural causes, on the fish assemblage distribution in this region was achieved. Furthermore, it is now possible to base decision processes for the preservation of sensitive aquatic ecosystems, or for the restoration of the most degraded ones, on this improved knowledge of fish populations and their habitat, as is the case with the proposals made

here. However, the fish populations monitoring will have to be continuous to ensure the conservation of river ecosystems in the medium and long term.

6. REFERENCES

- Abell R, Michele L, Thieme M, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, Bogutskaya N (2008) Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58 (5): 403-414
- Allan J, Flecker A (1993) Biodiversity conservation in running waters. *BioScience* 43: 32–43
- Álvarez F, Matamoros W, Chicas F (2017) The contribution of environmental factors to fish assemblages in the Río Acahuapa, a small drainage in Central America. *Neotropical Ichthyology* 15(3): e170023
- ASTM, 1996. Annual Book of ASTM Standards – Water and Environmental Technology. Section 11.02. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.
- ASTM, 1999. Annual Book of ASTM Standards – Water and Environmental Technology. Section 11.02. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.
- ASTM, 2000. Annual Book of ASTM Standards – Water and Environmental Technology. Section 11.02. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.
- Begon M, Harper J, Townsend C (1996) *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, 3rd Ed. Blackwell Science, London. 1068p
- Braak, C. J. F. e Verdonschot, P. F. M. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57, 255-289.
- Cheng D, Zhao X, Song J, Sun H, Wang S, Bai H, Li Q (2019) Quantifying the Distribution and Diversity of Fish Species Along Elevational Gradients in the Weihe River Basin, Northwest China. *Sustainability* 11:61-77

- Dudgeon D (2000) The ecology of tropical asian rivers and streams in relation to biodiversity conservation. *Annu Rev Ecol Syst* 31:239-263
- Dudgeon D, Smith R (2006) Exotic species, fisheries and conservation of freshwater biodiversity in tropical Asia: The case of the Sepik River, Papua New Guinea. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 203–215
- Faradonbe M, Eagderi S, Poorbagher H (2017) Niche overlap in fish assemblages inferred from canonical correspondence analysis: A case study with the Totkabon River, North of Iran. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 34(2): 151-156
- Fausch K, Lyons J, Karr J, Angermeier P (1990). Fish communities as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium* 8:123-144
- Galactos K, Barriga-Salazar R, Stewart DJ (2004) Seasonal and habitat influences on fish communities within the lower Yasuni River basin of the Ecuadorian Amazon. *Environmental Biology of Fishes*. 71: 33-51
- Greenacre M. (2016) *Correspondence Analysis in Practice; Canonical Correspondence Analysis (Chapter 27)*. Editor Chapman and Hall/CRC. 3rd Edition. New York. 326 pp. ISBN 9781315369983
- Groombridge B (1992) *Global biodiversity: status of the earth's living resources*. Chapman and Hall, London
- Guo Q, Liu X, Ao X, Qin J, Wu X, Ouyang S (2018) Fish diversity in the middle and lower reaches of the Ganjiang River of China: Threats and conservation. *PLoS ONE* 13(11): e0205116
- Harrison T, Whitfield A (2004) A multi-metric fish index to assess the environmental condition of estuaries. *Journal of Fish Biology* 65:683-710.
- Hashemi S, Ghorbani R, Kymaram F, Hossini1 S, Eskandari G, Hedayati A (2015) Fish Species Composition, Distribution and Abundance in Shadegan Wetland. *Fish Aquac J* 2015 6:2

- He Y, Wang J, Lek S, Cao W, Lek-Ang S (2011) Structure of endemic fish assemblages in the upper Yangtze River Basin. *River Res Appl* 27:59–75
- Huang G, Xie P (1996) Changes in the structure of fish community with the analysis of the possible reasons in Lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiol. Sinica* 20:38-46
- 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 a fauna piscícola. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- Islam R, Mia J, Lithi U (2017) Spatial and Temporal Disparity of Fish Assemblage Relationship with Hydrological Factors in Two Rivers Tangon and Kulik, Thakurgaon, Bangladesh. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 17:1209-1218
- Iwatsubo, S., 1984. The analytical solutions of eigenvalue problem in the case of applying optimal scoring method to some types of data. In: Diday E. (ed.), *Data Analysis and Informations III*, North Holland, Amsterdam, pp. 31-40.
- Jackson R, Running S (2001). Water in a changing world. *Ecological Applications* 11: 1027-1045
- Jowett I (1997) Instream low methods: a comparison of approaches. *Regul. Rivers: Res. Manag.* 13: 115-127
- Karr J (1981) Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(6):21-27.
- Karr J, Dudley D (1981) Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5:55-68.
- Kestemont P, Didier J, Micha J, Depiereux E (2000) Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 121: 321–348

- Kwak T, Peterson J. (2007) Community indices, parameters, and comparisons. In: Guy SC Brown ML editors. Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data. American Fisheries Society. Maryland. p. 677-763
- Liu X, Hu X, Ao X, Wu X, Ouyang S (2017) Community characteristics of aquatic organisms and management implications after construction of Shihutang Dam in the Gangjiang River, China. Lake and Reservoir Management 3: 1-16
- Mace G, Masundire H, Baillie J, Ricketts T, Brooks T (2005) Biodiversity. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (eds.), Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends (Findings of the Condition and Trends Working Group). Island: 77-122
- Malmqvist B, Rundle S (2002) Threats to the running water ecosystems of the world. Environmental Conservation 29: 134–153
- Marchetti M, Moyle PB (2001) Effects of flow regime on fish assemblages in a regulated California stream. Ecological Applications 11: 530-539
- McCormick F, Larsen D (2000). Comparison of geographic classification schemes for Mid-Atlantic stream fish assemblages. Journal of the North American Benthological Society 19:385-404
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis, World Resources Institute, Washington, Wash, USA
- Molony, B. , 2001. Environmental requirements and tolerances of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: A review. FISHERIES RESEARCH REPORT. ISBN: 0 7309 8458 3. 130, 1-28.
- Moyle P, Randall P (1998) Evaluating the biotic integrity of watersheds in the Sierra Nevada, California. Conserv. Biol. 12: 1318-1326

- N'Zi K, Yao S, Bi G., Ndouba V (2015) Update of ichthyofauna diversity and ecological status of a coastal River Nero (Côte d'Ivoire - West Africa). *Saudi Journal of Biological Sciences* 22: 265-273
- Naiman R, Turner M (2000) A future perspective on North America's freshwater ecosystems. *Ecological Applications* 10: 958-970
- Nsor C, Obodai E (2016) Environmental Determinants Influencing Fish Community Structure and Diversity in Two Distinct Seasons among Wetlands of Northern Region (Ghana). *International Journal of Ecology* Volume 2016, Article ID 1598701
- Oliveira J (coord.), Santos J, Teixeira A, Ferreira M, Pinheiro P, Geraldes A and Bochechas J (2007) AQUARIPORT Project: Programa Nacional de Monitorização de Recursos Piscícolas e de Avaliação da Qualidade Ecológica de Rios. Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa, 96 pp.
- Paller V, Corpuz M, Ocampo P (2013) Diversity and Distribution of Freshwater Fish Assemblages in Tayabas River, Quezon (Philippines). *Philippine Journal of Science* 142 (1): 55-67
- Poff N, Allan J, Bain M, Karr J, Prestegard K, Richter B, Sparks R, Stromberg J (1997) The natural flow regime. *Bioscience* 47: 769-784
- Pombo L, Elliot M, Rebelo J (2005) Environmental influences on fish assemblage distribution of an estuarine coastal lagoon, Ria de Aveiro (Portugal). *Scientia Marina* 69 (1): 143-159
- Puth L, Wilson K (2001) Boundaries and corridors as a continuum of ecological flow control: lessons from rivers and streams. *Conservation Biology* 15: 21-30
- Raghavan R, Prasad G, Anvar-Ali P, Pereira B (2008) Exotic fish species in a global biodiversity hot spot: Observations from River Chalakudy, part of Western Ghats, Kerala, India. *Biological Invasions* 10: 37-40

- Rahel F (2003) Homogenization of freshwater faunas. Annual Review of Ecology & Systematics 33: 291-315
- Sa-Oliveira J, Hawes J, Isaac-Nahum V, Peres C (2015) Upstream and downstream responses of fish assemblages to an eastern amazonian hydroelectric dam. Freshwater Biology 60(10): 2037-2050
- Schmutz S, Cowx I, Haidvogel G, Pont D (2007) Fishbased methods for assessing European running waters: a synthesis. Fish. Manag. Ecol. 14: 369-380
- Simon K, Townsend C (2003) Impacts of freshwater invaders at different levels of ecological organisation, with emphasis on salmonids and ecosystem consequences. Freshwater Biology 48: 982-994
- Simon T (1999) Introduction: Biological integrity and use of ecological health concepts for application to water resource characterization. In: Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish Communities. Ed: Simon, T. P., Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 3-16.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition.* 1990. American Public Health Association, Washington, D. C.. Beachwatch.
- Ter-Brack C (1986) Canonical correspondance analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67: 1167-1179
- Whitfield A (1996) Fishes and the environmental status of South African estuaries. Fisheries Management Ecology 3: 45-57
- Wozney K, Haxton T, Kjartanson S, Wilson C (2011) Genetic assessment of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) population structure in the Ottawa River. Environmental Biology of Fishes 90: 183-195
- Wedemeyer, G.A. 1996. Physiology of fish in intensive culture systems. Chapman and Hall, New York, 232 p.

Wu J, Huang J, Han X, Xie Z, Gao X (2003) Three-Gorges Dam - experiment in
habitat fragmentation? Science 300: 1239-1240.
<https://doi.org/10.1126/science.1083312> PMID: 12764179

www.arkive.org/ (Jan 2014)

www.cartapiscicola.org/ (Sept 2013)

www.iucnredlist.org/ (Oct 2013)

Xie P, Chen Y (2001) Invasive carp in China's plateau lakes. Science 294: 999-
1000

Xie Y, Li, Z, Gregg W, Li D (2001) Invasive species in China - an overview.
Biodiversity and Conservation 10: 1317-1341

Ye S (2007) Studies on fish communities and trophic network model of shallow
lakes along the middle reach of the Yangtze River. PhD Dissertation.
Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan

Ye S, Li Z, Zhang T, Liu J, Xie S (2014) Assessing fish distribution and threats
to fish biodiversity in the Yangtze River Basin, China. Ichthyol Res (2014)
61:183-188

Zeng L, Zhou L, Guo D-L, Fu D-H, Xu P, Zeng S, Tang Q-D, Chen A-L, Chen F-
Q, Luo Y, Li G-F (2017) Ecological effects of dams, alien fish, and
physiochemical environmental factors on homogeneity/heterogeneity of
fish community in four tributaries of the Pearl River in China. Ecology and
Evolution 7:3904-3915

APPENDIXES

Protocols for water analysis of physical-chemical parameters

(Hanna HI 83200 Multiparameter Water Analysis Photometer)

Appendix 1 - Dissolved oxygen

OXIGÉNIO DISSOLVIDO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.0 a 10.0 mg/L
Resolução	0.1 mg/L
Precisão	± 0.4 mg/L $\pm 3\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.1 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 420 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater, 18ª edição</i> , método Winkler modificado Azide. A reacção entre o oxigénio dissolvido e os reagentes causa uma coloração amarela na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93732A-0	Reagente A	5 gotas
HI 93732B-0	Reagente B	5 gotas
HI 93732C-0	Reagente C	10 gotas

REAGENTE SET

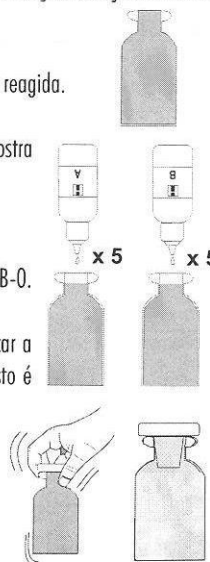
HI 93732-01 Reagentes para 100 testes

HI 93732-03 Reagentes para 300 testes

Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

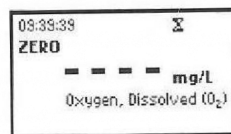
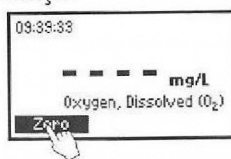
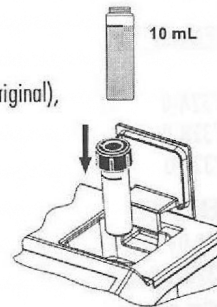
- Seleccione o método *Oxigénio Dissolvido* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha um frasco de vidro de 60 mL completamente com a amostra não reagida.
- Volte a colocar a tampa e assegure-se que uma pequena parte da amostra extravaza.
- Remova a tampa e adicione 5 gotas de HI 93732A-0 e 5 gotas de HI 93732B-0.
- Adicione mais amostra, para encher o frasco completamente. Volte a colocar a tampa novamente e assegure-se que uma parte da amostra extravaza. Isto é para se certificar que não permanecem presas bolhas de ar no seu interior, que podem alterar a leitura.
- Inverta o frasco várias vezes. A amostra torna-se laranja-amarela e o agente flocculante aparecerá.



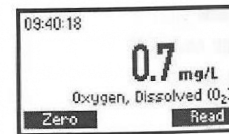
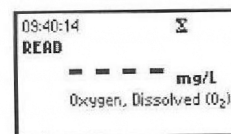
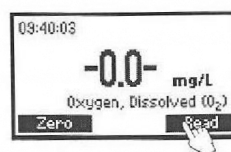
- Deixe a amostra repousar e o agente floculante começará a depositar-se.
- Após aproximadamente 2 minutos, quando a metade superior do frasco se torna limpa, adicione 10 gotas de HI 93732C-0.
- Volte a colocar a tampa e inverta o frasco até que o depósito do agente floculante se dissolva completamente. A amostra está pronta a efectuar medições quando está amarela e completamente limpa.



- Encha a cuvete até à marca com 10 mL de amostra não reagida (original), e substitua a tampa. Este é o branco.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete.
- Encha mais uma cuvete até à marca com 10 mL da amostra reagida e substitua a tampa.
- Reinsira a cuvete no instrumento.
- Pressione READ para iniciar a leitura. O Instrumento indicará os resultados em mg/L de oxigénio dissolvido.



INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser devidas a materiais redutores e oxidantes.

Appendix 2 - Ammoniacal compounds

AMÓNIA GAMA MÉDIA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 10.00 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.05 mg/L $\pm 5\%$ da leitura
Desvio Típico EMC	± 0.01 mg/L
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 420 nm
Método	Adaptação do <i>ASTM Manual of Water e Environmental Technology, D1426-92</i> , método Nessler. A reacção entre a amónia e os reagentes causa uma coloração amarela na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

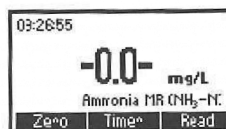
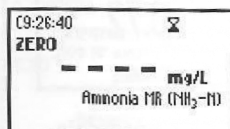
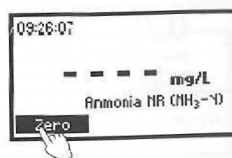
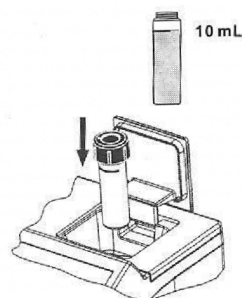
Código	Descrição	Quantidade
HI 93715A-0	Primeiro Reagente	4 gotas (6 gotas para água do mar)
HI 93715B-0	Segundo Reagente	4 gotas (10 gotas para água do mar)

CONJUNTOS DE REAGENTES

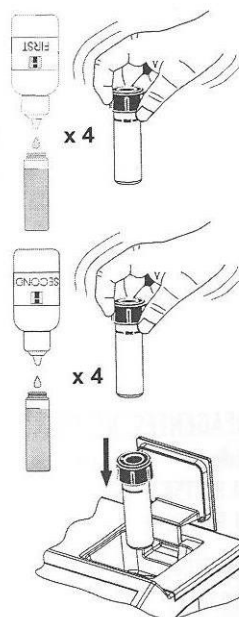
HI 93715-01 Reagentes para 100 testes
HI 93715-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

- Seleccione o método *Amónia GM* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete.
- Adicione 4 gotas do Primeiro Reagente HI 93715A-0 (6 gotas para análise da água do mar). Volte a colocar a tampa e misture a solução.
- Adicione 4 gotas do Segundo Reagente HI 93715B-0 (10 gotas para análise da água do mar). Volte a colocar a tampa e misture a solução.
- Reinsira a cuvete no instrumento.
- Pressione **TIMER** e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 3 minutos e 30 segundos e pressione **READ**. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O instrumento indica os resultados em mg/L de azoto de amónia ($\text{NH}_3\text{-N}$).



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional **Chem Frm** para converter o resultado em mg/L de amónia (NH_3) e amónio (NH_4^+).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

acetona, alcoóis, aldeídos, glicina, dureza acima de 1 g/L, ferro, cloraminas orgânicas, sulfureto, várias aminas alifáticas e aromáticas.

Appendix 3 - Calcium Hardness

DUREZA DE CÁLCIO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 2.70 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.11 mg/L $\pm 5\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.01 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater, 18ª edição</i> , método Calmagite. A reacção entre o cálcio e os reagentes causa uma coloração avermelhada-violeta na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

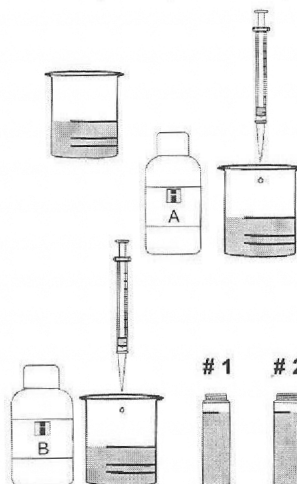
Código	Descrição	Quantidade
HI 93720A-0	Indicador Ca & Mg	0.5 mL
HI 93720B-0	Solução Alcalina	0.5 mL
HI 93720C-0	Solução EGTA	1 gota

CONJUNTOS DE REAGENTES

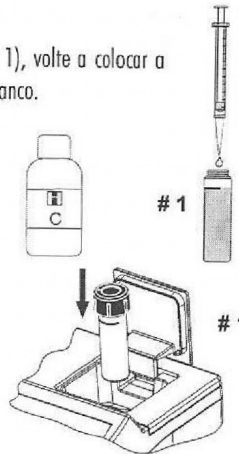
HI 93720-01 Reagentes para 100 testes
HI 93720-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

- Selecione o método *Dureza de Cálcio* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).
- Enxague um copo graduado várias vezes com amostra não reagida, antes de o encher até à marca de 50 mL com a amostra.
- Adicione 0.5 mL de solução Indicador de Cálcio HI 93720A-0 e agite para misturar.
- Adicione 0.5 mL de solução Alcalina HI 93720B-0 e agite para misturar. Use esta solução para enxaguar 2 cuvets antes de as encher até à marca de 10 mL.

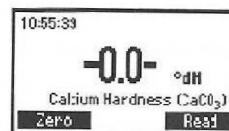
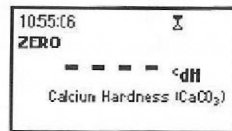
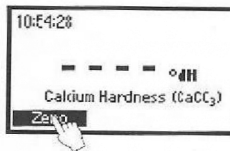


- Adicione 1 gota de solução EGTA HI 93720C-0 a uma cuvete (# 1), volte a colocar a tampa e inverta a cuvete várias vezes para misturar. Este é o branco.



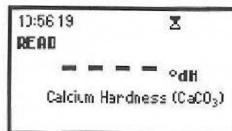
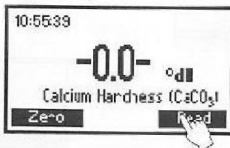
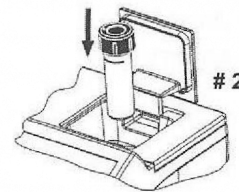
- Coloque a branco (# 1) no suporte e feche a tampa.

- Pressione a tecla ZERO. O medidor indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.

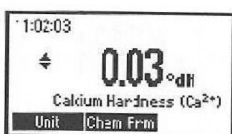
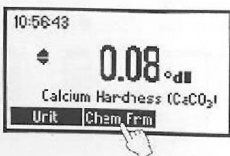


- Remova o branco e insira a segunda cuvete (# 2) no instrumento.

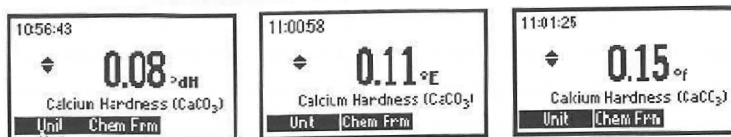
- Pressione READ para iniciar a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de dureza de cálcio, como CaCO₃.



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de Cálcio (Ca).



- Pressione a tecla funcional **Unit** para alterar a actual unidade de medição. Os resultados podem ser convertidos para graus Franceses ($^{\circ}f$), graus Alemães ($^{\circ}dH$) e graus Ingleses ($^{\circ}E$).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

Nota: Este teste detectará qualquer contaminação de cálcio no copo, seringas de medição ou células de amostragem. Para testar limpidamente, repita o teste várias vezes até obter resultados consistentes.

Nota: Para uma maior precisão lave os utensílios de vidro com HCl 6N.

DILUIÇÃO DA AMOSTRA

Este medidor foi desenhado para determinar os baixos níveis de dureza, normalmente encontrados em sistemas de purificação de água.

Quando testar outras fontes de água, não é incomum encontrar níveis de dureza que sejam maiores que a gama deste medidor.

Este problema pode ser resolvido através da diluição. As diluições devem ser efectuadas com água sem dureza ou as leituras serão erradas.

Uma diluição para reduzir o nível de dureza por um factor de uma centena é efectuada como a seguir indicado:

- Encha uma seringa de 1 mL com a amostra.
- Coloque a seringa num copo de 50 mL, assegurando-se que o copo esteja limpo e vazio, e injecte 0.5 mL no copo.
- Encha o copo até à marca de 50 mL com água sem dureza.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por quantidade excessivas de metais pesados.

Appendix 4 - Magnesium Hardness

DUREZA DE MAGNÉSIO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 2.00 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.11 mg/L $\pm 5\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.02 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater, 18ª edição</i> , método colorimétrico EDTA. A reacção entre o magnésio e os reagentes causa uma coloração avermelhada-violeta na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

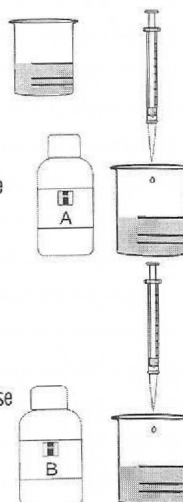
Código	Descrição	Quantidade
HI 93719A-0	Indicador Mg	0.5 mL
HI 93719B-0	Solução Alcalina	0.5 mL
HI 93719C-0	Solução EDTA	1 gota
HI 93719D-0	Solução EGTA	1 gota

CONJUNTOS DE REAGENTES

HI 93719-01 Reagentes para 100 testes
HI 93719-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

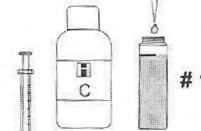
- Seleccione o método *Dureza de Magnésio* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Enxague um copo graduado várias vezes com amostra não reagida, antes de o encher até à marca de 50 mL com a amostra.
- Adicione 0.5 mL de solução Indicador de Magnésio HI 93719A-0, depois agite para misturar.
- Adicione 0.5 mL de Solução Alcalina HI 93719B-0 e agite para misturar. Use esta solução para enxaguar 2 cuvetes.



- Encha ambas as cuvetes até à marca de 10 mL.



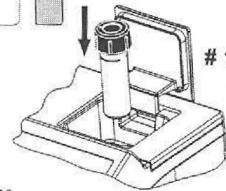
- Adicione 1 gota de solução EDTA HI 93719C-0 a uma cuvete (# 1), volte a colocar a tampa e inverta a cuvete várias vezes para misturar. Este é o branco.



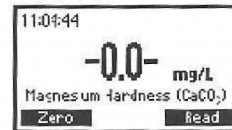
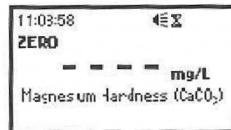
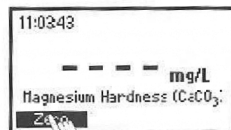
- Adicione 1 gota de solução EDTA HI 93719D-0 à segunda cuvete (# 2), volte a colocar a tampa e inverta a cuvete várias vezes para misturar. Esta é a amostra.



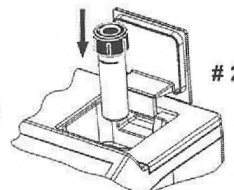
- Coloque o branco (# 1) no suporte e feche a tampa.



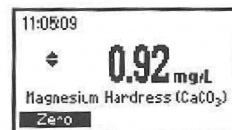
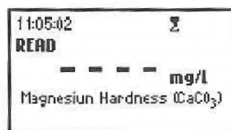
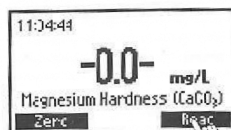
- Pressione a tecla ZERO. O medidor indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova o branco (# 1), insira a amostra (# 2) no instrumento, e feche a tampa.



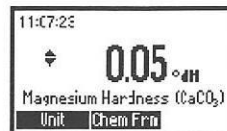
- Pressione READ para iniciar a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de dureza de magnésio, como CaCO₃.



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de Magnésio (Mg).



- Pressione a tecla funcional Unit para alterar a actual unidade de medição. Os resultados podem ser convertidos para graus Franceses (°f), graus Alemães (°dH) e graus Ingleses (°E).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

Nota: Este teste detectará qualquer contaminação de magnésio nos copos, seringas de medição ou células de amostragem. Para testar a limpidez, repita o teste várias vezes até obter resultados consistentes.

DILUIÇÃO DA AMOSTRA

Este medidor foi desenhado para determinar a dureza tipicamente encontrada em sistemas de purificação de água. De modo a medir amostras com alta dureza, siga o procedimento de diluição explicado na página 61 (Dureza de Ca).

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por quantidades excessivas de metais pesados.

Appendix 5 - Iron

FERRO GAMA ALTA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 5.00 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.04 mg/L $\pm 2\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.01 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungstênio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do método EPA de Fenantrolina 315B, para águas naturais e tratadas. A reacção entre o ferro e os reagentes causa uma coloração laranja na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

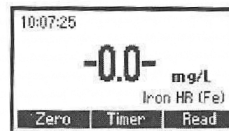
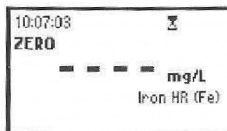
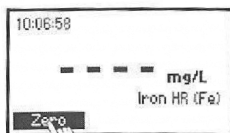
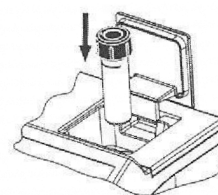
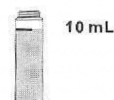
Código	Descrição	Quantidade
HI 93721-0	Reagente em Pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

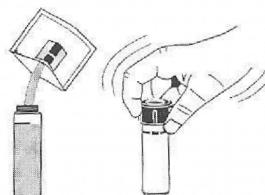
HI 93721-01 Reagentes para 100 testes
HI 93721-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

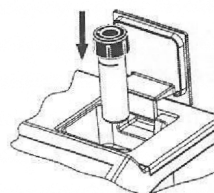
- Seleccione o método *Ferro GA* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" o medidor está a zero e pronto para a medição.



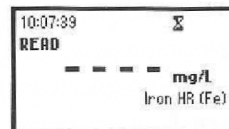
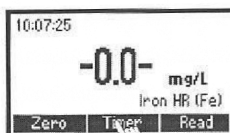
- Remova a cuvete e adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93721-0. Volte a colocar a tampa e agite até à completa dissolução.



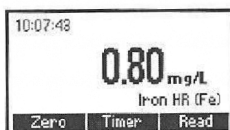
- Reinsira a cuvete no instrumento.



- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 3 minutos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura.



- O medidor indica a concentração em sílica mg/L de ferro.



INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

Molibdénio Molibdato acima de 50 ppm

Cálcio acima de 10000 ppm (como CaCO_3)

Magnésio acima de 100000 ppm (como CaCO_3)

Cloreto acima de 185000 ppm.

Appendix 6 - Phosphate

FOSFATO GAMA BAIXA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.00 a 2.50 mg/L
Resolução	0.01 mg/L
Precisão	± 0.04 mg/L $\pm 4\%$ da leitura
Desv. Típico EMC	± 0.01 mg/L
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 610 nm
Método	Adaptação do método Ácido Áscórbico. A reacção entre o fosfato e o reagente causa uma coloração azul na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

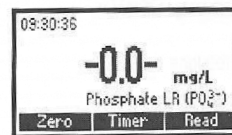
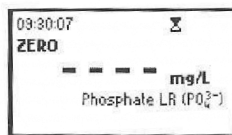
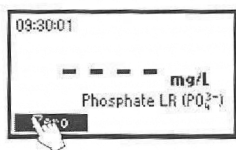
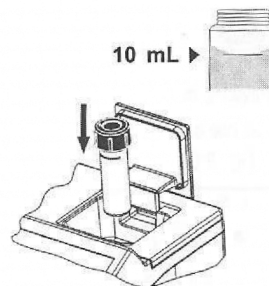
Código	Descrição	Quantidade
HI 93713-0	Reagente em pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

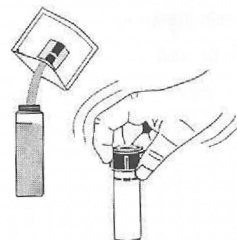
HI 93713-01 Reagentes para 100 testes
HI 93713-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

- Seleccione o método *Fosfato GB* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).
- Enxague, coloque a tampa na cuvete e agite várias vezes com amostra não reagida. Encha a cuvete com 10 mL de amostra até à marca e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.

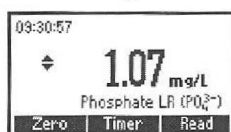
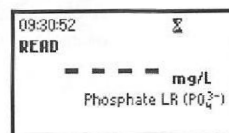
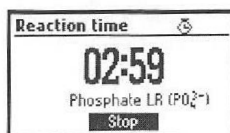
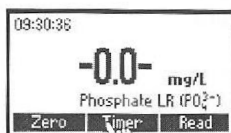
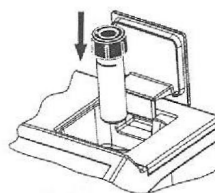


- Remova a cuvete e adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93713-0. Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente (durante cerca 2 minutos) até o pó estar completamente dissolvido.

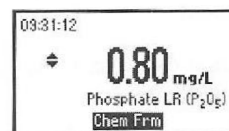
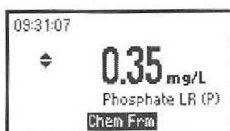
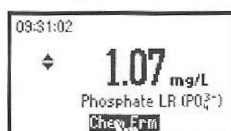


- Reinsira a cuvete no instrumento.

- Pressione **TIMER** e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 3 minutos e pressione **READ**. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de fosfato (PO_4^{3-}).



- Pressione as teclas **□** para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional **Chem Frm** para converter o resultado em mg/L de fósforo (P) e pentóxido de fósforo (P_2O_5).



- Pressione as teclas **□** para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

Ferro acima de 50 mg/L

Silica acima de 50 mg/L

Silicato acima de 10 mg/L

Cobre acima de 10 mg/L

Sulfureto de Hidrogénio, arsenato, as amostras turvas e as amostras altamente padronizadas podem também interferir.

Appendix 7 - Phosphorus

FOSFATO GAMA ALTA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.0 a 30.0 mg/L
Resolução	0.1 mg/L
Precisão	± 1 mg/L $\pm 4\%$ da leitura
Desv. Típico EMC	± 0.1 mg/L
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do <i>Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater, 18ª edição</i> , método Amino-Ácido. A reacção entre o fosfato e os reagentes causa uma coloração azul na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93717A-0	Molibdato	10 gotas
HI 93717B-0	Reagente B	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

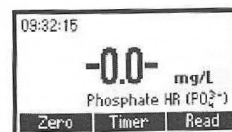
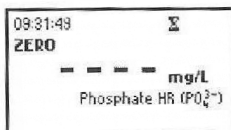
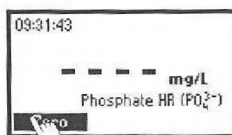
HI 93717-01 Reagentes para 100 testes

HI 93717-03 Reagentes para 300 testes

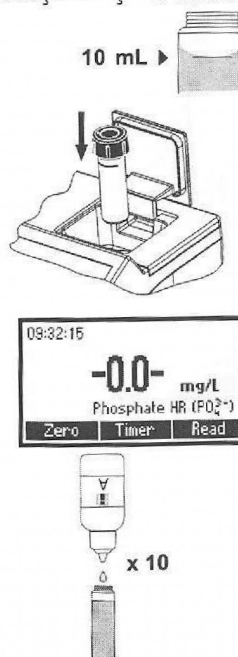
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

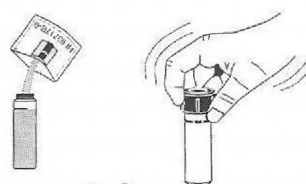
- Seleccione o método *Fosfato GA* usando o procedimento descrito na secção *Seleccção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete.
- Adicione 10 gotas de Reagente Molibdato HI 93717A-0.

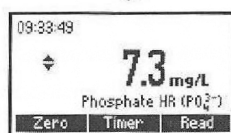
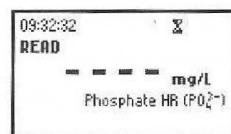
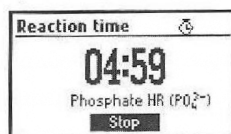
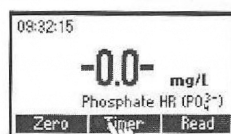
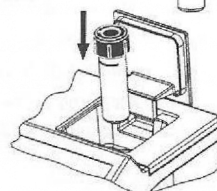


- Adicione o conteúdo de uma embalagem de HI 93717B-0 Reagente B de Fosfato GA à cuvete. Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente até estar completamente dissolvido.

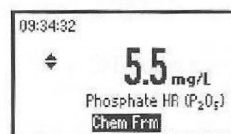
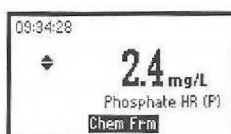
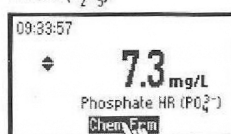


- Reinsira a cuvete no instrumento.

- Pressione **TIMER** e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 5 minutos e pressione **READ**. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O instrumento indica os resultados em mg/L de fosfato (PO_4^{3-}).



- Pressione as teclas **◀ ▶** para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional **Chem Frm** para converter o resultado em mg/L de fósforo (P) e pentóxido de fósforo (P_2O_5).



- Pressione as teclas **◀ ▶** para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

Sulfureto

Cloreto acima de 150000 mg/L)

Cálcio acima de 10000 mg/L como CaCO_3

Magnésio acima de 40000 mg/L como CaCO_3

Ferro ferroso acima de 100 mg/L

Appendix 8 - Nitrite

NITRITO GAMA ALTA

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0 a 150 mg/L
Resolução	1 mg/L
Precisão	± 4 mg/L $\pm 4\%$ da leitura
Desvio Típico	± 1 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 575 nm
Método	Adaptação do método Sulfato Ferroso. A reacção entre o nitrito e o reagente causa uma coloração esverdeada-castanha na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93708-0	Reagente em pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

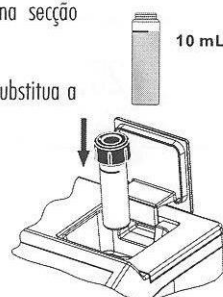
HI 93708-01 Reagentes para 100 testes

HI 93708-03 Reagentes para 300 testes

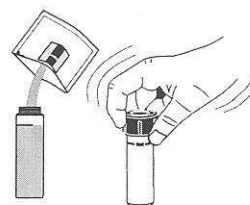
Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

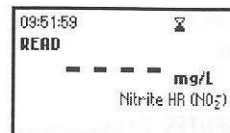
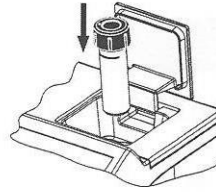
- Selecione o método *Nitrito GA* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).
- Encha a cuvete até à marca com 10 mL da amostra não reagida e substitua a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete.
- Adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93708-0. Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente até estar completamente dissolvido.



- Reinsira a cuvete no instrumento.
- Pressione **TIMER** e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 10 minutos e pressione **READ**. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O medidor indica a concentração em sílica mg/L de nitrito.



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional **Chem Frm** para converter o resultado em mg/L de azoto-nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) e nitrito de sódio (NaNO_2).
- Pressione as as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.



Appendix 9 - Nitrate

NITRATO

ESPECIFICAÇÕES

Gama	0.0 a 30.0 mg/L
Resolução	0.1 mg/L
Precisão	± 0.5 mg/L $\pm 10\%$ da leitura
Desvio Típico	± 0.1 mg/L
EMC	
Fonte de Luz	Lâmpada de tungstênio com filtro de banda de estreita interferência @ 525 nm
Método	Adaptação do método de redução de cádmio. A reação entre o nitrato e o reagente causa uma coloração âmbar na amostra.

REAGENTES NECESSÁRIOS

Código	Descrição	Quantidade
HI 93728-0	Reagente em pó	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

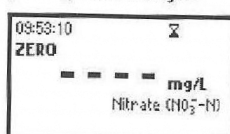
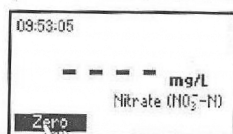
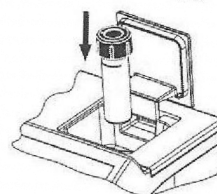
HI 93728-01 Reagentes para 100 testes

HI 93728-03 Reagentes para 300 testes

Para outros acessórios veja a página 128.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

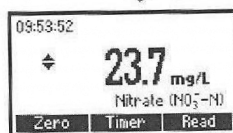
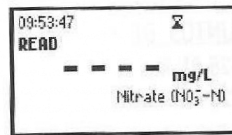
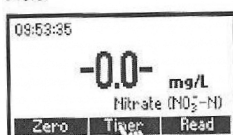
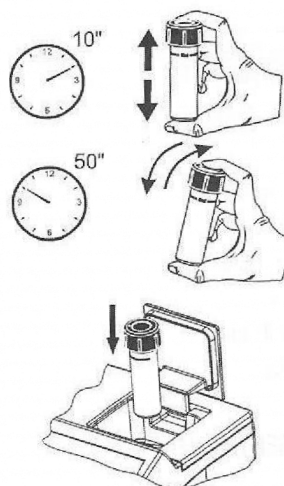
- Selecione o método *Nitrato* usando o procedimento descrito na secção *Seleção de Método* (ver página 12).
- Usando a pipeta, encha a cuvete com 6 ml de amostra, até metade da sua altura, e volte a colocar a tampa.
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.



- Remova a cuvete e adicione o conteúdo de uma embalagem de reagente HI 93728-0.



- Volte a colocar a tampa e agite imediatamente, vigorosamente, para cima e para baixo durante exactamente 10 segundos. Continue a misturar invertendo a cuvete cuidadosamente durante 50 segundos, enquanto tem atenção para não induzir bolhas de ar. O pó não se dissolverá completamente. O tempo e o modo de agitação podem afectar sensivelmente a medição.
- Reinsira a cuvete no instrumento, tendo em atenção para não a agitar.
- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 4 minutos e 30 segundos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura. O instrumento indica os resultados em mg/L de nitrato-azoto.



- Pressione as teclas \square para aceder ao segundo nível de funções.
- Pressione a tecla funcional Chem Frm para converter o resultado em mg/L de nitrato (NO_3^-).



- Pressione as teclas \square para voltar ao ecrã de medição.

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser causadas por:

- Amónia e aminas, como ureia e aminas alifáticas primárias
- Cloro acima de 100 ppm
- Cloro acima de 2 ppm
- Cobre
- Ferro(III)
- Substâncias fortemente oxidantes e redutoras
- Sulfureto deve estar ausente

Appendix 10 - Sulphate

SULFATO

ESPECIFICAÇÕES

Gama 0 a 150 mg/L
Resolução 5 mg/L
Precisão ± 5 mg/L $\pm 3\%$ da leitura
Fonte de Luz Lâmpada de tungsténio com filtro de banda de estreita interferência @ 466 nm
Método O Sulfato é precipitado com cristais de cloreto de bário. A absorvância de luz da suspensão é medida.

REAGENTES NECESSÁRIOS

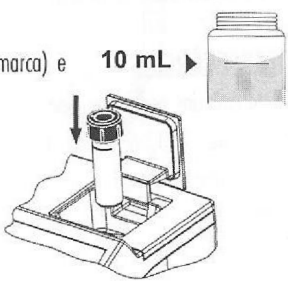
Código	Descrição	Quantidade
HI 93751-0	Reagente Indicador	1 embalagem

CONJUNTOS DE REAGENTES

HI 93751-01 Reagentes para 100 testes
HI 93751-03 Reagentes para 300 testes
Para outros acessórios veja a página 17.

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

Nota: para a preparação da amostra siga o procedimento de ÁGUA DE IRRIGAÇÃO (GB) na página 17.

- Selecione o método *Sulfato* usando o procedimento descrito na secção Seleção de Método (ver página 12).
- Encha a cuvete com 10 mL da amostra não reagida (até à marca) e substitua a tampa. 
- Coloque a cuvete no suporte e feche a tampa.
- Pressione a tecla ZERO. O mostrador indicará "-0.0-" quando o medidor está a zero e pronto para a medição.

09:07:13

--- mg/L

Sulfate (SO₄²⁻)

Zero

09:07:36

ZERO

--- mg/L

Sulfate (SO₄²⁻)

09:07:50

-0.0- mg/L

Sulfate (SO₄²⁻)

Zero | Timer | Read

- Remova a cuvete.

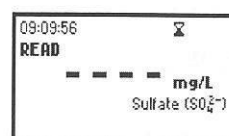
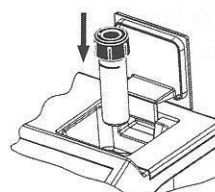
- Adicione o conteúdo de uma embalagem de HI 93751-0 Reagente Indicador.



- Volte a colocar a tampa e agite cuidadosamente durante 1 minuto.

- Reinsira a cuvete no instrumento.

- Pressione TIMER e o instrumento indicará a contagem decrescente anterior à medição ou, em alternativa, aguarde 5 minutos e pressione READ. Quando o temporizador terminar, o medidor efectuará a leitura.



- O medidor indica a concentração em silica mg/L de Sulfato (SO_4^{2-}).

INTERFERÊNCIAS

As interferências podem ser devidas a:

Cálcio (como CaCO_3) acima de 20000 mg/L

Cloreto (como Cl) acima de 40000 mg/L

Magnésio (como MgCO_3) acima de 10000 mg/L

Silica (como SiO_2) acima de 500 mg/L

Cor ou matéria suspensa em grandes quantidades interferem: a matéria suspensa deve ser removida por filtragem prévia.

A matéria orgânica em grandes quantidades pode impedir a precipitação de sulfato de bário.