



Extraído de: <http://cduarmamar.com.sapo.pt/Douro%20011.jpg>

A rede de monitorização da qualidade da água da ARH Norte, I. P. : análise espaço-temporal dos dados obtidos em algumas sub-bacias

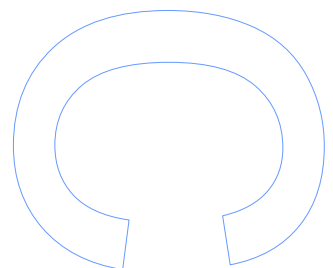
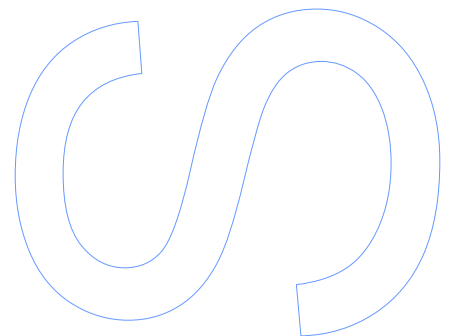
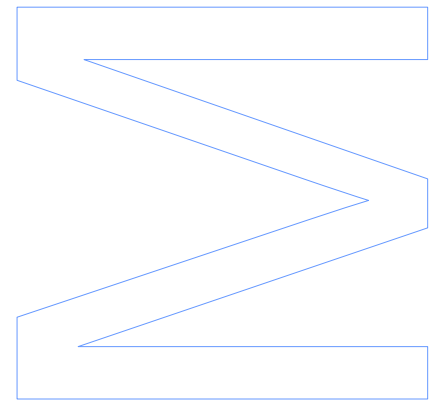
Fábio Emanuel Sá Rocha Oliveira Pinto
Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2012

Orientador

Nuno Formigo, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientadora

Manuela Silva, Chefe da Divisão de Monitorização e Informação, Agência Portuguesa do Ambiente – ARH Norte

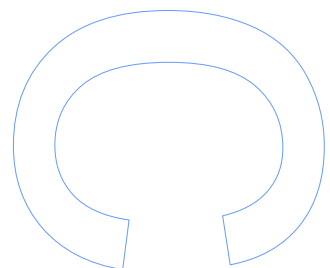
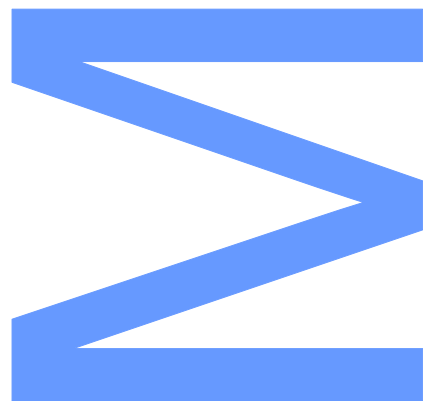




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Agradeço ao Professor António Guerreiro de Brito e ao Eng.º Pimenta Machado, que me disponibilizaram todos os meios necessários à realização deste estágio, ao Eng.º Arnaldo Machado pela preocupação e sentido humano demonstrado, à Dr.ª Manuela Silva pela amizade e enorme ajuda prestada, a todos os colaboradores do Departamento de Planeamento, Informação e Comunicação (DPIC) com quem tive oportunidade de trabalhar, com um especial agradecimento ao Eng.º Vitorino José, às Drs.ª Helena Valentim, Inês Correia, Dora Barros e Eng.ª Susana Sá, ao Eng.º João Mamede e aos Técnicos Marianela Campos e Gaspar Chaves pela imensa amizade demonstrada e por me facilitarem e explicitarem toda a metodologia de trabalho do laboratório e da ARH do Norte, I. P., além de me transmitirem conhecimentos essenciais, facilitadores de uma melhor aprendizagem.

Uma palavra de reconhecimento e estima ao meu orientador e professor, o Dr.º Nuno Formigo, pois sem ele e sem o seu incansável trabalho e extrema dedicação ao longo destes anos, não seria possível o desenvolvimento deste tão útil estágio.

Agradeço também a todos os professores que passaram pela minha vida académica ao longo destes anos, nomeadamente ao Dr.º António Guerner Dias pelos conhecimentos transmitidos, assim como, pela possibilidade de ingresso como estagiário na ARH do Norte, I. P.

À minha família, nomeadamente, aos meus pais, que me apoiaram sempre nesta fase importante da minha vida e do meu percurso académico.

À minha namorada, Patrícia Azevedo, com quem partilhei momentos e histórias do tempo de estágio, agradeço o apoio, compreensão e dedicação atenta.

Aos meus amigos mais próximos, porque me apoiam e pela sua amizade que me sabe tão bem experimentar.

Aos meus colegas de curso, pela partilha de experiências, conhecimentos e técnicas, uma mais-valia para o enriquecimento indiscutível desta minha vida pessoal e académica.

Resumo

A complexidade intrínseca à gestão dos recursos hídricos requer instrumentos de planeamento que apoiem as decisões. Com efeito, no âmbito nacional, a legislação aplicável à monitorização da qualidade da água é essencialmente constituída pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto. A nível comunitário destaca-se a Diretiva 2000/60/CE, de 23 de outubro de 2000, designada por Diretiva-Quadro da Água (DQA).

A ARH Norte I.P., instituição responsável pela coordenação do planeamento de recursos hídricos e pelos sistemas de monitorização da qualidade da água na região Norte de Portugal, conta com o Laboratório de Águas onde se efetuam determinações analíticas físico-químicas e microbiológicas fundamentais na gestão dos recursos hídricos da sua área de jurisdição.

O trabalho consistiu na determinação de parâmetros como os cloretos, carência bioquímica de oxigénio (CBO₅) por dois métodos distintos, oxidabilidade, carência química de oxigénio (CQO), pH, condutividade, sólidos suspensos totais (SST) e coliformes fecais e totais.

A etapa seguinte resumiu-se, essencialmente, à seleção das sub-bacias a analisar. Assim, foram selecionadas as sub-bacias do Lima, Ave, Sabor, Tua e Paiva.

Seguidamente, após a escolha das estações em articulação com os tipos de amostragem, foram elaborados mapas relativos a cada sub-bacia e estações de amostragem estudadas, assim como a análise das suas características principais.

A fase final da metodologia e o objetivo principal do trabalho consistiu no tratamento e introdução dos dados no programa Statistica®, possibilitando uma análise estatística espaço-temporal emparelhada por sub-bacia através de diagramas “caixa-de-bigodes”, bem como uma análise geral por sub-bacia através de gráficos de análise dos componentes principais e correlações.

Em geral, os resultados e conclusões obtidas permitem aferir que as sub-bacias do Lima, Ave e Tua apresentam parâmetros que merecem alguma atenção na sua monitorização, essencialmente por pressões antropogénicas junto de grandes aglomerados populacionais e industriais. Já as sub-bacias do Sabor e Paiva evidenciam resultados/parâmetros em melhores condições que os anteriores, possivelmente pela menor quantidade/qualidade dos dados obtidos.

Palavras-Chave: Diretiva-Quadro da Água (DQA), rede de monitorização, qualidade da água, ARH Norte, I. P., parâmetros, sub-bacias, análise estatística espaço-temporal.

Abstract

The intrinsic complexity of water resources management requires planning tools that support decisions. In fact, at the national level, the legislation applicable to the monitoring of water quality is essentially constituted by Decree-Law n. 236/98 of 1 August. In a Community context, there is the 2000/60/CE Directive of 23 October 2000, known as the Water Framework Directive (WFD).

The ARH Norte I.P., responsible institution for coordinating the planning of water resources and systems for monitoring water quality in the northern region of Portugal, relies on the Waters Laboratory to perform physicochemical and microbiological analytical determinations, fundamental in the management of water resources in its area of jurisdiction.

The work consisted in determining parameters such as chlorides, biochemical oxygen demand (BOD5) by two different methods, oxidizability, chemical oxygen demand (COD), pH, conductivity, total suspended solids (TSS) and total and fecal coliforms.

The next step summed up essentially to the selection of sub-basins to analyze. Therefore, we selected the sub-basins of Lima, Ave, Sabor, Tua and Paiva. Then, after the choice of stations in conjunction with the types of sampling, maps were prepared concerning each sub-basin and sampling stations studied, as well as analysis of their main characteristics.

The final phase of the methodology and the main objective of the study consisted in the treatment and entering data into the Statistica®, providing a spatiotemporal statistical analysis matched by sub-basin through diagrams box-and-whisker plots as well as an overview per sub-basin through graphs of principal component analysis and correlations.

In general, the results and conclusions obtained allow us to understand the sub-basins of Lima, Ave and Tua show parameters which deserve some attention in its monitoring, mainly by anthropogenic pressures from large population and industrial centers. The sub-basins of Sabor and Paiva show results/parameters in better conditions than the previous, possibly because of the smaller quantity/quality of the data obtained.

Keywords: Water Framework Directive (WFD), network monitoring, water quality, ARH Norte I. P., parameters, sub-basins, spatiotemporal statistical analysis.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento legal.....	1
1.2. Qualidade da água	4
1.3. ARH do Norte, I. P.	6
1.4. Laboratório de Águas	8
1.5. Rede de Monitorização	12
1.6. Parâmetros determinados.....	16
2. Metodologia	30
2.1. Trabalho laboratorial.....	30
2.2. Seleção de pontos e características das sub-bacias.....	36
2.3. Tratamento estatístico dos dados	51
3. Apresentação e discussão de resultados.....	54
3.1. Sub-bacia do Lima.....	55
3.2. Sub-bacia do Ave	65
3.3. Sub-bacia do Sabor	78
3.4. Sub-bacia do Tua	88
3.5. Sub-bacia do Paiva.....	99
4. Conclusão.....	107
5. Referências bibliográficas.....	109
Anexo I – Pontos de amostragem	113

Índice de figuras

Fig. 1 – Sala de ensaios físico-químicos gerais	10
Fig. 2 – Autoclave para esterilização de material	10
Fig. 3 – Sala de pesagens	11
Fig. 4 – Sala de ensaios físico-químicos com um autoanalisador	11
Fig. 5 – Sala de receção e conservação de amostras.....	12
Fig. 6 – Determinação de cloretos pelo método argentométrico	30
Fig. 7 – Estufa a $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ para incubar na obscuridade as amostras durante 5 dias..	31
Fig. 8 – Aparelho SP100 para a determinação do CBO_5 por método potenciométrico	31
Fig. 9 – Precipitado de hidróxido de manganês (II) e acidificação da solução – método de Winkler.....	32
Fig. 10 – Ebulição durante 10 minutos em meio ácido para a determinação da oxidabilidade.....	32
Fig. 11 – Titulação da solução com permanganato de potássio até leve coloração rósea para a determinação da oxidabilidade.....	33
Fig. 12 – Cuvetes com as soluções das amostras de água para a determinação do CQO	33
Fig. 13 – Aquecimento das cuvetes no reator para a determinação do CQO	34
Fig. 14 – Titulador automático para a determinação do pH	34
Fig. 15 – Titulador automático para a determinação da condutividade.....	35
Fig. 16 – Filtração, secagem na estufa e arrefecimento no exsiccador para posterior pesagem de SST	35
Fig. 17 – Rampa de filtração e membrana colocada sobre o meio de cultura	36
Fig. 18 – Mapa geral de todas as sub-bacias e estações de amostragem analisadas	39
Fig. 19 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Lima	42
Fig. 20 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Ave44	
Fig. 21 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Sabor	46
Fig. 22 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Tua48	
Fig. 23 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Paiva	50
Fig. 24 – Diagrama “caixa-de-bigodes”	53
Fig. 25 – Legenda dos diagramas de “caixa-de-bigodes” a seguir apresentados.....	54
Fig. 26 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO_5 da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo	55

Fig. 27 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo.....	56
Fig. 28 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo	57
Fig. 29 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O ₂ dissolvido da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo.....	58
Fig. 30 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo.....	59
Fig. 31 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo	60
Fig. 32 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo	61
Fig. 33 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo.....	62
Fig. 34 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Lima.....	63
Fig. 35 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Lima.....	63
Fig. 36 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Lima.....	64
Fig. 37 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO ₅ da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	65
Fig. 38 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	66
Fig. 39 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	67
Fig. 40 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O ₂ dissolvido da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	68
Fig. 41 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	69
Fig. 42 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	70
Fig. 43 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	71
Fig. 44 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	72
Fig. 45 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro coliformes fecais da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	73
Fig. 46 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro coliformes totais da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo	74

Fig. 47 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Ave.....	75
Fig. 48 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Ave.....	75
Fig. 49 - Análise de componentes principais (tratada) relativa à sub-bacia do Ave	76
Fig. 50 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Ave	76
Fig. 51 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO ₅ da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	78
Fig. 52 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	79
Fig. 53 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	80
Fig. 54 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O ₂ dissolvido da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	81
Fig. 55 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	82
Fig. 56 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	83
Fig. 57 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	84
Fig. 58 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo	85
Fig. 59 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Sabor	86
Fig. 60 - Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Sabor	86
Fig. 61 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Sabor	87
Fig. 62 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO ₅ da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	88
Fig. 63 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	89
Fig. 64 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	90
Fig. 65 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O ₂ dissolvido da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	91
Fig. 66 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	92
Fig. 67 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	93
Fig. 68 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	94

Fig. 69 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo	95
Fig. 70 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Tua.....	96
Fig. 71 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Tua.....	96
Fig. 72 – Análise de componentes principais (tratada) relativa à sub-bacia do Tua	97
Fig. 73 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Tua	97
Fig. 74 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO ₅ da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo	99
Fig. 75 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O ₂ dissolvido da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo.....	100
Fig. 76 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo	101
Fig. 77 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo	102
Fig. 78 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo.....	103
Fig. 79 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Paiva.....	104
Fig. 80 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Paiva.....	104
Fig. 81 - Análise de componentes principais (tratada) relativa à sub-bacia do Paiva	105
Fig. 82 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Paiva	105

Abreviaturas

ACP – Análise de Componentes Principais

Ag_2SO_4 – Sulfato de Prata

APA, I. P. – Agência Portuguesa do Ambiente, I. P.

ARH do Norte, I. P. – Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P.

ARH, I. P. – Administrações de Região Hidrográfica, I. P.

CADC – Comissão para a Aplicação e Desenvolvimento da Convenção de Albufeira
(Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias
Hidrográficas Luso-Espanholas)

CBO_5 – Carência Bioquímica de Oxigénio em 5 dias

CCDR – Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CCDR Norte – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte

CF – Coliformes fecais

CT – Coliformes totais

CH_4 – Metano

CO_2 – Dióxido de Carbono

CP – Componentes Principais

CQO – Carência Química de Oxigénio

DL – Decreto-Lei

DMI – Divisão de Monitorização e Informação

DPIC – Departamento de Planeamento, Informação e Comunicação

DQA – Diretiva-Quadro da Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

Fe^{2+} – Catião Ferro (II)

H_2S – Ácido Sulfídrico

INAG, I. P. – Instituto da Água, I. P.

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – Dicromato de Potássio

KMnO_4 – Permanganato de Potássio

MAMAOT – Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do
Território

MAOTDR – Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do
Desenvolvimento Regional

NH_4^+ – Catião Amónio

NO_2^- – Anião Nitrito

O_2 – Oxigénio

OMS – Organização Mundial de Saúde

PCIP – Prevenção e Controlo Integrados da Poluição

PCTI – Procedimento Comum de Troca de Informação

PGRH – Planos de Gestão de Região Hidrográfica

pH – Potencial Hidrogeniónico

RH1 – Região Hidrográfica do Minho e Lima

RH2 – Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça

RH3 – Região Hidrográfica do Douro

RQE – Rácio de Qualidade Ecológica

S^{2-} – Anião Sulfureto

SEPNA – Serviço de Proteção da Natureza e Ambiente

SST – Sólidos Suspensos Totais

UFC – Unidades Formadoras de Colónias

VMA – Valor Máximo Admissível

VMR – Valor Máximo Recomendável

1. Introdução

A água, elemento essencial à vida, exerceu desde a antiguidade um papel fundamental na fixação humana em aglomerados populacionais e no seu grau de progresso social. Se bem que esta conceção de água como recurso criador de riqueza tenha estado sempre indissociavelmente ligada à função que esta detém como condicionante da própria existência dos seres vivos, foi a possibilidade da sua utilização em larga escala que mais determinou a evolução do relacionamento entre a água e o Homem.

Em relação à sociedade ocidental poderá dizer-se que, ainda que tenha sido a curiosidade científica o estímulo inicial das atividades de monitorização foi sem dúvida o desenvolvimento da exploração da água como recurso natural, resultante da revolução industrial, que mais contribuiu para a difusão da atividade de monitorização dos recursos hídricos desde então.

Em Portugal esta expansão da monitorização dos recursos hídricos simultânea com a expansão da utilização da água como recurso é mais sentida nas décadas de 30/40 no apoio ao planeamento hidroelétrico e de rega.

Nas últimas décadas a componente ambiental da água como suporte a uma diversidade de ecossistemas tem vindo a ser recuperada pelas sociedades industrializadas, curiosamente por aquelas que mais subjugaram a utilização do recurso água ao crescimento económico insustentável no passado. À semelhança do que foi descrito anteriormente, também este procedimento de recuperação conceptual teve reflexo nas atividades de monitorização estando, neste aspeto, relacionado com o crescimento das redes de medição da qualidade da água.

Ainda que muitas das preocupações de monitorização e controlo da qualidade da água tenham estado, numa primeira fase, mais direcionadas para a proteção dos sistemas de abastecimento de água, a preservação dos ecossistemas constituiu um novo dado quer para o planeamento e gestão dos recursos hídricos quer para a própria monitorização dos meios hídricos, existindo um movimento progressivo no sentido do alargamento da monitorização (INAG, 1996).

1.1. Enquadramento legal

A complexidade inerente à gestão dos recursos hídricos e o seu impacto económico, social e ambiental requer um instrumento de planeamento que apoie a decisão, que permita assegurar uma utilização sustentada e que promova o cumprimento de objetivos de prevenção, proteção, recuperação e valorização de um

recurso escasso e estratégico para a competitividade territorial. Com efeito, a pressão crescente a que estão sujeitos os recursos hídricos obriga à adoção de políticas mais abrangentes. Neste sentido, o planeamento e a gestão dos recursos hídricos exigem, antes de mais, um profundo conhecimento da região e da realidade da bacia hidrográfica em causa, sem prejuízo do necessário enquadramento legal no contexto de orientações definidas nacional e/ou comunitariamente.

No âmbito nacional, a legislação aplicável à monitorização da qualidade da água é essencialmente constituída pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, o qual contempla as normas de qualidade aplicáveis a vários tipos de água, nomeadamente águas doces superficiais e subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano, águas doces superficiais para fins aquícolas – águas piscícolas, águas balneares e águas de rega. Assim, os programas de monitorização implementados foram estabelecidos de modo a verificar a conformidade da qualidade das águas com as respetivas normas. Contudo, os referidos programas de monitorização também tiveram em consideração a Decisão 77/795/CEE (Procedimento Comum de Troca de Informação) e o Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68/99, de 11 de março, que transpõe a Diretiva 91/676/CEE, de 12 de dezembro, relativa à Proteção das Águas contra os Nitratos de Origem Agrícola (Machado *et al.*, 2010).

O quadro legal da gestão da água é composto por um conjunto de diplomas alargado, com claro destaque para a Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, designada por Diretiva-Quadro da Água (DQA). A DQA preconiza uma abordagem abrangente e integrada de proteção e gestão da água, com o objetivo de alcançar o bom estado de todas as massas de água em 2015. De acordo com esta Diretiva comunitária os Estados Membros têm a obrigação de classificar o estado das massas de água de superfície, sendo este definido em função do pior dos dois estados, ecológico ou químico. De modo a alcançar o objetivo do bom estado, a DQA requer que as massas de água de superfície atinjam pelo menos o bom estado ecológico e o bom estado químico, sendo a prevenção da degradação do estado das massas de água outro dos objetivos primordiais desta diretiva. A DQA foi transposta para o direito nacional pela Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), complementada pelos Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março e Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio, que regulamenta o regime da utilização dos recursos hídricos. A DQA procura contribuir para uma correta política de planeamento dos recursos hídricos através dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH), instrumentos principais da implementação da DQA e que provocarão efeitos diretos sobre as atividades e usos da água nas respetivas regiões.

Desde cedo, ficou claro que este instrumento normativo era portador de uma ambição normativa superior pretendendo operar um “salto em frente” no panorama da gestão das águas da Comunidade Europeia, se não mesmo contribuir para um progresso qualitativo no contexto regional europeu mais vasto. Cumpre por isso caracterizar e perceber o conteúdo e sentido desta ambição, de forma a avaliar a sua justificação no contexto em que se inscreve.

No termo do século XX, estudos de instâncias várias, mas sobretudo da Agência Europeia do Ambiente, faziam soar o alarme: o ambiente aquático da Europa, em geral, e da Comunidade Europeia, em especial, merecia cuidado. As águas doces da Comunidade e todo o ambiente que nelas se sustenta estavam “doentes”, evidenciando graves problemas de poluição e qualidade. Acresce que as perspetivas para o futuro também não pareciam risonhas, temendo-se até uma contínua degradação, resultante do previsível crescimento das pressões para obter mais quantidades de água e de boa qualidade, para além de um número crescente de utilizações de mais variada natureza.

Contudo, tal estado não se podia atribuir, seguramente, à falta de iniciativas normativas e instrumentos normativos dedicados ao setor. Para além das questões da água doce terem merecido esforços legislativos e administrativos no plano nacional e uma teia de convenções e costumes sobre os mais diversos usos dos rios internacionais europeus e, mais recentemente, da proteção das suas águas no plano internacional, a verdade é que a matéria das águas desde muito cedo foi objeto de numerosas iniciativas jurídicas comunitárias. Pode-se mesmo dizer que ela constitui um dos domínios mais regulados da política ambiental da Comunidade, podendo-se, aliás, tê-la como pioneira na constituição de uma consciência ambiental no quadro comunitário europeu e na sua afirmação normativa. Assim, a água motivou a construção de um imponente edifício normativo que se pode dividir em três fases principais no contexto da construção da sua política comunitária:

- a) Primeira fase – inicia-se na década de 70, com a elaboração do primeiro Programa de Acção Ambiental, adotado em 1973. A diversa legislação que, nesta base, se vai produzir segue um vetor dominante: procura lutar contra a poluição das águas e proteger a sua qualidade através do controlo dos focos poluentes tópicos. Procura também determinar ações e medidas de controlo incidentes sobre determinadas substâncias poluentes, bem como fontes poluentes facilmente identificáveis;
- b) Segunda fase – corresponde às iniciativas normativas da década de oitenta até ao ano de 1991. Ainda se liga muito à primeira fase, mas há nesta fase a novidade da aceitação do objetivo da aplicação, assim como o reconhecimento

das insuficiências do regime anterior. Por vários anos, de facto, pouco mais se adiantou no desenvolvimento da política da água, para além da adoção das chamadas Directivas-filhas derivadas das antecedentes, como por exemplo, a Diretiva do Tratamento Urbano de Resíduos Líquidos, a Diretiva Nitratos ou a Diretiva das Substâncias Perigosas. A ausência de iniciativas normativas de raiz não significou, contudo, falta de reflexão sobre o estado das coisas, mas antes uma progressiva consciencialização das deficiências da legislação anterior.

- c) Terceira fase – apesar dos progressos realizados, esta fase também se caracterizou por soluções incompletas e falhas no estabelecimento de um regime jurídico-comunitário de conjunto para a ampla problemática da água. Acresce que a legislação derivada da primeira fase havia, entretanto, perdido atualidade com o decurso do tempo, o que aumentava um panorama de falta de cumprimento da legislação comunitária da água. Tudo se conjugava, portanto, para a imposição da necessidade de uma reforma estrutural de fundo da política comunitária da água.

Assim, a DQA surge como um documento de unidade no que diz respeito à política de gestão dos recursos hídricos. Por um lado, pela apreensão da unidade fundamental do ciclo hidrológico e da relação ecológica dos elementos que nele interagem – águas de diversos tipos, ecossistemas terrestres, clima. A Diretiva-Quadro assume a necessidade de os tratar em conjunto e não isoladamente, o que afirma o seu sentido inovador, integrado e reformista, contrastando com a abordagem setorial da anterior legislação. Por outro, a DQA procura também constituir-se como o instrumento jurídico único que define o quadro normativo fundamental harmonioso e coerente, transparente e eficaz capaz de contribuir para um duplo objetivo de uma política comunitária que proteja as águas e que garanta a sua utilização sustentável (Henriques *et al.*, 2000).

Com a aprovação da DQA em articulação com a legislação nacional, a monitorização dos ecossistemas aquáticos abandonou a abordagem clássica da água como recurso, passando a encará-la como suporte dos ecossistemas.

1.2. Qualidade da água

A água é um recurso indispensável para a humanidade, mas também para os outros organismos e para a manutenção das funções e da integridade dos ecossistemas. É um elemento fundamental para o desenvolvimento sustentável dos países, pelo que a falta de água ou a falta de água com qualidade diminuem a

qualidade de vida das populações. Devido ao aumento da população humana as necessidades de água têm vindo a aumentar. No entanto, as atividades humanas direta ou indiretamente podem diminuir a qualidade da água, tornando-a imprópria para determinados fins, ou seja, podem diminuir a quantidade de água com qualidade para ser utilizada nalgumas atividades.

Como mencionado anteriormente, na União Europeia a legislação regula a gestão das águas superficiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas, de forma a:

a) Evitar a continuidade da degradação, proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água;

b) Promover uma utilização sustentável de água, baseada numa proteção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;

c) Obter uma proteção reforçada e uma melhoria do ambiente aquático, nomeadamente através de medidas específicas para a redução gradual e a cessação ou eliminação por fases das descargas, das emissões e perdas de substâncias prioritárias;

d) Assegurar a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evitar o agravamento da sua poluição;

e) Mitigar os efeitos das inundações e das secas;

f) Assegurar o fornecimento em quantidade suficiente de água de origem superficial e subterrânea de boa qualidade, conforme necessário para uma utilização sustentável, equilibrada e equitativa da água;

g) Proteger as águas marinhas, incluindo as territoriais;

h) Assegurar o cumprimento dos objetivos dos acordos internacionais pertinentes, incluindo os que se destinam à prevenção e eliminação da poluição no ambiente marinho.

O conceito de qualidade da água é relativo, já que depende do uso a que se destina ou do objetivo do seu utilizador. Assim, a qualidade da água pode ser definida, para fins específicos, como o conjunto de características físicas, químicas e biológicas adequadas à sua utilização para determinado uso. Para cada uso da água é pois necessário estabelecer as exigências relativas à sua qualidade, isto é, definir parâmetros de qualidade e estabelecer os seus valores-limite.

Os limites paramétricos estabelecidos na legislação são principalmente desenvolvidos para a prevenção da ocorrência de surtos sanitários, fornecendo uma informação limitada sobre a proteção do ambiente e da saúde. Os limites paramétricos

podem definir-se como: a concentração de uma substância ou organismo que não representa um perigo significativo para a saúde de um número significativo de utilizadores; as condições nas quais a exposição a essa substância ou organismo não são prováveis; ou uma combinação de ambos. Assim, são normalmente impostos na legislação dois limites paramétricos, o valor máximo recomendável (VMR) e o valor máximo admissível (VMA). O VMR é o valor de norma de qualidade que não deverá ser excedido e garante a manutenção da saúde do consumidor e a cobertura das suas necessidades alimentares. O VMA é o valor da norma de qualidade que não pode mesmo ser excedido (Abelho, 2010).

1.3. ARH do Norte, I. P.

A Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), transpondo para direito nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas criou cinco Administrações de Região Hidrográfica (ARH, I. P.) e determinou as respetivas atribuições e competências a nível da gestão das águas e da respetiva área territorial. Consagrou ainda a região hidrográfica como unidade principal de planeamento e gestão das águas, tendo por base a bacia hidrográfica como estrutura territorial.

Por outro lado, o Decreto-Lei n.º 208/2007, de 29 de maio definiu a missão e atribuições das ARH, I. P. Assim, com a sua entrada em vigor, as ARH, I. P., passam a exercer as competências praticadas pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), criadas pelo Decreto-Lei n.º 134/2007, de 27 de abril, em matéria de recursos hídricos, nomeadamente no que se refere ao exercício das competências de fiscalização e licenciamento.

De acordo com o mesmo Decreto-Lei, a ARH do Norte, I. P., é um instituto público periférico integrado na administração indireta do Estado, prossequindo atribuições do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), tendo como missão proteger e valorizar as componentes ambientais das águas, bem como proceder à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito da respetiva circunscrição territorial de atuação.

Deste modo, e conforme estipulado no artigo 1.º da Portaria n.º 393/2008, de 5 de junho, a Administração de Região Hidrográfica do Norte, I. P. (ARH do Norte, I. P.) sucede à CCDR-Norte no domínio dos recursos hídricos em todas as posições jurídicas por ela tituladas. A portaria n.º 394/2008, de 5 de junho, no desenvolvimento do Decreto-Lei n.º 208/2007, de 29 de maio, aprova os estatutos da Administração da

Região Hidrográfica do Norte, I. P., com efeitos a 1 de Julho de 2008 e determina a sua estrutura e organização interna.

A ARH do Norte, I. P., assume como visão consagrar a água como elemento focal catalisador da sustentabilidade local e regional. Esta visão integra a proteção dos valores ecológicos da água com usos económicos ajustados, num quadro de atuação que potencie a água como um capital estratégico, passível de favorecer a competitividade nacional e assegurar o desenvolvimento humano.

A missão da ARH do Norte, I. P. desenvolve-se num quadro estratégico de regulação ambiental e está focada na proteção das componentes ambientais das águas e na valorização dos recursos hídricos, tal como consagrado na Lei da Água e no Decreto-Lei nº. 208/2007, de 29 de maio. No cumprimento da sua missão, a ARH do Norte, I. P. reconhece que a água representa uma significativa valia económica e social pelo que, face à vulnerabilidade dos ecossistemas aquáticos e terrestres associados, segue um conjunto de princípios de planeamento, de princípios económicos e de princípios ambientais.

São atribuições da ARH do Norte, I. P.:

- a) Elaborar e executar os Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas e os Planos Específicos de Gestão das Águas e definir e aplicar os programas de medidas;
- b) Decidir sobre a emissão e emitir os títulos de utilização dos recursos hídricos e fiscalizar o cumprimento da sua aplicação;
- c) Realizar a análise das características da respetiva Região Hidrográfica e das incidências das atividades humanas sobre o estado das águas, bem como elaborar a análise económica das utilizações das águas e promover a requalificação dos recursos hídricos e a sistematização fluvial;
- d) Elaborar os Planos de Ordenamento da Orla Costeira e os Planos de Ordenamento dos Estuários na área da sua jurisdição e elaborar ou colaborar na elaboração dos Planos de Ordenamento de Albufeiras de Águas Públicas;
- e) Estabelecer na região hidrográfica a rede de monitorização da qualidade da água e elaborar e aplicar o respetivo programa de monitorização de acordo com os procedimentos e a metodologia definidos pela Autoridade Nacional da Água;
- f) Aplicar o regime económico e financeiro nas bacias hidrográficas na sua área de jurisdição, ficar por estimativa o valor económico da utilização sem título, pronunciar-se sobre os montantes da taxa de recursos hídricos, arrecadar as taxas e aplicar a parte que lhe cabe na gestão das águas das respetivas bacias ou regiões hidrográficas;

- g) Elaborar o registo das zonas protegidas e identificar as zonas de captação destinadas a água para consumo humano;
- h) Prosseguir as demais atribuições referidas na Lei da Água e respetiva legislação complementar (ARH Norte, 2012).

Atualmente, o Decreto-Lei n.º 7/2012, de 17 de janeiro, aprovou a Lei Orgânica do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT) e instituiu a Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. (APA, I. P.). Assim, de acordo com o Decreto-Lei nº 56/2012, de 12 de março (Lei Orgânica da APA, I. P.), este instituto resulta da fusão da Agência Portuguesa do Ambiente, do Instituto da Água, I. P., das Administrações de Região Hidrográfica, I. P., da Comissão para as Alterações Climáticas, da Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos e da Comissão de Planeamento de Emergência do Ambiente. Deste modo, as ARH, I.P. deixarão de ter autonomia e ficarão integradas na APA, I. P. A nova estrutura entrou em funcionamento em abril, contudo só depois de publicados os estatutos é que as ARH serão extintas, sendo que nessa altura deverão ser tomadas decisões quanto ao funcionamento e acreditação dos laboratórios da APA, I.P.

1.4. Laboratório de Águas

O Laboratório de Águas da ARH do Norte, I. P. tem o seu enquadramento legal na Portaria 394/2008, de 5 de junho, no desenvolvimento do Decreto-Lei nº. 208/2007 de 29 de maio e insere-se na Divisão de Monitorização e Informação (DMI) do Departamento de Planeamento, Informação e Comunicação (DPIC). Tem atualmente as seguintes atribuições principais:

- Atividades de garantia do Sistema de Gestão e atividades técnicas e metrológicas, com vista à manutenção da acreditação dos parâmetros físico-químicos na área das águas naturais, segundo o referencial normativo NP EN ISO/IEC 17025:2005, nomeadamente:
 - Revisão de toda a documentação interna, designadamente o Manual de Gestão da Qualidade, procedimentos e impressos, e externa (normas, legislação, manuais, etc.) e respetiva divulgação, arquivo e armazenamento;
 - Elaboração do programa de auditorias internas e externas e participação direta na qualidade de auditado;
 - Gestão de trabalho não conforme, não conformidades e oportunidades de melhoria;
 - Implementação e validação de métodos de ensaios;

- Realização de ensaios e de todo o controlo interno da qualidade associado;
 - Validação de resultados e cálculo de incertezas;
 - Participação nos ensaios interlaboratoriais;
 - Realização das verificações internas de acordo com critérios definidos;
 - Gestão do equipamento: calendarizar e assegurar a calibração e manutenção dos equipamentos do Laboratório e avaliar certificados;
 - Gestão de *stocks* de reagentes e de material volumétrico.
 - Atividades diversas com vista à extensão da acreditação anteriormente referida a águas residuais;
- Atividades preparatórias com vista à extensão do certificado anteriormente referido a parâmetros microbiológicos e a procedimentos de amostragem;
 - Preparação dos meios logísticos e coordenação do programa de colheitas de amostras de água na Região Norte, em articulação com as equipas dos SEPNA;
 - Determinações analíticas da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, conforme o programa de monitorização da qualidade da água estabelecido em cada ano;
 - Monitorização da Zona Vulnerável do aquífero Esposende – Vila do Conde;
 - Recolha de amostras e caracterização analítica de águas residuais, no âmbito de ações de licenciamento e de fiscalização dos serviços, por solicitação da Polícia Judiciária e do Tribunal;
 - Peritagens em processos de Contra Ordenação pelos Tribunais.

De acordo com as suas competências, o Laboratório executa ensaios em amostras de águas naturais e residuais, com vista a dar cumprimento à legislação em vigor nesta matéria, nomeadamente o Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto e a Diretiva-Quadro da Água e ainda a solicitações de outros Departamentos da ARH do Norte, I. P. e de entidades externas, no âmbito das suas competências.

Para além disto, o Laboratório realiza também outras ações que lhe são inerentes como, por exemplo, colheitas de amostras de águas, desenvolvimento e implementação de novas técnicas analíticas, participação em ações de formação (estágios, cursos, etc.) e participação em ensaios interlaboratoriais.

A área total do Laboratório é de 150 m² e inclui duas salas para ensaios físico-químicos gerais (fig. 1) e lavagem e esterilização de material (fig. 2), uma sala de pesagens (fig. 3), uma sala para ensaios biológicos e microbiológicos, uma sala para ensaios físico-químicos com um autoanalisador (fig. 4), uma sala de receção e conservação de amostras (fig. 5) e um compartimento para armazenamento de

reagentes e materiais diversos. Neste contexto executa ensaios em duas áreas fundamentais: Química e Físico-Química, no Sector de Ensaios Físico-Químicos e Biologia, que inclui a Bacteriologia, no Sector de Ensaios de Microbiologia e Biologia (ARH Norte, 2012).



Fig. 1 – Sala de ensaios físico-químicos gerais



Fig. 2 – Autoclave para esterilização de material



Fig. 3 – Sala de pesagens



Fig. 4 – Sala de ensaios físico-químicos com um autoanalizador



Fig. 5 – Sala de receção e conservação de amostras

Relativamente aos parâmetros determinados no Laboratório de Águas em termos de análises físico-químicas e microbiológicas estes são divididos à partida por parâmetros acreditados e parâmetros não acreditados.

O Laboratório obteve, em julho de 2006 a acreditação segundo a Norma de Referência NP EN ISO/IEC 17025, tendo-lhe sido atribuído o Certificado de Acreditação Nº LO376. O processo de acreditação do laboratório foi antecedido por obras profundas das instalações do mesmo e teve início em 2002, tendo sido suportado financeiramente por verbas comunitárias (ARH Norte, 2012).

1.5. Rede de Monitorização

A implementação de uma rede de qualidade da água tem como objetivo principal constituir um sistema de monitorização que permita reunir o conjunto de elementos necessários para uma avaliação da qualidade dos recursos hídricos nacionais. De um modo geral, podem enunciar-se os seguintes objetivos para a rede de qualidade:

- Classificação do meio hídrico em função dos usos;
- Avaliação do estado de qualidade das águas doces superficiais;
- Verificação do cumprimento do normativo nacional e comunitário;

- Caracterização da qualidade da água nos rios transfronteiriços para verificação de acordos e convénios internacionais;
- Controlo de qualidade das origens de água para abastecimento público;
- Controlo das fontes de poluição pontuais e difusas mais significativas;
- Avaliação da eficácia dos programas de redução da poluição;
- Identificação de episódios de poluição;
- Avaliação da carga poluente total descarregada;
- Informação de base para o estabelecimento de modelos de qualidade.

Para a implementação de uma rede de qualidade é necessário reunir a informação de base disponível, nomeadamente as fontes de poluição, a ocupação do solo, a pressão demográfica, os usos atuais e potenciais, a definição das zonas sensíveis, a classificação dos troços piscícolas e o estado da qualidade da água dos rios e albufeiras. Também a sistematização das várias estações de qualidade já existentes nas várias redes ou estudos deve ser contemplada e analisada (INAG, 2000).

Assim, a monitorização a desenvolver segundo a Diretiva-Quadro da Água tem essencialmente duas finalidades: a avaliação do estado das águas (classificação e apresentação dos resultados) – monitorização de vigilância – e o diagnóstico de problemas (desenvolvimento de soluções e acompanhamento da evolução resultante dos programas de medidas aplicados) – monitorização operacional. Refira-se ainda que, em certos casos, pode ser necessário estabelecer uma monitorização de investigação.

Os programas de monitorização das águas de superfície deverão ser estabelecidos por forma a permitirem a classificação do estado ecológico, ou quando aplicável do potencial ecológico, bem como do estado químico. Com base na análise das regiões de bacia hidrográfica e avaliação de impactes das atividades humanas sobre os meios hídricos cada Estado-membro deverá estabelecer os seus programas de monitorização. Para todos os programas de monitorização as frequências de amostragem estabelecidas devem permitir a obtenção de resultados com um nível aceitável de confiança e precisão. Assim, a monitorização deve ser programada com o objetivo de fornecer os dados necessários para a análise de fatores como a variabilidade dos parâmetros em condições naturais ou alteradas e a variabilidade sazonal dos mesmos. Pretende-se ainda garantir que os resultados da monitorização reflitam as alterações provocadas pela atividade humana (PNA, 1994).

A rede de monitorização da qualidade das águas superficiais foi dimensionada, a partir de 1998, para dar cumprimento à legislação em vigor, nomeadamente ao Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto.

A partir de 2007, face às exigências da DQA, a rede foi alvo de uma reestruturação, tendo-se iniciado a monitorização do estado químico das águas superficiais. O estado químico, definido através da aplicação de normas estabelecidas a nível Europeu (Diretiva 2008/105/CE, de 16 de dezembro) está relacionado com a presença de substâncias químicas no ambiente aquático, que em condições naturais não estariam presente ou estariam presentes em concentrações reduzidas e que são suscetíveis de causar danos significativos para a saúde humana e para a flora e fauna, pelas suas características de persistência, toxicidade e bioacumulação. A monitorização do estado ecológico não foi iniciada.

Em 2009, a rede foi novamente redimensionada, de modo a incluir a monitorização do estado ecológico em rios e massas de água fortemente modificadas (albufeiras). O estado ecológico traduz a qualidade estrutural e funcional dos ecossistemas aquáticos associados às águas de superfície e é expresso com base no desvio ecológico (rácio de qualidade ecológica, RQE) relativamente às condições de uma massa de água semelhante em condições consideradas de referência. O estado ecológico de referência é um estado que corresponde à ausência de pressões antropogénicas significativas e sem que se façam sentir os efeitos da industrialização, urbanização ou intensificação agrícola, ocorrendo apenas pequenas alterações físico-químicas, hidromorfológicas e biológicas. Existem três conjuntos de elementos de qualidade que contribuem para a determinação do estado ecológico de uma determinada massa de água: biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos. Para a classificação do estado ecológico é considerado primeiramente o resultado dos elementos biológicos, após o que se considera o dos elementos contribuintes para o estado químico e, finalmente, o dos elementos hidromorfológicos, numa sequência em que o estado ecológico toma geralmente a classificação do pior caso. De salientar que, numa fase posterior e de acordo com a DQA este estado ecológico tem ainda de ser conjugado com o estado químico da respetiva massa de água, de onde resulta o estado final da mesma.

Apesar da reestruturação realizada em 2009, apenas foi possível iniciar ainda nesse ano a monitorização do estado ecológico ao nível das albufeiras. No que respeita aos rios, realizou-se um reconhecimento prévio de todas as estações de amostragem com objetivo de monitorização do estado ecológico (DQA_ECO), assim como uma avaliação pericial do mesmo.

A rede de monitorização assim reestruturada compreende estações de monitorização para dar cumprimento à DQA (estado químico e/ou ecológico) e para assegurar a monitorização nas zonas protegidas, nomeadamente nas origens que fornecem mais de 100 m³ de água por dia, nos pontos designados para fins piscícolas e nas águas balneares interiores, assim como noutros pontos com objetivos diversos (nitratos, impacto, fluxo, etc.). De referir ainda que, uma vez revogada a Decisão 77/795/CEE, no ano de 2009 eliminou-se o objetivo PCTI. Em contrapartida, acresceram a esta rede pontos pertencentes à Convenção Luso-Espanhola situados em troços de rios transfronteiriços (CADC) (ARH Norte, 2009a).

A distribuição das estações existentes e propostas contemplam origens de água que abastecem populações superiores a 2000 habitantes, zonas fronteiriças, troços de verificação do cumprimento de diretivas comunitárias, zonas críticas de afluência de carga poluente significativa e zonas não sujeitas a intervenções antropogénicas que sirvam de referência. Para além disso, definiram-se as seguintes categorias de estações consoante o objetivo:

- ◆ Captação – estações em que se pretende classificar a qualidade das origens de água para abastecimento, quanto à sua aptidão para este uso;
- ◆ Fronteira – estações situadas em rios fronteiriços, com o objetivo de quantificar a carga poluente que afluí aos recursos hídricos nacionais;
- ◆ Fluxo – estações que permitem avaliar a evolução espacial da qualidade da água num curso de água;
- ◆ Impacto – estações situadas em zonas com forte pressão antropogénica e ainda, em zonas que influenciam áreas consideradas sensíveis, com o objetivo de quantificar as alterações sofridas;
- ◆ Referências – estações para a avaliação de características naturais básicas, informação prévia à influência antropogénica;
- ◆ PCTI – estações para o Procedimento Comum de Troca de Informações (Decisão 77/797/CEE, alterada pela Decisão 86/574/CEE);
- ◆ Piscícola (Ciprinídeo, Salmonídeo) – estações em que se pretende classificar a qualidade da água dos troços designados como ciprinídeos ou salmonídeos, no âmbito da Diretiva 78/659/CEE (transposta para o direito nacional pelo DL 236/98, 1 de agosto) (Pimenta et al.).

Para cada um dos objetivos das estações definiu-se a frequência de amostragem e a grelha de parâmetros a analisar.

1.6. Parâmetros determinados

As águas naturais são um meio complexo. As suas composições estão relacionadas diretamente com os constituintes das camadas geológicas que atravessam a terra e a sua qualidade é muito afetada pela cobertura vegetal, práticas agrícolas, urbanização e geralmente pela atividade económica desenvolvida nos lugares por onde flui. Desde o desenvolvimento da química durante o século XX e a comercialização de várias dezenas de milhares de substâncias sintéticas que a contaminação das águas naturais se tem verificado. Isto explica o grande aumento, durante as últimas décadas, do número de parâmetros utilizados para definir a qualidade das águas. Neste contexto, é útil estabelecer em função dos usos da água um grupo de parâmetros que envolvam a amplitude de possíveis riscos ocorridos.

A análise de água poderá, em função dos objetivos fixados, fornecer dados sobre alguns parâmetros de interesse sanitário se se tratar de uma água balnear ou sobre várias dezenas de parâmetros se se tratar de definir a qualidade de uma massa de água ou mesmo da água produzida para consumo humano segundo as disposições da Diretiva-Quadro da Água. Existe, portanto, um interesse evidente em agrupar os parâmetros descritores em conjuntos homogêneos para permitir uma interpretação relevante dos resultados analíticos. Assim sendo, os parâmetros físico-químicos podem ser organizados segundo o aspeto físico, a carga orgânica e os elementos minerais presentes nas águas.

Relativamente aos parâmetros microbiológicos, se as águas subterrâneas estão protegidas naturalmente da contaminação por organismos patogénicos, um grande número de microrganismos está presente nas águas superficiais: bactérias, vírus, parasitas, etc. Entre estes, alguns são patogénicos para o homem e podem ser responsáveis por epidemias. A transmissão de doenças de origem hídrica depende de três fatores que se relacionam entre si: o agente, o meio ambiente e o indivíduo.

De seguida, apresenta-se uma breve descrição das características gerais dos parâmetros analisados, algumas implicações destes no meio ambiente e saúde pública e o devido enquadramento com o Decreto-Lei 236/98, de 1 de agosto que estabelece as normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos (Rodier et al., 2011).

Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅)

Os fenómenos de autodepuração natural nas águas superficiais resultam da degradação das cargas orgânicas contaminantes, sob a ação de microrganismos.

Como resultado deste processo produz-se um consumo de oxigénio que se expressa pela carência bioquímica de oxigénio (CBO_5). A degradação de compostos glicídicos, lipídicos e protídicos das matérias orgânicas traduzem-se, inicialmente, numa decomposição das cadeias carbonatadas. Esta começa imediatamente e dura cerca de 20 dias a 20°C . Pelo contrário, o princípio de transformação das matérias nitrogenadas não aparece depois de uma dezena de dias e precisa de muito mais tempo. Nestas condições, é conveniente expressar o CBO_5 em miligramas de oxigénio consumido durante 5 dias a 20°C considerando apenas a oxidação do carbono.

O parâmetro CBO_5 utiliza-se para estabelecer uma classificação qualitativa das águas e definir a alteração do meio por matérias orgânicas biodegradáveis. Nas águas naturais pouco contaminadas, deverá aplicar-se o método de determinação designado por autoconsumo de oxigénio.

A concentração de matéria orgânica nas águas dos rios tem sido reconhecida, desde há muito tempo, como o principal critério de qualidade. Os esgotos domésticos, alguns tipos de águas residuais industriais e águas de drenagem que arrastam, por exemplo, vegetação em apodrecimento, constituem fontes apreciáveis de matéria orgânica.

A quantidade de matéria orgânica é muitas vezes avaliada através das determinações de CBO_5 e da oxidabilidade ao KMnO_4 . O teor em oxigénio dissolvido é também, como já foi referido atrás, uma medida indireta da matéria orgânica presente. Na verdade, a biodegradabilidade da matéria orgânica traduz-se num consumo de oxigénio que, se não for compensado pelo re-arejamento, leva à sua depleção e, no limite, a uma situação de anaerobiose.

Outros efeitos provocados pela matéria orgânica são os seguintes:

- ✓ Depósitos de sólidos orgânicos afetam drasticamente a fauna bentónica;
- ✓ Níveis elevados de matéria orgânica traduzem-se numa fonte de alimentação para bactérias, protozoários, fungos, etc. Nestas condições a comunidade fica reduzida a um menor número de espécies, com grandes quantidades de organismos. O aparecimento dos característicos fungos dos esgotos torna-se desagradável;
- ✓ Níveis baixos de matéria orgânica estimulam a comunidade biológica, pois a decomposição das bactérias produz sais que fertilizam as algas que, por sua vez, servem de alimento a crustáceos, ninfas e larvas de insetos. Estas situações ocorrem para teores de CBO_5 da ordem dos 4 mg/L, com bom re-arejamento.

Os limites de CBO_5 em águas destinadas ao desenvolvimento da vida aquática e sua preservação foram selecionados admitindo rios de velocidade moderada e a existência de espécies não muito sensíveis.

O CBO_5 não é indicador relevante na caracterização da água para irrigação, pelo que não foram fixados quaisquer limites para esta utilização.

Não se encontraram referências a limites máximos de CBO_5 em águas superficiais destinadas a recreio com contato direto. No entanto, este parâmetro é uma medida importante da poluição e os valores elevados que apresenta andam normalmente associados a descargas de águas residuais domésticas e industriais. A matéria orgânica, por si, não constitui grande inconveniente, mas é de admitir a presença simultânea de outros poluentes potencialmente perigosos. Esta é a justificação de se ter considerado um limite desejável.

Este parâmetro é também utilizado para avaliar a carga orgânica das águas residuais e calcular as dimensões das estações de tratamento. É importante efetuar esta determinação com grande cuidado. Para as águas residuais urbanas, a determinação de CBO_5 não levanta problemas particulares, dado que o pH destas águas é favorável ao crescimento de bactérias que garantem a biodegradação e que os microrganismos adaptados à biodegradação estejam presentes nestas águas. Não é o caso para todas as águas residuais industriais, para as quais a determinação de CBO_5 deve ser objeto de especial cuidado: utilização de microrganismos adaptados, correção do pH se necessário, estudo da possível presença de compostos tóxicos inibidores, inibição de organismos nitrificantes, adição de nutrientes e oligoelementos necessários para a biodegradação. Se não se respeitam estas condições, o resultado corre o risco de ser errado e falsear a interpretação dos dados (Rodier et al., 2011).

Embora não exista uma norma para as águas potáveis é evidente que estas não devem ter um CBO_5 significativo. Para as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, a legislação atual (DL 236/98) indica limites de qualidade a respeitar para as águas segundo a sua qualidade e tratamento a aplicar (grupo A1 a A3). Para um tratamento físico simples seguido de uma desinfeção (grupo A1), o valor de referência vai até 3 mg/L de O_2 e pode elevar-se até um máximo de 7 mg/L de O_2 se o tratamento aplicado for ainda mais avançado e incluir uma etapa de refinamento (A3). Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei estabelece o valor de 2 mg/L como limite de deteção.

Oxidabilidade ao Permanganato de Potássio

Efetuada em meio ácido e depois da ebulição durante 10 minutos, este ensaio permite avaliar a quantidade de materiais orgânicos oxidáveis que estão presentes na

água. Os resultados expressam-se em miligramas de oxigénio por litro de água. Este ensaio tem na realidade um carácter qualitativo e a sua interpretação deve associar-se a outras características químicas da contaminação como o conteúdo em carbono orgânico, a presença de amoníaco, iões de amónio, nitritos, etc. O valor deste ensaio, que constitui uma das mais antigas determinações em hidrologia, tem sido frequentemente questionado. Numerosas moléculas orgânicas presentes na água são mal quantificadas por este método, uma vez que são pouco oxidadas para as condições deste ensaio.

Os resultados também podem ser modificados por outras substâncias redutoras, como os sulfuretos, os nitritos, o ferro ferroso, etc., ou sofrer a interferência dos iões de cloro, sobretudo se o seu conteúdo for elevado.

Pode-se considerar que as matérias orgânicas de origem animal se oxidam com maior facilidade em meio alcalino, enquanto que as de origem vegetal se oxidam melhor em meio ácido. Contudo, esta interpretação é discutível devido à complexidade dos fenómenos de oxidação e redução sobre as moléculas orgânicas. As águas superficiais pouco contaminadas apresentam em geral uma oxidabilidade inferior a 1 mg/L. Para além de 2 mg/L pode-se considerar que, exceto no caso de correntes de substrato húmico, a água dos rios apresenta traços de contaminação que podem traduzir-se numa oxidabilidade que ultrapasse por vezes os 10 mg/L. Na prática, as investigações mostram que as águas subterrâneas têm em geral uma baixa oxidabilidade. Algumas águas de poço, águas de regiões turfosas e carregadas de húmus têm conteúdos de matéria orgânica bastante elevados (10 a 15 mg/L), embora não constituam nenhum risco para a saúde.

Embora esta determinação esteja a ser praticamente abandonada e substituída pela carência química de oxigénio (CQO), justificam-se no estudo presente pela maior rapidez e facilidade com que é feita e pelas menores despesas que acarreta. Não se encontram, no entanto, na literatura limites de concentração admissíveis de acordo com as utilizações previstas para a água. Na realidade, só numa publicação foi possível encontrar o limite de 12 mg/L como desejável para águas superficiais como fonte de abastecimento público (Rodier *et al.*, 2011).

Relativamente a este parâmetro a legislação portuguesa através do DL 236/98 não o integra nas referências de qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano.

Carência Química de Oxigénio (CQO)

Nas condições experimentais definidas pela metodologia o CQO corresponde ao teor de matérias orgânicas oxidáveis. Expressa-se pela quantidade de oxigénio

fornecido pelo dicromato de potássio necessário para a oxidação das substâncias orgânicas (proteínas, glícidos, lípidos, etc.) presentes nas águas residuais. Dadas as condições de operação (temperatura), o poder oxidante do reagente ($K_2Cr_2O_7$) e o emprego de um catalisador (Ag_2SO_4), os resultados são mais elevados que os obtidos com o permanganato de potássio. Contudo, em geral, os compostos nitrogenados assim como alguns núcleos aromáticos e algumas cadeias alifáticas podem escarpar-se à oxidação. As diferenças dos resultados obtidos pelo CQO e o CBO₅ constituem uma indicação da importância das matérias contaminantes pouco ou nada biodegradáveis.

A presença de iões cloreto de forte concentração pode conduzir a uma sobreavaliação do CQO. É importante eliminar esta interferência por adição de sulfato de mercúrio que conduz à formação de cloreto de mercúrio (II), solúvel e pouco oxidável. Outros compostos redutores oxidam-se com dicromato de potássio (Fe^{2+} , S^{2-} , etc.) e conduzem a valores de CQO por excesso. É preferível considerar o CQO como um indicador do teor de matéria orgânica oxidável e tentar limitar na medida do possível as interferências relacionadas com os compostos minerais. Isto acontece quando se deseja comparar os valores de CQO e CBO para determinar a amplitude de uma água à biodegradação.

O teste de CQO é muito mais útil do que o teste de CBO para estimar as necessidades de oxigénio de certos efluentes industriais. É valioso para resíduos onde o teste de CBO não é aplicável, devido à presença de substâncias tóxicas, baixa taxa de oxidação ou outros fatores semelhantes. Com base nas comparações acima pode ser sugerido que os testes de CBO sejam aplicados para monitorização de longo prazo da água natural e os testes de CQO sejam aplicados para a análise rápida de amostras fortemente contaminadas, por exemplo efluentes industriais (Rodier *et al.*, 2011).

Para as águas superficiais destinadas à produção de água bruta para consumo humano, a legislação atual fixa um valor de referência de 30 mg/L de O_2 . O tratamento a aplicar é do tipo físico-químico, com descontaminação microbiana e refinamento (A3). Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei estabelece o valor de 15 mg/L como limite de deteção.

Oxigénio dissolvido

O oxigénio, sempre presente na água, não é um elemento constitutivo. A sua solubilidade depende da temperatura, da pressão parcial da atmosfera e da salinidade. O oxigénio dissolvido conserva as suas propriedades oxidantes por uma reação puramente química ao oxidar compostos minerais (Fe^{2+} , NH_4^+ , NO_2^-) ou orgânicos, por

fenómenos bioquímicos (consumo do oxigénio por parte dos microrganismos para garantir a degradação dos constituintes da água), ou mesmo por reações eletroquímicas.

O teor de oxigénio na água depende da origem da água: as águas superficiais podem conter quantidades relativamente importantes próximas da saturação. Pelo contrário, as águas profundas só contêm alguns miligramas por litro.

A concentração de oxigénio dissolvido pode expressar-se pelo índice de saturação (em percentagem) relatando o valor medido à temperatura da água na concentração teórica de oxigénio dissolvido na água saturada no ar húmido à mesma temperatura e à mesma pressão. Teores inferiores a 80% da saturação podem implicar uma alteração organolética da água. A água saturada de ar, a 20°C e sob pressão normal, contém 9,1 mg/L de oxigénio.

As variações do teor de oxigénio são tão importantes como o valor do índice absoluto. Estas podem dever-se à presença de plantas e fenómenos de fotossíntese, matérias orgânicas oxidáveis, organismos e microrganismos aeróbios, assim como à alteração de trocas atmosféricas na interface (presença de gorduras, hidrocarbonetos, detergentes, etc.).

Nos meios com escassa relação de renovação (lagos, retenções de barragens, baías, etc.), o teor de oxigénio dissolvido tende a diminuir com a profundidade e podem-se desenrolar fenómenos anaeróbios no fundo. Quando se aumenta a temperatura, o teor de oxigénio diminui devido à solubilidade mais baixa e também devido ao maior consumo por parte dos seres vivos e das bactérias que se multiplicam. Assim, pode favorecer-se a redução dos nitratos a nitritos e dos sulfatos a sulfuretos. Estas modificações podem implicar sabores e odores desagradáveis. Além disso, se o teor é inferior a 5 mg/L, dificilmente se formará a camada protetora nas canalizações metálicas e o anidrido carbónico livre de uma água não agressiva poderia causar a corrosão. Do ponto de vista industrial, a água das caldeiras de alta pressão não deve conter mais de 0,3 mg/L.

A OMS recomenda que os níveis de oxigénio dissolvido se mantenham o mais próximo possível da saturação. Não propõe nenhum valor de referência com base em critérios de saúde. Por respeito à vida biológica em água doce, a legislação europeia exige níveis guia e valores obrigatórios recomendados segundo a classificação piscícola dos cursos de água.

Em águas residuais, o oxigénio dissolvido é o fator que determina se as alterações biológicas são provocadas por organismos aeróbios ou anaeróbios. Assim, as medições de oxigénio dissolvido são vitais para a manutenção de condições

aeróbias em águas naturais que recebem matéria poluente e que em processo de tratamento aeróbio se destinam a purificar águas residuais domésticas e industriais.

O teor de oxigénio dissolvido nos cursos de água é particularmente afetado pela quantidade de matéria orgânica presente. No entanto, para além da biodegradação da matéria orgânica, outros fenómenos influenciam o balanço de oxigénio, nomeadamente o re-arejamento, a oxidação de substâncias inorgânicas redutoras e a atividade respiratória ou fotossintética das espécies vivas presentes. Uma baixa concentração de oxigénio dissolvido na água provoca a decomposição anaeróbia da matéria orgânica com a libertação de gases, em especial de H_2S , CO_2 e CH_4 .

Do ponto de vista do abastecimento público um elevado teor em oxigénio dissolvido significa, no que respeita a compostos orgânicos biodegradáveis, uma quantidade satisfatória. Além disso, evita a redução química e a subsequente lixiviação do ferro e do manganês, principalmente a partir dos sedimentos. Estes metais provocam gastos adicionais no tratamento e podem afetar o bem-estar dos consumidores. Por outro lado, o oxigénio dissolvido é necessário para a oxidação bioquímica da amónia, o que se traduz numa redução do consumo de cloro no processo de desinfecção. No entanto, a água na rede de distribuição deve conter pouco oxigénio dissolvido para minimizar os problemas de corrosão.

Relativamente à vida aquática, pode dizer-se que é difícil estabelecer normas rígidas e universais já que as exigências dos peixes em matéria de oxigénio dependem da espécie considerada, da sua idade, atividade e estado nutricional, da temperatura, de concentração de outras substâncias em solução e outros fatores. Para um mesmo valor absoluto da concentração em oxigénio dissolvido, a percentagem de saturação diminuiu com a temperatura, enquanto a resistência fisiológica do peixe aumenta. Além disso, o fenómeno da fotossíntese pode provocar sobressaturação em oxigénio dissolvido, a qual, aliás, não representa dentro de certos limites, nenhum efeito nocivo sobre os organismos aquáticos. Pelo contrário, os teores baixos representam efeitos nefastos que podem traduzir-se em migrações, adaptações ou mortalidades em massa. O efeito letal das baixas concentrações em oxigénio dissolvido pode ser reforçado pela presença de substâncias tóxicas, como a amónia, cianetos, metais pesados, etc. Como limite desejável para garantir a preservação da população piscícola foi adotada a recomendação europeia para os ciprinídeos e salmonídeos.

A concentração de oxigénio dissolvido também não constitui uma característica muito importante nas águas destinadas a recreio com contato direto. Mesmo assim, encontra-se na literatura referências abundantes relativamente a valores mínimos

desejáveis, o que é compreensível dados os efeitos intermediários nocivos (anaerobiose) que um abaixamento de concentração pode provocar (Rodier *et al.*, 2011).

Para as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, a legislação atual (DL 236/98) indica limites de qualidade a respeitar para as águas segundo a sua qualidade e tratamento a aplicar (grupo A1 a A3). Para um tratamento mais avançado com uma etapa de refinamento incluído (A3) o valor de referência vai até 30% saturação de O₂ e pode elevar-se até um máximo 70% saturação de O₂ se for aplicado um tratamento físico simples seguido de uma desinfecção (grupo A1). Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei estabelece o valor de 5% saturação de O₂ como limite de deteção.

pH

O pH da água representa a sua acidez ou a sua alcalinidade. Com um pH 7 diz-se que a água é neutra, com um pH inferior a 7 diz-se que é ácida e com um pH superior a 7 que é básica. Dado o poder tampão da água e exceto no caso de descargas industriais, é raro que o pH seja uma contra-indicação para a potabilidade. É, portanto, um dos parâmetros mais importantes da qualidade da água e deve ser cuidadosamente monitorizado durante todas as operações de tratamento.

O pH das águas naturais está relacionado com a natureza dos solos atravessados e varia em geral entre 7,2 e 7,6. Por outro lado, é entre estes dois valores que se situa em geral o pH das águas distribuídas às comunidades.

Geralmente as águas muito calcárias têm um pH elevado e as provenientes de solos pobres em calcário ou sílicas têm um pH próximo de 7 e às vezes um pouco inferior (à volta de 6). É também o caso das zonas superiores de alguns fluxos de corrente quando não se desenvolveu uma mineralização suficiente. Na prática, as águas que têm um pH inferior a 6 ou superior a 8 são raras. Um pH superior a 8,5 só se encontra geralmente nas águas paradas (pântanos, lagoas, barragens), onde a reação iónica é influenciada pela fotossíntese da vegetação e pela natureza química dos fundos para compensar o balanço de carbono.

O pH é um elemento importante para definir o carácter agressivo ou incrustante de uma água. Envolvidos nestes fenómenos complexos encontram-se outros parâmetros como a dureza, o dióxido de carbono, a alcalinidade e a temperatura. Um pH inferior a 7 pode conduzir, por exemplo, à corrosão dos metais das canalizações. Um pH elevado pode conduzir a depósitos incrustantes nos circuitos de distribuição. Também acima de pH 8 ocorre uma diminuição progressiva da eficácia da descontaminação microbiana pelo cloro. Por outro lado, a cloração diminui o pH.

Para a água destinada ao consumo humano, a OMS não fixa um valor determinado, mas salienta que um pH baixo pode representar problemas de corrosão e um pH elevado implicar problemas de gasto e maior consumo de sabão. Recomenda um pH inferior a 8 para uma boa desinfeção com cloro. As diretivas europeias exigem que a água não seja agressiva e indicam como valor-guia um pH entre 6,5 e 9,5 e lembram que os valores do pH não se aplicam à água engarrafada.

O pH desempenha um papel importante nos tratamentos de floculação e coagulação. A correção das tendências agressivas da água efetua-se por ventilação, por adição de carbonato de cálcio ou por filtração. O valor de pH compatível com a vida dos peixes encontra-se entre 5 e 9. Contudo, para a maioria das espécies aquáticas, a zona de pH favorável situa-se entre 6 e 7,2. Para além dos problemas de contaminação química, as águas muito alcalinas podem apresentar populações ricas e diversificadas.

Em águas naturais, o pH depende da sua origem, da natureza geológica do leito e da bacia. No que se refere a águas destinadas ao abastecimento público, o pH afeta o gosto, a eficiência dos processos de tratamento (coagulação e desinfeção) e o estado das canalizações (corrosão). A gama de pH aconselhável para a proteção da vida aquática é difícil de estabelecer já que depende de muitos fatores. Também em relação às águas de irrigação, ao valor ótimo de pH depende do tipo de cultura e das propriedades físico-químicas do solo. Os valores adotados devem entender-se, portanto, como aplicáveis na generalidade dos casos, podendo ser ajustados conforme as situações concretas (Rodier *et al.*, 2011).

Para as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, a legislação atual (DL 236/98) indica limites de qualidade a respeitar para as águas segundo a sua qualidade e tratamento a aplicar (grupo A1 a A3). Para um tratamento físico simples seguido de uma desinfeção (grupo A1), os valores da escala de referência situam-se entre 6,5-8,5 e podem elevar-se até um máximo de 5,5-9,5 se o tratamento aplicado for ainda mais avançado e incluir uma etapa de refinamento (A3). Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei não estabelece nenhum valor como limite de deteção.

Temperatura

A temperatura de uma água potável deveria ser inferior no verão e superior no inverno à temperatura do ar. Para que água potável seja refrescante a sua temperatura deve situar-se entre os 8 e 15°C. Entre 20 e 25°C apaga mal a sede. A título orientativo, as antigas diretivas europeias fixavam em 12°C o valor-guia da temperatura da água destinada ao consumo humano e em 25°C a temperatura que

não deveria ser ultrapassada. A OMS não recomenda nenhum valor específico. Na prática, a temperatura da água não tem influência direta sobre a saúde humana. Contudo, uma elevada temperatura (superior a 20°C) favorece o desenvolvimento de microrganismos nas canalizações, ao mesmo tempo que pode intensificar os odores e sabores. Pelo contrário, uma temperatura inferior a 10°C atrasa as reações químicas nos diversos tratamentos das águas.

As águas subterrâneas cuja temperatura durante as estações é de 12 a 15°C, são obviamente menos sensíveis às variações de temperatura que as águas superficiais cuja temperatura varia de 2 a 30°C. Têm a vantagem de chegar à rede de distribuição a uma temperatura mais baixa, mas podem sobreaquecer mais tarde.

No que se refere às descargas de águas quentes, a subida da temperatura é acompanhada de uma modificação da densidade que diminui quando a temperatura aumenta, uma redução da viscosidade, um aumento da evaporação e uma diminuição da solubilidade dos gases (oxigénio). Alguns destes efeitos podem ter uma ação benéfica. Assim, por exemplo, o aumento da temperatura favorece a auto-depuração e aumenta a velocidade de sedimentação o que pode ser interessante nas estações de tratamento. As descargas de águas quentes parecem favorecer o desenvolvimento de espécies microbianas patogénicas oportunistas em biofilmes que aderem sobre a parede interna das canalizações e que são responsáveis por numerosos episódios de contaminação das redes e consequentes epidemias.

A poluição térmica está sobretudo associada à disseminação da água nas centrais termoelétricas e nucleares. Outras águas de arrefecimento, utilizadas num grande número de processos industriais, contribuem também para esta forma de poluição. As descargas térmicas afetam o ecossistema aquático, pois os animais e plantas têm a sua zona de preferência térmica e quaisquer alterações que se verifiquem interferem com o número de organismos e as espécies presentes. Aliás, do ponto de vista fisiológico, a temperatura é extremamente importante pois controla os ciclos reprodutores, os processos de digestão e as velocidades de respiração. A aclimação a temperaturas mais elevadas é possível, sobretudo com os peixes, mas as variações rápidas podem provocar um “choque térmico” e causar a morte.

Relativamente a outras características da temperatura da água pode referir-se o seguinte:

- A oscilação da temperatura causa dificuldades no funcionamento das estações de tratamento, nomeadamente na dosagem de coagulante e desinfetante;
- Para recreio, particularmente banho ou natação, as temperaturas confortáveis oscilam entre 20 e 30°, dependendo dos indivíduos e das condições climáticas exteriores;

- As sementes e plantas são sensíveis à temperatura das águas de irrigação, havendo limites máximos e mínimos que não devem ser ultrapassados.

No que diz respeito aos critérios adotados, importa ainda esclarecer que na literatura consultada não se encontrou qualquer valor como limite permissível para a temperatura quando a água é utilizada para irrigação e do mesmo modo não se encontraram referências a limites máximos permissíveis quando a água é utilizada para recreio com contato direto, sendo adotados apenas limites desejáveis (Rodier *et al.*, 2011).

Para as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, a legislação atual (DL 236/98) indica limites de qualidade a respeitar para as águas segundo a sua qualidade e tratamento a aplicar (grupo A1 a A3). Para todos estes tipos de tratamento os valores de referência para a temperatura situam-se entre 22 e 25°C. Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei não estabelece nenhum valor como limite de deteção.

Condutividade

A medida da condutividade permite avaliar de forma rápida e aproximada a mineralização global da água e seguir a sua evolução. Em geral, a condutividade aumenta de forma progressiva da superfície para o fundo nos cursos de água. A condutividade de uma água superficial é função da quantidade de sais minerais, eletrólitos fortes e fracos, dissolvidos normalmente em pequenas quantidades. Os sais dissolvidos são principalmente carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e, possivelmente, nitratos de cálcio, magnésio, sódio, potássio, com vestígios de ferro, manganésio e outras substâncias. O teor da concentração salina pode elevar-se por infiltração de águas marítimas ou por efluentes químicos de várias origens. As divergências são mais importantes quanto mais fraca for a mineralização inicial, em particular nas zonas com substrato ácido ou com subsolo silicioso. No caso da monitorização da distribuição de água potável o interesse deste método não reside numa única medida, mas sim numa série de determinações ou registos sem interrupção que permitam detetar as variações de composição que poderão indicar a chegada de água suscetível de estar contaminada. Nas águas superficiais e nas descargas de águas residuais podem-se produzir com rapidez durante o dia modificações importantes na condutividade, podendo-se admitir que a situação é particularmente anormal para além de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

As diretivas europeias relativas à qualidade das águas destinadas ao consumo humano indicam para a condutividade um valor-guia de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C. No estudo de águas utilizadas para irrigação e produção de peixes, a salinidade é muitas

vezes expressa como condutividade elétrica específica, visto que esta constitui um método rápido para avaliar a concentração iónica da água. No entanto, deve ter-se em conta que mesmo nos casos em que a composição química da água é representada quase exclusivamente por sais minerais, isto é, eletrólitos fortes, a correlação entre esta e a condutividade elétrica específica, para várias águas, pode variar consideravelmente. Assim, o valor da condutividade deve ser entendido, simplesmente, como um índice aproximado do total de substâncias dissolvidas nos cursos de água. A alteração da mineralização, quer no que respeita à concentração total, quer à de sais individualizados de uma água vai provocar uma variação da pressão osmótica exercida sobre os organismos vivos do curso de água. Este facto pode conduzir à eliminação de algumas espécies. Para além deste efeito, elevadas concentrações de muitos tipos de poluentes exercem uma ação corrosiva ou tóxica. Uma condutividade da água superior a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pode-se considerar como uma água dificilmente utilizada em zonas de irrigação.

Para utilizações industriais, a interpretação dos resultados deve ser feita em função de uma análise completa da água. É necessário ter presente, para o controlo das descargas industriais, que a condutividade só reflete uma mineralização global e não permite identificar os elementos químicos em questão (Rodier *et al.*, 2011).

A legislação portuguesa através do DL 236/98 integra este parâmetro nas referências de qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano com um valor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C e não estabelece nenhum valor como limite de deteção

Sólidos Suspensos Totais (SST)

O teor e a composição mineral e orgânica das matérias em suspensão nas águas são muito variáveis dependendo dos cursos de água (areias, lodos, partículas orgânicas, plâncton, etc.). São função da natureza dos solos atravessados, da estação, da pluviosidade, das descargas, etc. Distinguem-se em matérias decantáveis que se separam da água por gravidade e das matérias coloidais, separáveis por coagulação. Em geral, as matérias em suspensão produzem-se na composição da água pelos seus efeitos de troca de iões ou adsorção, tanto sobre os elementos químicos como sobre os microrganismos. Em particular, as argilas e as partículas orgânicas ao terem uma ampla superfície de absorção constituem um suporte ideal para os iões, para as diferentes moléculas e para os agentes biológicos. Portanto, podem constituir um vetor para a penetração destes produtos no organismo.

De facto, todos os cursos de água contêm matérias em suspensão em teores de alguns miligramas por litro e não apresentam grandes problemas. Excetuando os

períodos de inundação, o teor de matérias em suspensão é quase sempre inferior a 25 mg/L. Do ponto de vista piscícola, nos cursos de água normalmente localizados em zonas de grandes aglomerados populacionais pode-se considerar que a partir de 75 mg/L a situação é particularmente anormal. Para as populações de salmonídeos, geralmente admite-se que um teor superior a 10 mg/L é pouco favorável. Teores mais elevados podem impedir a penetração da luz, diminuir o oxigénio dissolvido, comprometer o desenvolvimento dos ovos, reduzir a existência de alimentação disponível e limitar o desenvolvimento ictiológico, criando desequilíbrios entre as diferentes espécies. A asfixia dos peixes, por tamponamento das brânquias, é muitas vezes a consequência de um elevado teor de matérias em suspensão, particularmente no momento de descarga periódica das barragens.

No que respeita a águas de irrigação, os sólidos suspensos em concentração elevada podem formar à superfície dos terrenos uma crosta impeditiva do re-arejamento do solo e da infiltração da água. Além disso, prejudicam os sistemas mecânicos de irrigação. Não se encontram, porém, na literatura limites para esta utilização.

Os sólidos suspensos interferem com a utilização da água para recreio com contato direto, podendo torná-la imprópria para banho e natação (Rodier et al., 2011).

Para as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, a legislação atual (DL 236/98) indica limites de qualidade a respeitar para as águas segundo a sua qualidade e tratamento a aplicar. Apenas para um tratamento físico simples seguido de uma desinfeção (grupo A1) é indicado 25 mg/L de SST como valor de referência. Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei não estabelece nenhum valor como limite de deteção.

Coliformes (totais e fecais)

Denominam-se de bactérias do grupo coliforme os bacilos gram-negativos, em forma de bastonetes, aeróbios ou anaeróbios facultativos que fermentam a lactose a 35-37°C, produzindo ácido, gás e aldeídos num prazo de 24-48 horas. São também oxidase-negativos e não formam esporos.

As bactérias coliformes são um grupo relativamente não prejudicial de microrganismos que vivem em grande número nos intestinos dos seres humanos e animais de sangue quente e frio. Elas auxiliam na digestão dos alimentos. Um subgrupo específico dessas bactérias são os coliformes fecais, dos quais o mais comum é a *Escherichia coli*. Esses organismos diferenciam-se no grupo de coliformes pela capacidade de crescer em temperaturas elevadas, para além de estarem associados apenas com o material fecal de animais de sangue quente.

A presença de coliformes indica que a água foi contaminada com material fecal do ser humano ou de outros animais. No momento em que isso ocorreu, a água pode ter sido contaminada por organismos patogénicos causadores de doenças que também podem existir no material fecal. Algumas doenças patogénicas causadas pela água incluem febre tifóide, gastroenterite viral e bacteriana e hepatite A. A presença de contaminação fecal é um indicador de que existe um possível risco para a saúde dos indivíduos expostos a essa água. Os coliformes podem ocorrer em águas como resultado do fluxo excessivo de esgoto doméstico ou fontes não identificáveis de detritos animais e humanos.

A razão da escolha deste grupo de bactérias como indicador da qualidade das águas prende-se também pela facilidade de deteção e quantificação por técnicas simples e economicamente viáveis em qualquer tipo de água, por possuírem um elevado tempo de vida na água, por serem pouco exigentes em termos nutricionais e por serem mais resistentes à ação de agentes desinfetantes.

Importa também conhecer a densidade de bactérias, tendo em vista que um aumento considerável da população bacteriana pode comprometer a deteção de organismos coliformes. Embora a maioria destas bactérias não seja patogénica, pode representar riscos para a saúde, como também, deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis (Abelho, 2010).

Para as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, a legislação atual (DL 236/98) indica limites de qualidade a respeitar para as águas segundo a sua qualidade e tratamento a aplicar (grupo A1 a A3). Em relação aos Coliformes totais, para um tratamento físico simples seguido de uma desinfecção (grupo A1), o valor de referência é de 50 UFC/100 ml e pode elevar-se até um máximo de 50000 UFC/100 ml se o tratamento aplicado for ainda mais avançado e incluir uma etapa de refinamento (A3). Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei estabelece o valor de 5 UFC/100 ml para águas da classe A1 e 500 UFC/100 ml para águas das classes A2 e A3 como limites de deteção.

No que diz respeito aos Coliformes fecais, para um tratamento físico simples seguido de uma desinfecção (grupo A1), o valor de referência é de 20 UFC/100 ml e pode elevar-se até um máximo de 20000 UFC/100 ml se o tratamento aplicado for ainda mais avançado e incluir uma etapa de refinamento (A3). Em termos de métodos analíticos de referência este Decreto-Lei estabelece o valor de 2 UFC/100 ml para águas da classe A1 e 200 UFC/100 ml para águas das classes A2 e A3 como limites de deteção.

2. Metodologia

Dado o abordado anteriormente, este relatório pretende descrever o estágio realizado na ARH Norte I.P., mais concretamente no Departamento de Planeamento, Informação e Comunicação (DPIC) no âmbito do 2º ano do Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente – Ramo de Tecnologias de Remediação Ambiental. O DPIC é o setor responsável pela coordenação do planeamento de recursos hídricos e pelos sistemas de monitorização e desenvolvimento do conhecimento, bem como pelos sistemas de informação e comunicação, incluindo a participação pública, no âmbito da gestão de recursos hídricos. Para a concretização das suas competências conta com o Laboratório de Águas onde se efetuam determinações analíticas físico-químicas e microbiológicas fundamentais na gestão dos recursos hídricos da sua área de jurisdição.

2.1. Trabalho laboratorial

No setor de ensaios físico-químicos o trabalho foi essencialmente centrado na determinação de alguns parâmetros de qualidade da água como, por exemplo, os cloretos, a carência bioquímica de oxigénio (CBO_5), a carência química de oxigénio (CQO), a oxidabilidade, o oxigénio dissolvido, o pH, a condutividade e os sólidos suspensos totais (SST). Na parte dos ensaios microbiológicos o trabalho foi fundamentalmente baseado na observação dos ensaios de determinação de Coliformes totais e fecais nas águas.

A determinação de cloretos (fig. 6) foi feita através do método argentométrico em meio neutro com uma solução conhecida de nitrato de prata em presença de cromato de potássio. A conclusão da reação é indicada pelo aparecimento de um precipitado com coloração cor de tijolo característica do cromato de prata.

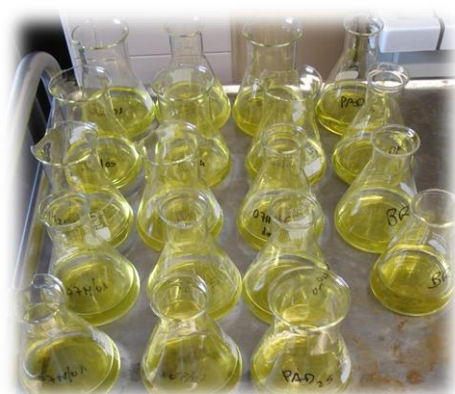


Fig. 6 – Determinação de cloretos pelo método argentométrico

A determinação da carência bioquímica de oxigénio (CBO_5) por método potenciométrico consistiu em levar a amostra a incubar, na obscuridade, a uma temperatura de $20 \pm 1^\circ C$, durante um determinado período (5 dias) em frasco completamente cheio e fechado (fig. 7). Determinou-se a concentração de oxigénio dissolvido antes e depois do período de incubação (fig. 8). A diferença entre as duas medições corresponde ao consumo de oxigénio.



Fig. 7 – Estufa a $20 \pm 1^\circ C$ para incubar na obscuridade as amostras durante 5 dias



Fig. 8 – Aparelho SP100 para a determinação do CBO_5 por método potenciométrico

Já o método iodométrico (Winkler) baseou-se na adição de solução de hidróxido de manganês (II), seguida de uma solução de iodeto fortemente alcalina à amostra de água num frasco rolhado completamente cheio, originando um precipitado de hidróxido de manganês. Após acidificação subsequente, o iodo libertado na reação foi então titulado com solução padrão de tiosulfato de sódio (fig. 9). Quanto à determinação de oxigénio dissolvido esta corresponde à medição feita no primeiro dia.

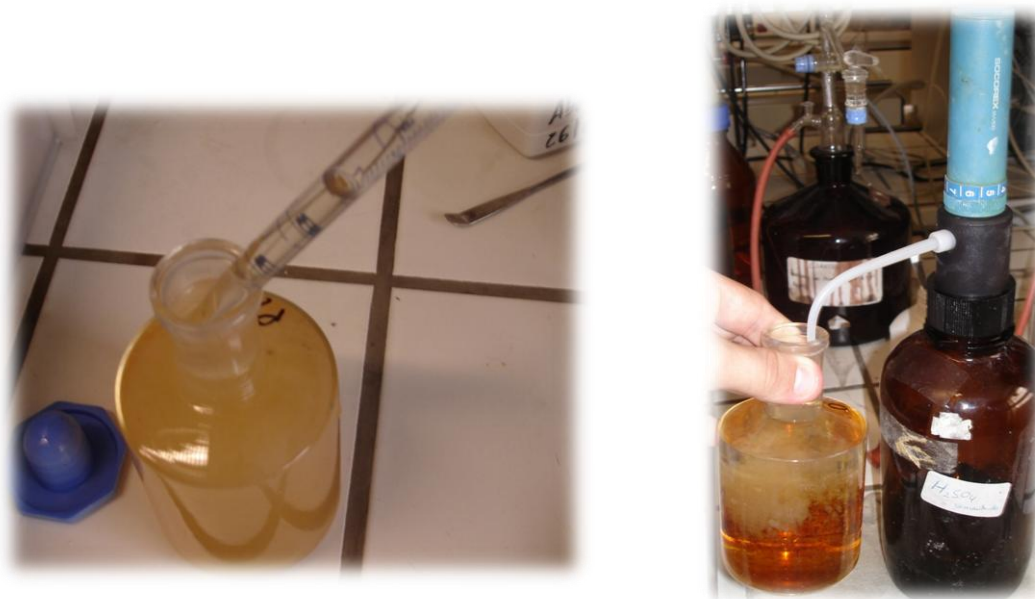


Fig. 9 – Precipitado de hidróxido de manganês (II) e acidificação da solução – método de Winkler

Relativamente à determinação da oxidabilidade ao permanganato de potássio esta consistiu em medir em meio ácido a quantidade de oxigénio utilizada para a redução do permanganato de potássio pelas matérias oxidáveis contidas na água (figs. 10 e 11). O excesso de permanganato de potássio determinou-se fazendo-o reagir com ácido oxálico.

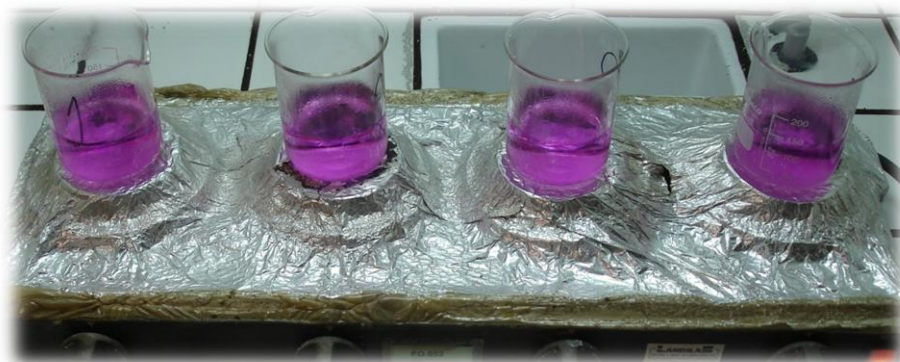


Fig. 10 – Ebulição durante 10 minutos em meio ácido para a determinação da oxidabilidade

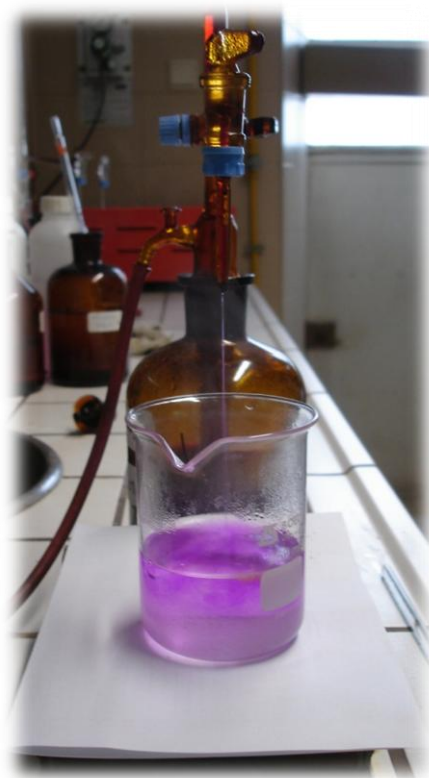


Fig. 11 – Titulação da solução com permanganato de potássio até leve coloração rósea para a determinação da oxidabilidade

Quanto à carência química de oxigénio (CQO) em refluxo fechado foi utilizado o método colorimétrico que consiste em oxidar as substâncias orgânicas oxidáveis presentes na amostra de água através de uma mistura de soluções de dicromato de potássio e ácido sulfúrico em ebulição (figs. 12 e 13).



Fig. 12 – Cuvetes com as soluções das amostras de água para a determinação do CQO



Fig. 13 – Aquecimento das cuvets no reator para a determinação do CQO

O pH foi determinado utilizando um titulador automático que mede o potencial eletroquímico duma célula sensível à actividade do ião hidrogénio (fig. 14).

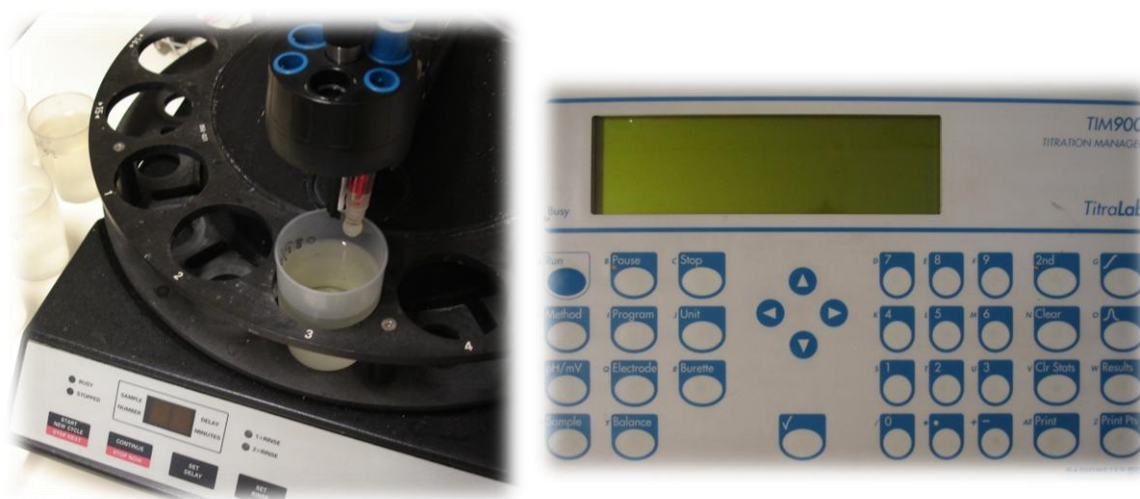


Fig. 14 – Titulador automático para a determinação do pH

A condutividade eléctrica também foi determinada com um titulador automático e corresponde à capacidade da solução de amostra de água para conduzir a corrente eléctrica (fig. 15).



Fig. 15 – Titulador automático para a determinação da condutividade

Em relação aos sólidos suspensos totais foi utilizada a técnica por filtração com filtros de fibra de vidro. O resíduo retido no filtro é seco na estufa à temperatura de $105 \pm 2^\circ\text{C}$ e o aumento de peso representa os SST que após arrefecimento no exsicador são pesados na balança analítica (fig. 16).



Fig. 16 – Filtração, secagem na estufa e arrefecimento no exsicador para posterior pesagem de SST

Por fim, a deteção e enumeração de bactérias Coliformes foi feita por método de filtração através de membrana colocada sobre um meio de cultura diferencial seletivo apropriado (*Membranas Lauryl Sulphate*) e o resultado final expresso em número de UFC por volume específico de amostra de água (fig. 17).



Fig. 17 – Rampa de filtração e membrana colocada sobre o meio de cultura

2.2. Seleção de pontos e características das sub-bacias

A etapa seguinte na metodologia de trabalho resumiu-se essencialmente à seleção das sub-bacias hidrográficas da região norte a analisar. Assim, foram selecionadas as sub-bacias do Lima, Ave e Douro, sendo que este último foi dividido nas sub-bacias do Sabor, Tua e Paiva. Estas sub-bacias foram selecionadas devido às suas características, mas fundamentalmente pela grande uniformidade e harmonia existente nos dados, a fim de facilitar um melhor tratamento dos mesmos. Após a recolha, os dados foram tratados individualmente para uma melhor deteção de possíveis erros e lacunas existentes, alcançando assim uma das premissas principais do tratamento estatístico que é a qualidade dos dados, pois está diretamente relacionada com a qualidade dos resultados posteriormente obtidos.

Seguidamente, após a seleção destas sub-bacias foram escolhidos os respetivos pontos de amostragem pertencentes a cada uma delas e com o auxílio do Microsoft Office Excel® os dados foram divididos em folhas por tipo de amostragem dentro de cada sub-bacia. O critério de escolha utilizado foi a existência de, pelo menos, um tipo de amostragem comum entre estações.

Na sub-bacia do Lima os dados foram divididos em estações com tipos de amostragem referentes a:

- Captação – Bertandos (03F/03), S. João (03F/04) e Fonte Velha (03G/06);
- Piscícola/DQA – Pontilhão de Celeirós (02G/01), Ponte Velha (02G/03), Ribeiro de Baixo (02H/51), Foz do Labruja (03F/05), Foz do Trovela (03F/07), Foz do Estorãos (03F/08) e Foz do Vade (03G/08).

Na sub-bacia do Ave foram analisados os seguintes tipos de amostragem e respetivas estações:

- Captação – Vieira do Minho (04I/50), Taipas (05G/06), Vizela-Santo Adrião (05H/02), Ferro (05H/03) e Golães (05H/04);
- Impacte – Ponte Trofa (05F/03), Ponte Nova-Aves (05F/04), Santo Tirso (05G/07), Riba D’Ave (05G/08), Ponte EN204/Avidos (05G/09), Ponte Este/Arnoso (05F/07), Restaurante Azenha (05F/06), Ponte Brandão (05G/01) e Garfe (04H/01).

Na sub-bacia do Sabor foram analisados os seguintes tipos de amostragem e respetivas estações:

- Captação – Ponte Rio Maçãs (04R/03) e Oleirinhos (02Q/01);
- DQA/CADC – Sabor-Sab1 (02Q/50).

Na sub-bacia do Tua os dados foram divididos em estações com tipos de amostragem referentes a:

- Captação – Ponte Vale de Telhas (04N/01), Quinta da Maravilha (04N/06), Frechas (05N/03) e Eixes (04N/05);
- DQA/CADC – Ponte Couço (02P/02) e Ponte St^a. Rufina (02O/01).

Na sub-bacia do Paiva foram analisados os seguintes tipos de amostragem e respetivas estações:

- Captação/DQA – Castro Daire-Praia Fluvial (08J/01), Videeiro-Ermida (08J/52), Azenha (08K/01), Delobra (08J/02) e Ponte da Bateira (07H/04);
- Piscícola – Castelo/Fornos (07H/05) e Fragas da Torre (08H/02).

Foi ainda incluída uma folha denominada “Parâmetros Comuns” que corresponde à junção das estações existentes nas folhas anteriores por tipo de amostragem e uma conjugação do nome do curso de água abreviado e da data correspondente. Esta simplificação teve como principal objetivo a análise espacial dos dados para uma melhor interpretação e estudo dos mesmos.

Na sub-bacia do Lima para as abreviaturas das estações de amostragem foi considerado o rio Lima (Li1, Li2 e Li3), o rio Vêz (Vêz), o rio Ázere (Áze), o rio Castro Laboreiro (CLa), o rio Labruja (Lab), o rio Trovela (Tro), o rio Estorãos (Est) e o rio Vade (Vad).

Na sub-bacia do Ave para as abreviaturas das estações de amostragem foi considerada a ribeira de Cantelães (Cant), o rio Ave (Av1, Av2, Av3, Av4, Av5 e Av6), o rio Vizela (Viz1 e Viz2), o rio Ferro (Fe), o rio Pele (Pel1 e Pel2), o rio Este (Est) e o rio Selho (Sel).

Na sub-bacia do Sabor para as abreviaturas das estações de amostragem foi considerado o rio Maçãs (Maç) e o rio Sabor (Sab1 e Sab2).

Na sub-bacia do Tua para as abreviaturas das estações de amostragem foi considerado o rio Rabaçal (Rab1, Rab2 e Rab3), o rio Tuela (Tue1 e Tue2) e o rio Tua (Tua).

Na sub-bacia do Paiva para as abreviaturas das estações de amostragem foi considerado o rio Paiva (Pai1, Pai2, Pai3, Pai4 e Pai5), a ribeira da Carvalhosa (Carv) e o rio Paivô (Pvô).

Em resumo, aos códigos das estações de amostragem definidos pelo INAG, I. P. e respetivos cursos de água foram atribuídos novos códigos para facilitar a perceção e a compreensão dos dados referentes a cada sub-bacia encontrando-se esta tabela esquemática no Anexo I deste relatório.

É ainda de salientar que, em geral, o tempo de monitorização estudado foi de janeiro de 2011 a abril de 2012 (dezasseis meses).

Assim, foi possível a elaboração de mapas relativos a cada sub-bacia e um mapa geral de todas as sub-bacias (fig. 18) e estações de amostragem estudadas, recorrendo ao programa de informação geográfica ArcView®, bem como o estudo e análise das suas características principais a seguir apresentadas.

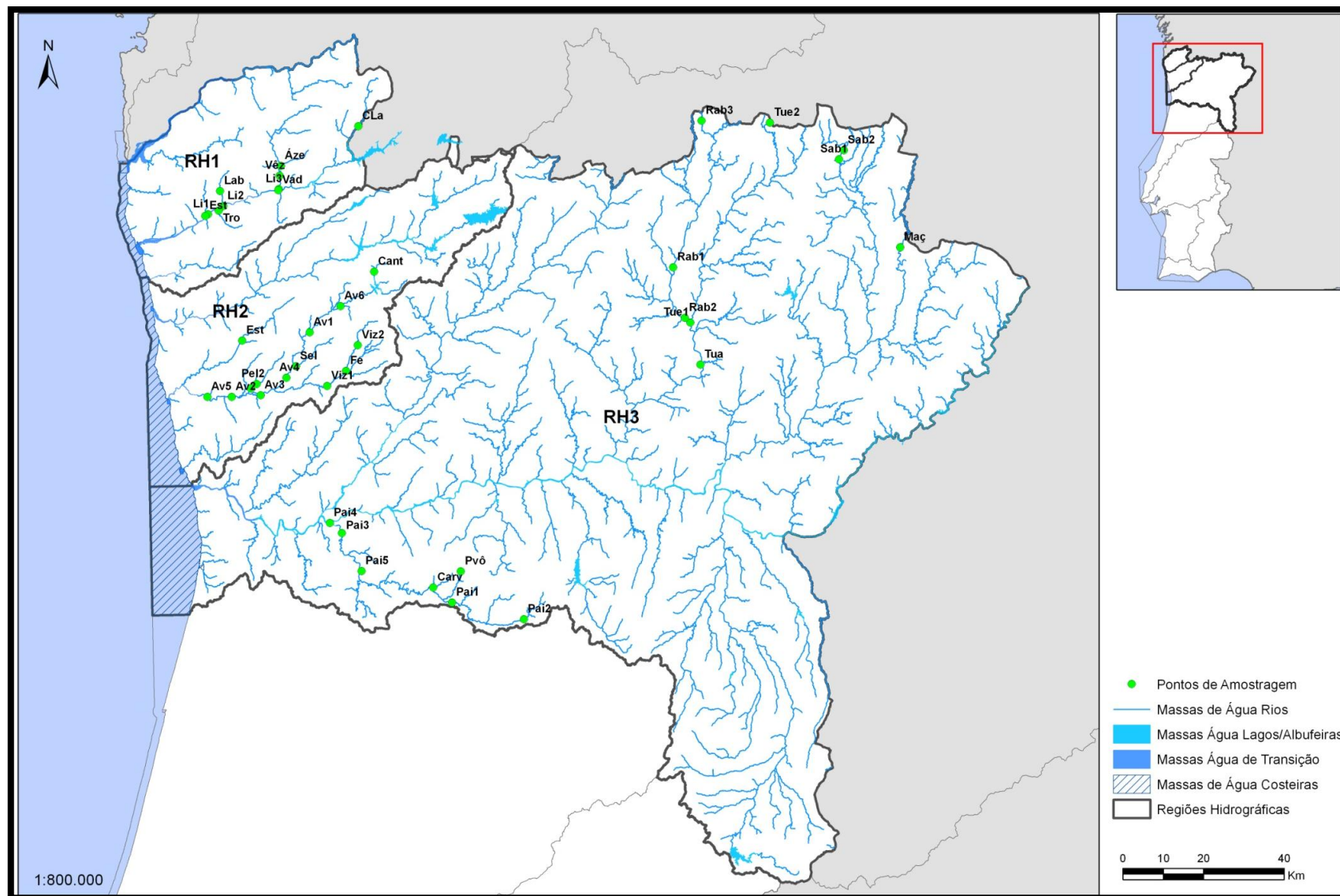


Fig. 18 – Mapa geral de todas as sub-bacias e estações de amostragem analisadas

Sub-bacia do Lima

A sub-bacia Lima, com 1213 km² de área, é a maior sub-bacia da RH1, e apresenta uma densidade populacional de 114 hab./km², abrangendo 12 concelhos: Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Montalegre, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Terras de Bouro, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira e Vila Verde. A sub-bacia Lima abrange na sua quase totalidade os concelhos de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez, abrangendo ainda mais de metade dos concelhos de Ponte de Lima e Viana do Castelo. Esta sub-bacia tem, como principal linha de água o rio Lima. O rio Lima, com cerca de 108 Km de extensão, é um rio internacional, que nasce na serra de S. Mamede, em Espanha, e desagua em Viana do Castelo (fig. 19).

O clima é super-húmido (mesotérmico), com moderada falta de água no Verão e com uma pequena concentração térmica no Verão. A humidade relativa média mensal do ar ponderada varia na sub-bacia do Lima aproximadamente, entre 72% e 87%.

A bacia hidrográfica do rio Lima é caracterizada por ser muito montanhosa, com fortes declives e com altitudes máximas próximas dos 1400 m. A faixa costeira é formada por uma planície litoral talhada em rocha, com cobertura dunar ocasional a Norte do rio Lima e em extensas áreas a Sul deste rio. Inclui uma costa rochosa baixa, com praias arenosas a cascalhentas ocasionais, de pequena dimensão, encastradas a semi-encastradas no troço entre o rio Minho e o rio Lima, e mais extensas, abertas a semi-encastradas no troço a sul do rio Lima. A sub-bacia do Lima ocupa uma área de cerca de 2470 km², dos quais cerca de 1140 km² (46%) em território português. A parte portuguesa é limitada a norte pelas sub-bacias do rio Minho, a leste pela região hidrográfica do Douro e a sul pelas sub-bacias dos rios Cávado e Neiva. Os seus principais afluentes são os rios Estorãos, Trovela, Vez, Vade e Castro Laboreiro.

Em termos de necessidades de água para a indústria a sub-bacia do Lima apresenta valores elevados, quer em termos absolutos (84% das necessidades totais da Região), quer por unidade de área. O elevado valor das necessidades hídricas da sub-bacia Lima, devem-se ao facto de ser nesta sub-bacia que se localiza a fábrica da Portucel Viana, em Viana do Castelo, a que corresponde também à maior necessidade de água por setor de actividade. As necessidades de água estimadas para o setor do golfe, considerando o único campo de Golfe existente nesta região, ascendem a 0,12 hm³ em ano médio, ou seja, menos de 1% das necessidades totais. No que diz respeito à pesca profissional em águas interiores, foi identificado apenas um pescador, na sub-bacia do Lima.

Na sub-bacia do rio Lima a maior contribuição para a formação das cheias excepcionais provém do escoamento gerado na parte central da mesma. Tal facto deve-se não só às elevadas precipitações aí registadas, mas também à maior capacidade dessa zona para gerar escoamento superficial e à velocidade de propagação dos caudais em consequência da baixa permeabilidade e relevo acidentado.

Em termos de poluição accidental destaca-se essencialmente a existência de cinco (5) instalações PCIP, uma (1) unidade de gestão de resíduos (aterro), vinte (20) unidades fitofarmacêuticas, trinta e duas (32) instalações de abastecimento de combustíveis e cinco (5) ETAR com população servida superior a 2000 habitantes (ARH Norte, 2011a).

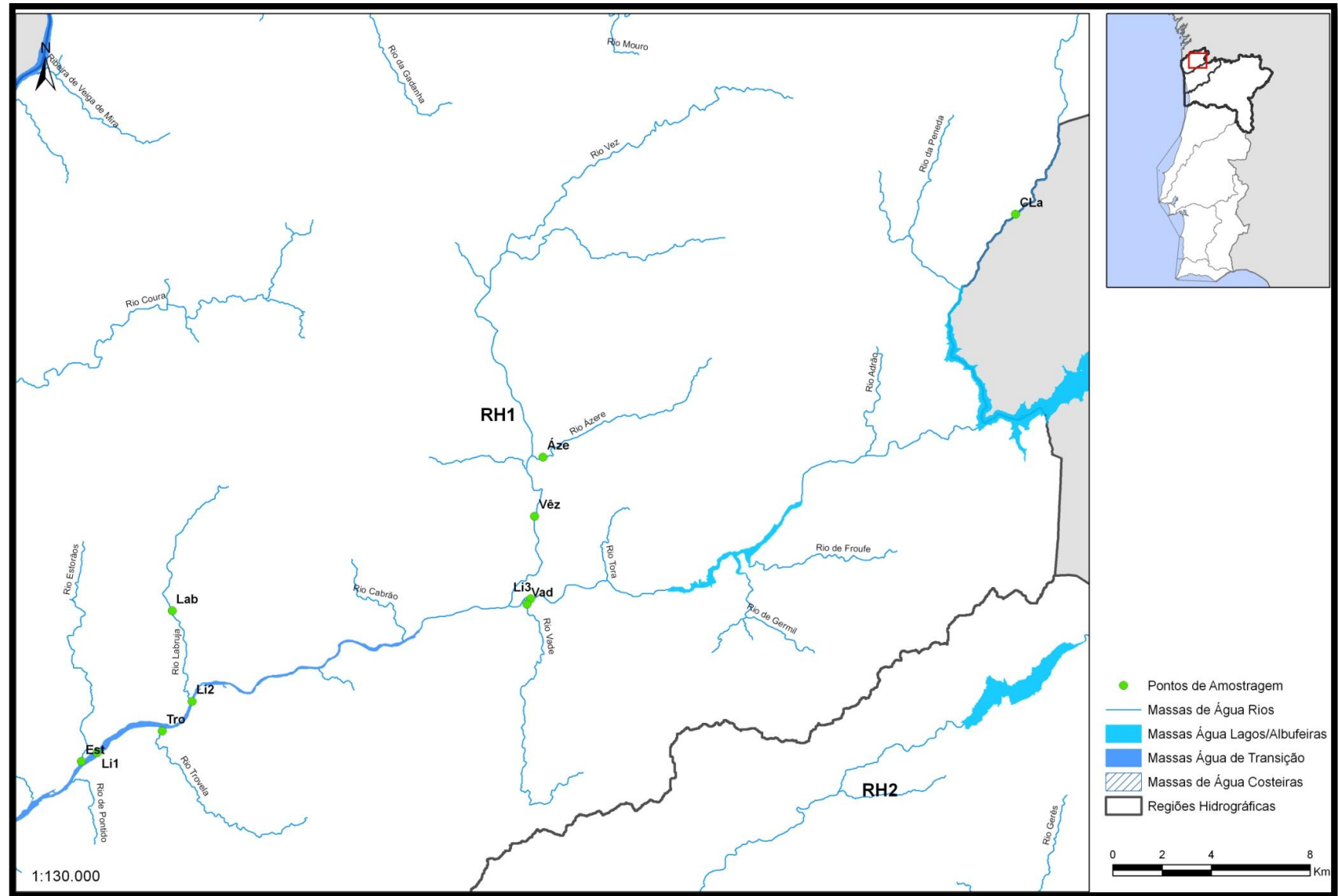


Fig. 19 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Lima

Sub-bacia do Ave

A sub-bacia Ave tem 1391 km² de área e uma densidade populacional de 488 hab./km², abrangendo 19 concelhos: Barcelos, Braga, Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto, Fafe, Felgueiras, Guimarães, Lousada, Maia, Montalegre, Paços de Ferreira, Póvoa do Lanhoso, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Nova de Famalicão e Vizela. Destes, três (Vizela, Guimarães e Vila Nova de Famalicão) encontram-se totalmente inseridos na sub-bacia, e também o concelho de Fafe encontra-se integrado em mais de 90% da sua área. A principal linha de água desta sub-bacia é o rio Ave, que nasce na Serra da Cabreira e percorre 101 km até à foz, em Vila do Conde (fig. 20).

Constata-se que a humidade relativa do ar média mensal ponderada, oscila aproximadamente, na sub-bacia do Ave entre 70 e 83%.

A sub-bacia do Ave, com uma área de 1391 km², tem como principal linha de água o rio Ave. Os seus principais afluentes são o rio Este que drena uma área de 247 km² e o rio Vizela, que drena 342 km².

Na sub-bacia do Ave verifica-se que o principal afluente da margem direita, rio Este, apresenta um escoamento anual total na foz de 160 hm³, perfazendo 12% do volume de escoamento gerado na bacia hidrográfica do Ave.

A sub-bacia onde as necessidades de água para indústria são mais elevadas é a sub-bacia do Ave, (68% das necessidades totais da região), apresentado igualmente um valor elevado das necessidades por unidade de área, o que se deve à forte presença da indústria têxtil nesta sub-bacia. Em relação à pecuária esta sub-bacia é a que apresenta as maiores necessidades de água do sector, representando cerca de 47% das necessidades totais. Já no setor da aquicultura e pescas existe uma truticultura, bem como seis concessões de pesca desportiva nesta sub-bacia.

Na sub-bacia hidrográfica do Ave foram construídos vários aproveitamentos a maior parte fios de água puros, muito antigos e quase todos particulares. Pela diminuta capacidade de armazenamento e localização nas cabeceiras da bacia a sua influência no amortecimento das cheias é nula.

Em termos de poluição accidental destaca-se essencialmente a existência de quarenta e cinco (45) instalações PCIP, sete (7) instalações SEVESO, sete (7) unidades de gestão de resíduos (aterros), quatro (4) minas, quarenta e oito (48) unidades fitofarmacêuticas, cento e cinquenta e duas (152) instalações de abastecimento de combustíveis e quinze (15) ETAR com população servida superior a 2000 habitantes (ARH Norte, 2011b).



Sub-bacia do Sabor

A sub-bacia Sabor tem 3 297 km² de área e uma densidade populacional de 20 hab./km² abrangendo 12 concelhos: Vinhais, Mirandela, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Miranda do Douro, Torre de Moncorvo, Macedo de Cavaleiros, Vila Flor, Mogadouro, Bragança, Alfândega da Fé e Vimioso. A principal linha de água desta sub-bacia, com aproximadamente 200 km, é o rio Sabor, que nasce em Espanha na província de Zamora e desagua no rio Douro, no distrito de Bragança (fig. 21).

Em relação à climatologia da sub-bacia é de realçar a existência de temperaturas ligeiramente superiores à envolvente, nomeadamente a Sudeste de Vila Flor. A humidade relativa média anual na região é de 71%, sendo de salientar que numa faixa que se desenvolve de Oeste para Este, de Mirandela a Miranda do Douro é reduzida.

Em termos hidrográficos, o Sabor é um afluente do Douro, pois tem uma bacia hidrográfica relativamente significativa face à dimensão da própria bacia do Douro. Pelas mesmas razões, destaca-se também o rio Maçãs, afluente do rio Sabor. A sub-bacia do Sabor é partilhada com Espanha.

Na pecuária a sub-bacia do Sabor regista um valor significativo de 16% de necessidades de água do setor.

O vale do rio Sabor apresenta-se como uma zona suscetível de provocar maiores taxas de erosão hídrica. Em contrapartida, o troço final apresenta uma tendência para se encontrar num estado de assoreamento.

Em termos de poluição accidental destaca-se apenas a existência de dezasseis (16) minas (ARH Norte, 2011c).

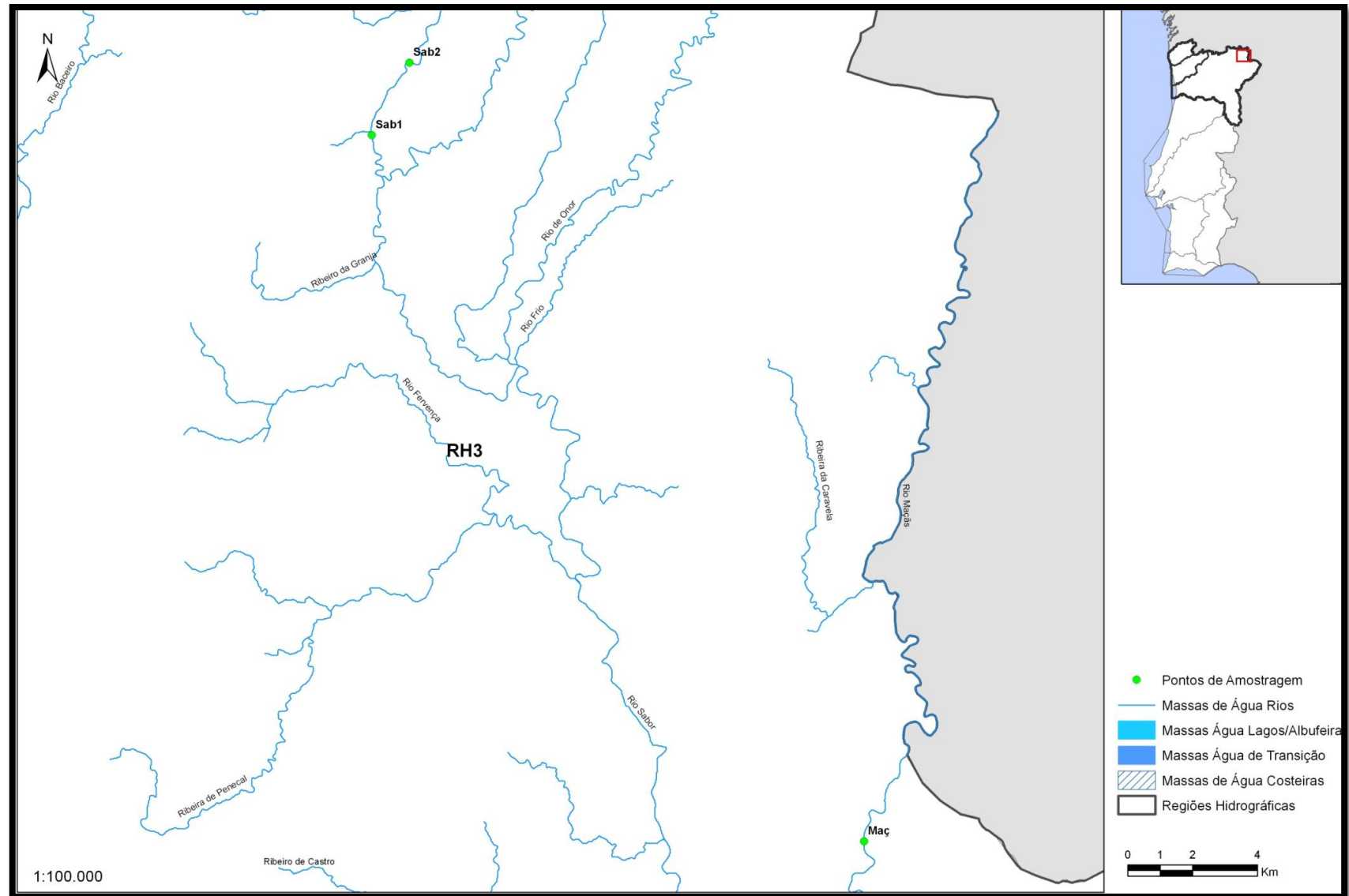


Fig. 21 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Sabor

Sub-bacia do Tua

A sub-bacia Tua tem 1255 km² de área, uma densidade populacional de 38 hab./km² e abrange dez concelhos: Alijó, Alfândega da Fé, Carrazeda de Ansiães, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Mirandela, Murça, Valpaços, Vila Flor e Vila Pouca de Aguiar. A principal linha de água presente nesta sub-bacia é o rio Tua, que resulta da junção dos rios Rabaçal e Tuela, após a cidade de Mirandela. O rio Tua desagua no rio Douro, junto à aldeia do Tua. Para além desta sub-bacia, a sub-bacia Rabaçal/Tuela possui 1867 km² de área, uma densidade populacional de 21 hab./km² e abrange sete concelhos: Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Mirandela, Murça, Valpaços e Vinhais. Esta sub-bacia é constituída por duas linhas de água principais: o rio Rabaçal e o rio Tuela. O rio Rabaçal nasce na Galiza e entra em Portugal pelo concelho de Vinhais, encontrando-se com o rio Tuela, 65 km depois, perto da cidade de Mirandela. O rio Tuela nasce na província de Castela e Leão, em Espanha, e, tal como o rio Rabaçal, entra em Portugal pelo concelho de Vinhais, dando origem ao rio Tua, após a confluência do rio Rabaçal, como referido anteriormente (fig. 22).

Na sub-bacia Rabaçal/Tuela registam-se menores precipitações, o clima é sub-húmido seco e o excesso de humidade é acentuado no Inverno, salvo raras exceções.

Em relação à climatologia da sub-bacia é de realçar a existência de temperaturas ligeiramente superiores à envolvente, nomeadamente junto à localidade de Mirandela.

Em termos hidrográficos, o Tua é um afluente do Douro, pois tem uma bacia hidrográfica relativamente significativa face à dimensão da própria bacia do Douro. Pelas mesmas razões, destacam-se também os rios Rabaçal e Tuela, afluentes do rio Tua. A sub-bacia do Tua é partilhada com Espanha.

No que diz respeito à aquicultura esta região apresenta boas condições térmicas e de qualidade da água para a instalação de truticulturas, existindo explorações ativas distribuídas por esta sub-bacia, bem como concessões de pesca desportiva.

O rio Tua apresenta-se como uma zona suscetível de provocar maiores taxas de erosão hídrica, assim como os seus troços inicial e final.

Em termos de poluição accidental destaca-se apenas a existência de trinta e oito (38) instalações de abastecimento de combustíveis (ARH Norte, 2011c).

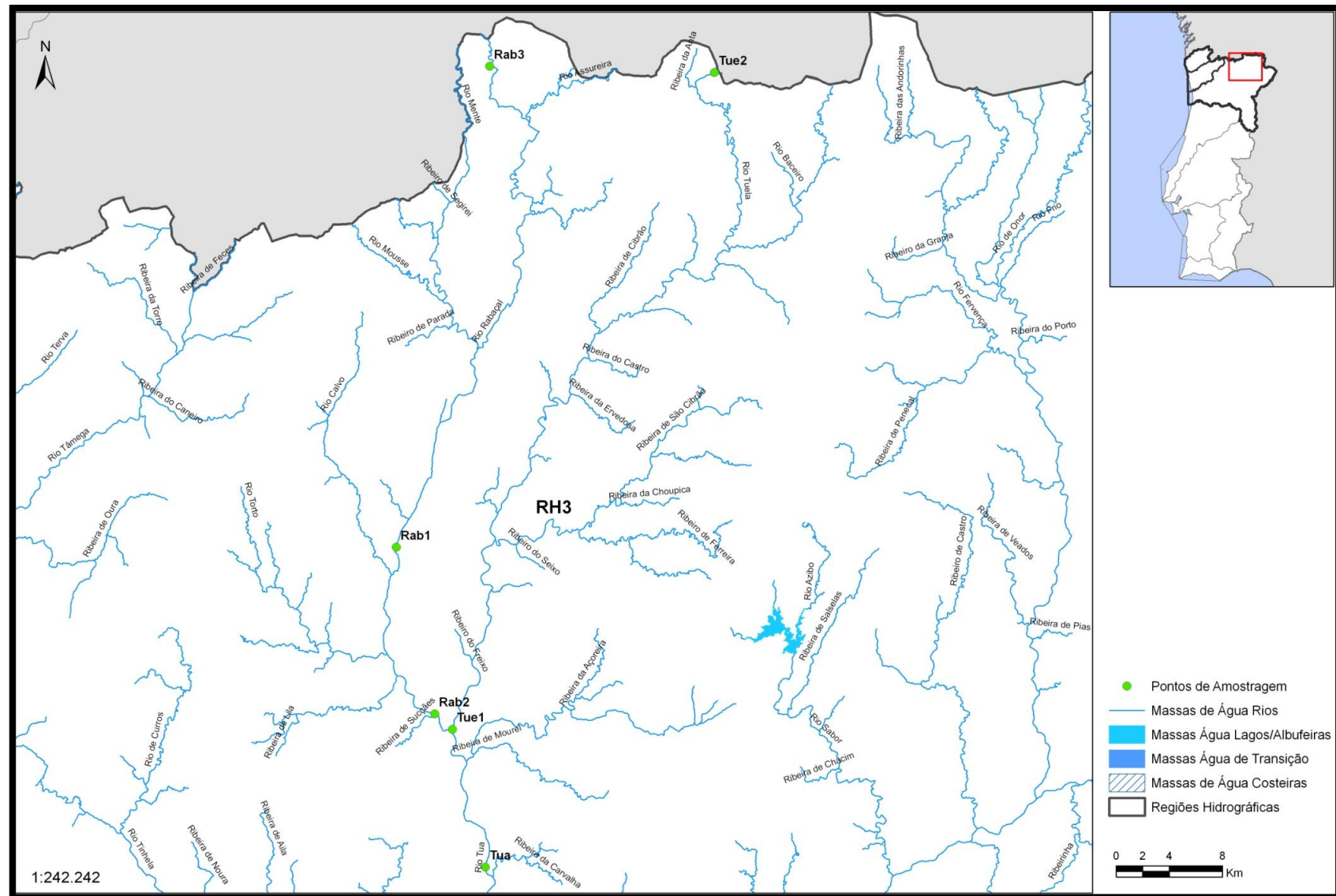


Fig. 22 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Tua

Sub-bacia do Paiva

A sub-bacia Paiva tem 790 km² de área, uma densidade populacional de 40 hab./km² e abrange 12 concelhos: Arouca, Castelo de Paiva, Castro Daire, Cinfães, Lamego, Moimenta da Beira, São Pedro do Sul, Sátão, Sernancelhe, Tarouca, Vila Nova de Paiva e Viseu. O rio Paiva, principal linha de água da sub-bacia do Paiva, nasce na serra de Leomil, a cerca de 1 000 m de altitude, no concelho de Moimenta da Beira e desagua em Castelo de Paiva, no rio Douro, 110 km depois (fig. 23).

Esta região, particularmente entre outubro e março apresenta cerca de mais 100 mm por mês de precipitação que as restantes sub-bacias do Douro. Relativamente à evapotranspiração potencial média anual esta sub-bacia é uma das que apresenta valores menores, nomeadamente nos meses de verão, registando cerca de 50 mm menos que as restantes sub-bacias.

Em termos hidrográficos, o Paiva é um afluente do Douro, pois tem uma bacia hidrográfica relativamente significativa face à dimensão da própria bacia do Douro.

Na pecuária, se se atender às necessidades hídricas por unidade de área esta sub-bacia é uma das que reflete maior importância desta atividade nestes territórios.

No que diz respeito à aquicultura esta região apresenta boas condições térmicas e de qualidade da água para a instalação de truticulturas, existindo explorações ativas distribuídas por esta sub-bacia, bem como concessões de pesca desportiva.

O vale do rio Paiva apresenta-se como uma zona suscetível de provocar maiores taxas de erosão hídrica, assim como o seu troço final.

Em termos de poluição accidental destaca-se apenas a existência de seis (6) instalações de abastecimento de combustíveis (ARH Norte, 2011c).

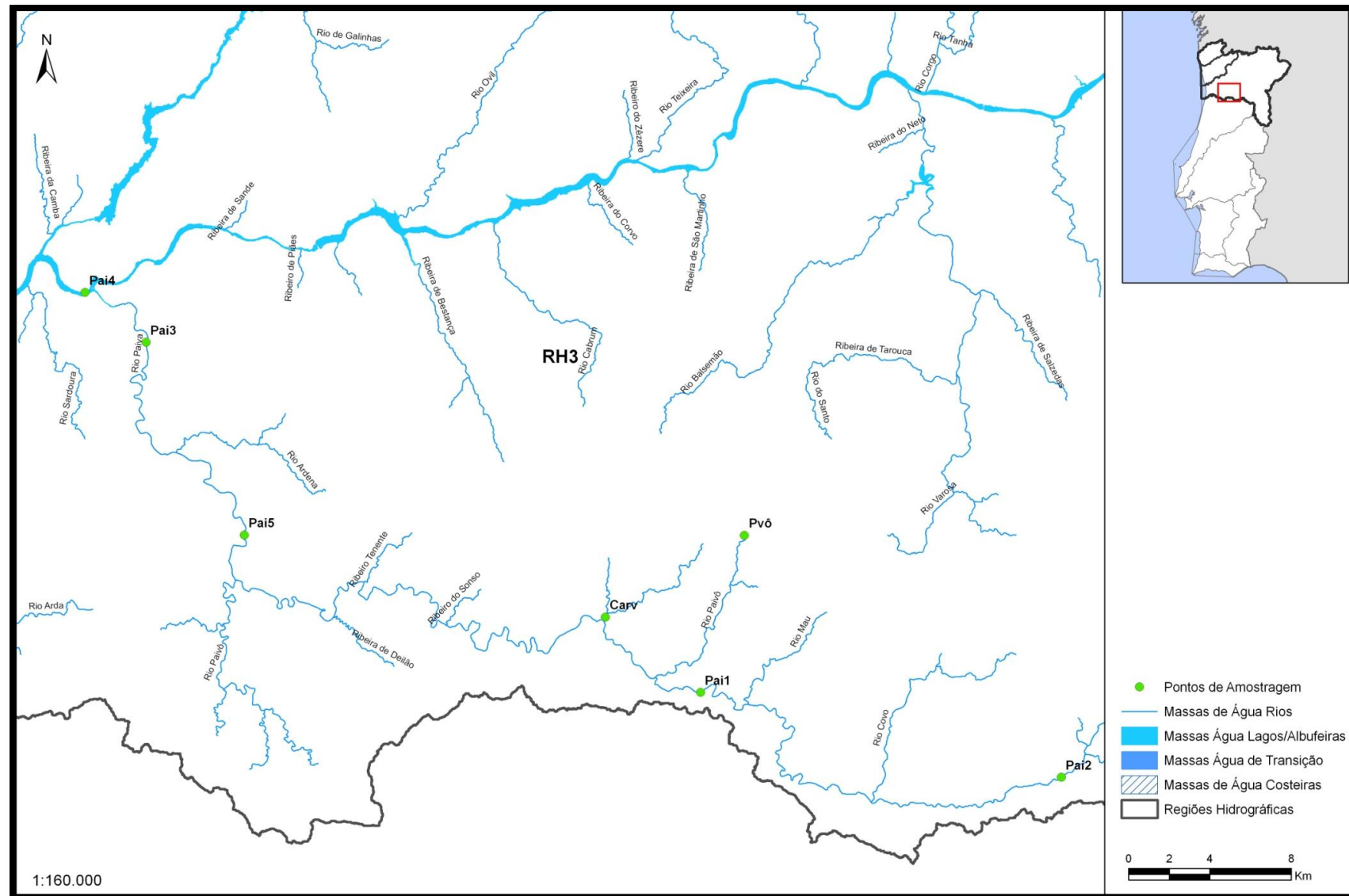


Fig. 23 – Mapa relativo às estações de amostragem analisadas na sub-bacia do Paiva

2.3. Tratamento estatístico dos dados

A fase final da metodologia de trabalho seguida consistiu na introdução dos dados dos diversos parâmetros anteriormente descritos no programa Statistica®.

Recorrendo a este programa foi utilizada, primeiramente, a análise de componentes principais (ACP). Esta análise tem por objetivo descrever os dados contidos num quadro indivíduos-variáveis numéricas: p variáveis serão mediadas com n indivíduos. Este é considerado um método fatorial, pois a redução do número de variáveis não se faz por uma simples seleção de algumas variáveis, mas pela construção de novas variáveis sintéticas, obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais, por meio dos fatores.

A ACP é uma técnica matemática da análise multivariada, que possibilita investigações com um grande número de dados disponíveis. Possibilita, também, a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados, sem perdas significativas de informações. Além disso, transforma um conjunto original de variáveis noutro conjunto: os componentes principais (CP) de dimensões equivalentes. Essa transformação noutro conjunto de variáveis ocorre com a menor perda de informação possível, sendo que esta também procura eliminar algumas variáveis originais que possuam pouca informação. Essa redução de variáveis só será possível se as p variáveis iniciais não forem independentes e possuírem coeficientes de correlação não-nulos.

O objetivo da análise de componentes principais é abordar aspetos como a geração, a seleção e a interpretação das componentes investigadas. Ainda pretende determinar as variáveis de maior influência na formação de cada componente, que serão utilizadas para estudos futuros, tais como de controlo de qualidade, estudos ambientais, estudos populacionais, entre outros.

A ideia matemática do método é conhecida há muito tempo, apesar do cálculo das matrizes dos auto-valores e auto-vetores não ter sido possível até ao princípio da evolução dos computadores. O seu desenvolvimento foi conduzido, em parte, pela necessidade de se analisar conjuntos de dados com muitas variáveis correlacionadas. Inicialmente, o objetivo da ACP foi o de encontrar linhas e planos que melhor se ajustassem a um conjunto de pontos num espaço p -dimensional. Mais tarde, a análise que encontrava estas componentes e que maximizava a variância dos dados originais foi denominada de “Principal Component Analysis”. Atualmente, um dos principais usos da ACP ocorre quando as variáveis são originárias de processos em que diversas características devem ser observadas ao mesmo tempo.

A ideia central da análise baseia-se na redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente quando os dados são constituídos por grande número de variáveis inter-relacionadas. Procura-se redistribuir a variação nas variáveis (eixos originais) de forma a obter o conjunto ortogonal de eixos não-correlacionados. Essa redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis originais num novo conjunto de variáveis que mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto. Isto é, com a menor perda possível de informação. Além disso, esta técnica permite o agrupamento de indivíduos similares mediante exames visuais, em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional de fácil interpretação geométrica.

Na prática, o algoritmo baseia-se na matriz de variância-covariância ou na matriz de correlação, donde são extraídos os auto-valores e os auto-vetores.

A análise de componentes principais tem a finalidade de substituir um conjunto de variáveis correlacionadas por um conjunto de novas variáveis não correlacionadas, sendo essas combinações lineares das variáveis iniciais e colocadas em ordem decrescente pelas suas variâncias.

As novas variáveis geradas denominam-se CP e possuem independência estatística e são não-correlacionadas. Isso significa que, se as variáveis originais não estão correlacionadas, a ACP não oferece nenhuma vantagem.

Para a determinação das componentes principais é necessário calcular a matriz de variância-covariância ou a matriz de correlação encontrar os auto-valores e os auto-vetores e, por fim, escrever as combinações lineares, que serão as novas variáveis, denominadas de componentes principais, sendo que cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, independentes entre si e estimadas com o pressuposto de reter, em ordem de estimação e em termos da variação total contida nos dados iniciais (Vicini *et al.*, 2005).

Seguidamente, foram feitas correlações dos dados existentes por sub-bacias. Em teoria da probabilidade e estatística, correlação, também chamada de coeficiente de correlação, indica a força e a direção do relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias. Acontece muitas vezes matrizes de dados ecológicos conterem descritores sem escala comum, por exemplo, quando algumas espécies são mais abundantes do que outras por ordens de grandeza ou quando os descritores têm diferentes dimensões físicas. No uso estatístico geral, correlação refere-se à medida da relação entre duas variáveis, embora correlação não implique causalidade. Neste sentido geral, existem vários coeficientes medindo o grau de correlação, adaptados à natureza dos dados. O mais conhecido é o coeficiente de correlação de Pearson, o qual é obtido dividindo a covariância de duas variáveis pelo produto de seus desvios padrão. Em geral, é possível mostrar que há pares de variáveis aleatórias com forte

dependência estatística e que, no entanto, apresentam correlação nula. Ambas as variáveis devem ser medidas numa escala contínua e ambas devem ser distribuídas normalmente (muitas vezes chamada de distribuição normal bivariada). Se estes pressupostos não se aplicarem a correlação de ordem de Spearman deve ser utilizada em vez da correlação de Pearson.

Assim, a correlação é um método simples utilizado para analisar conjuntos de dados com mais de duas observações individuais e considera todas as comparações possíveis que possam ser feitas. Os pacotes estatísticos permitem fazer isso e produzem uma grande matriz de coeficientes de correlação usada para encontrar o maior número de dados positivos e negativos para posterior investigação.

Por último, foram utilizados gráficos do tipo “caixa-de-bigodes” (*box and whisker plots*) para analisar a variação de cada parâmetro no tempo e no espaço por sub-bacias monitorizadas. Esta análise permite resumir dados onde não existam suposições de distribuição. Nestes diagramas representam-se graficamente o 1º e 3º quartis (que delimitam a caixa), representando a mediana no interior da caixa e unindo por duas linhas à caixa tanto o valor mínimo da maior concentração de dados como o valor máximo da maior concentração de dados. Para representar diagramas deste tipo é necessário, numa primeira fase, identificar se existem valores anormais, que não pertencem ao intervalo, no interior do qual se encontram contidos a maior parte dos dados, os denominados “outliers”. De modo a detectar a existência destes valores deve-se calcular os limites da caixa. Os outliers são representados no diagrama de caixa como pontos isolados (Dytham, 2011). Os valores extremos ou atípicos (“extremes”) são aqueles que se encontram fora dos limites. O esquema seguinte exemplifica de forma simples um diagrama de “caixa-de-bigodes” (fig. 24):

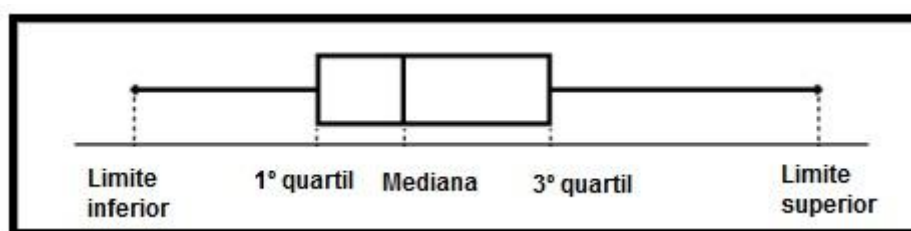


Fig. 24 – Diagrama “caixa-de-bigodes”

Assim, através desta metodologia de trabalho seguida foi possível uma análise exhaustiva e pormenorizada dos dados recolhidos laboratorialmente e uma compreensão e perceção da importância dos mesmos na gestão de bacias hidrográficas da Região Norte de Portugal.

3. Apresentação e discussão de resultados

A discussão e análise dos resultados obtidos ao longo deste estágio e, mais concretamente neste relatório serão apresentados e divididos por sub-bacias. Dentro de cada sub-bacia serão divididos em parâmetros monitorizados.

Nas sub-bacias do Lima, Sabor e Tua os parâmetros investigados foram exatamente os mesmos, ou seja, o CBO₅, CQO, condutividade, oxigénio dissolvido, oxidabilidade, pH, SST e temperatura. Na sub-bacia do Paiva apenas foram analisados o CBO₅, oxigénio dissolvido, pH, SST e temperatura. Já na sub-bacia do Ave aos parâmetros estudados e enumerados anteriormente foram ainda acrescentados os coliformes fecais e coliformes totais.

Assim, foi possível a realização de uma análise emparelhada por sub-bacia e por parâmetro no espaço e no tempo através dos diagramas “caixa-de-bigodes”, bem como uma análise geral por sub-bacia através dos diagramas anteriores e dos gráficos de análise dos componentes principais e correlações. De seguida, apresenta-se a legenda comum de todos os diagramas de “caixa-de-bigodes” abaixo analisados (fig. 25).



Fig. 25 – Legenda dos diagramas de “caixa-de-bigodes” a seguir apresentados

3.1. Sub-bacia do Lima

CBO₅

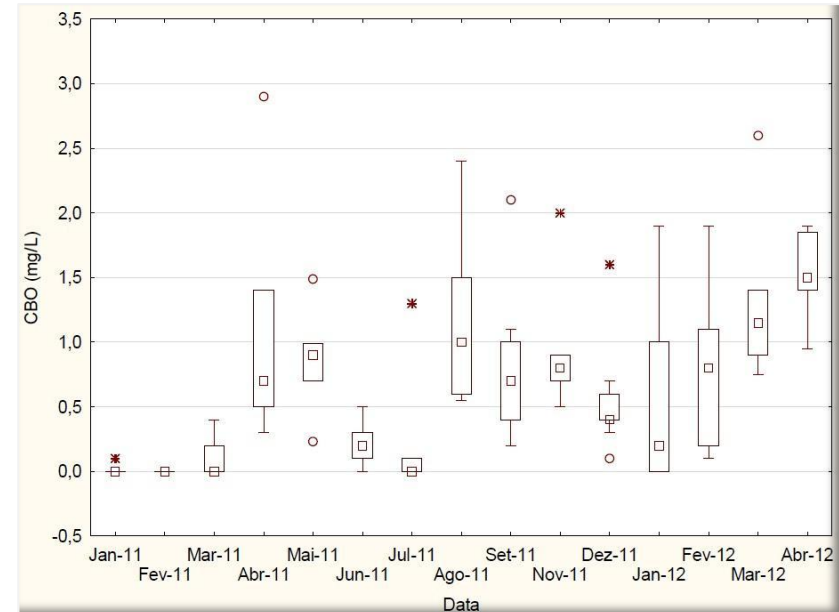
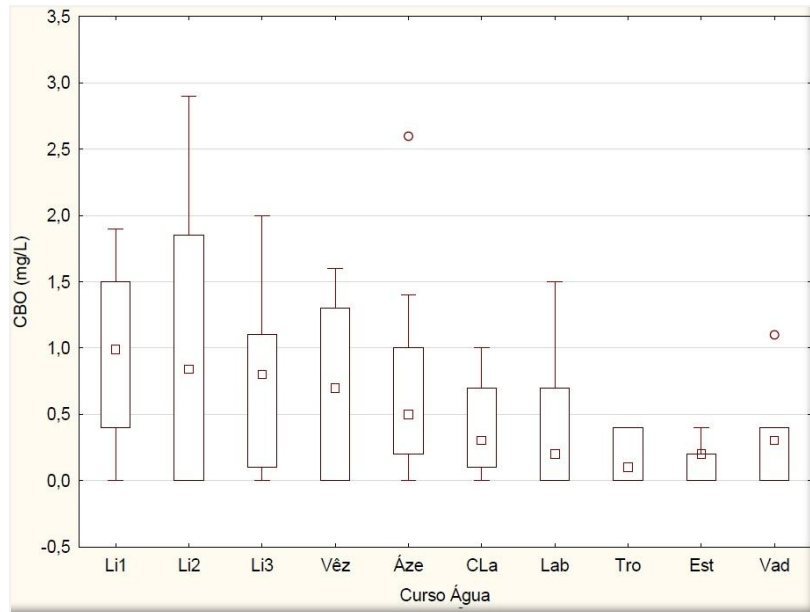


Fig. 26 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO₅ da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e os pontos no rio Lima (Li1, Li2 e Li3) apresentam valores de CBO₅ mais elevados que os restantes, assim como o ponto localizado no rio Vêz. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto às grandes cidades de Ponte de Lima e Viana do Castelo (elevado número de habitantes). No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações e os valores de CBO₅ são mais elevados nos meses de Abr-11, Ago-11, Jan-12 e Fev-12. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que o valor máximo de CBO₅ verificou-se em Abr-11 no ponto Li2, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para esta observação.

Condutividade

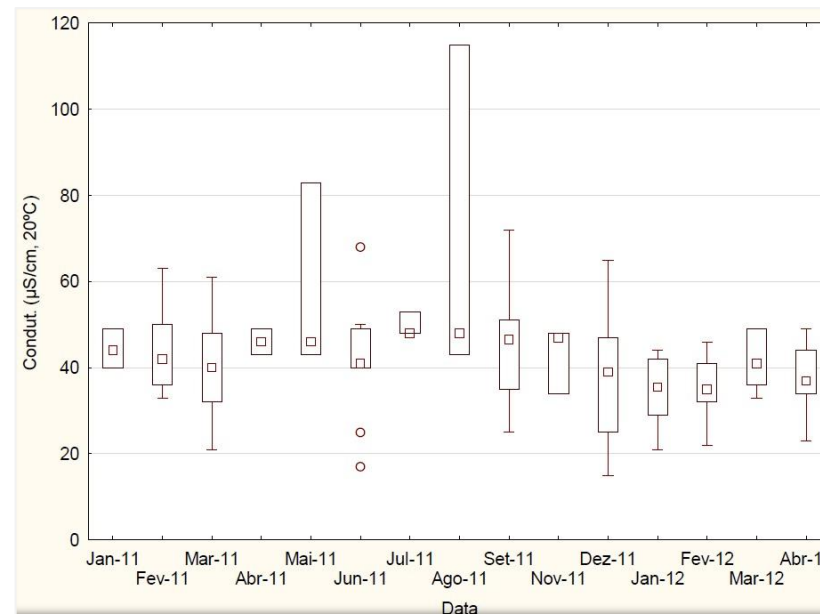
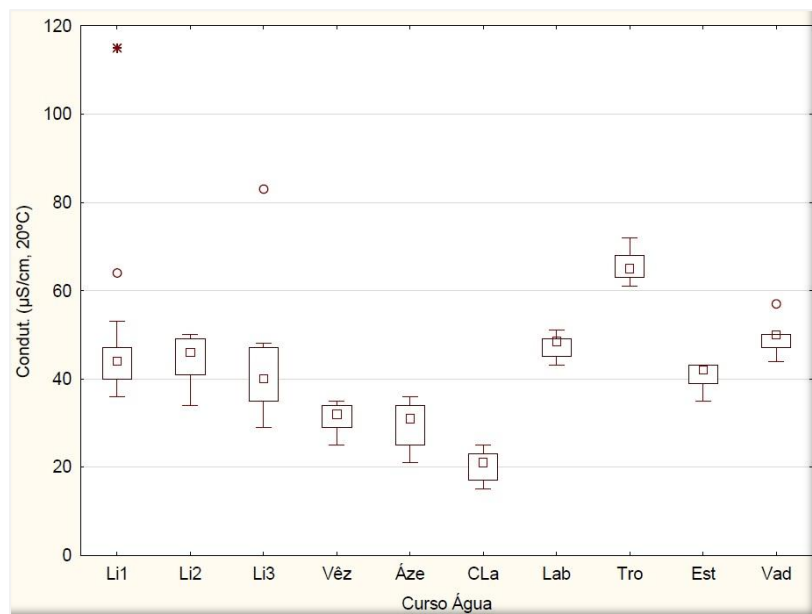


Fig. 27 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta apenas uma alteração significativa de condutividade no ponto localizado no rio Trovela. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização deste afluente próximo de Ponte de Lima. No gráfico 2, o perfil da mediana não apresenta grandes oscilações, sendo que a diferença entre a mediana e o 3º quartil é elevada. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que o valor máximo de condutividade verificou-se em Jun-11 no ponto localizado no rio Trovela. Importa ainda salientar que em Mai-11 e Ago-11 nos pontos Li3 e Li1, respetivamente foram registados valores elevados talvez pela proximidade a cidades com maior número de habitantes da região.

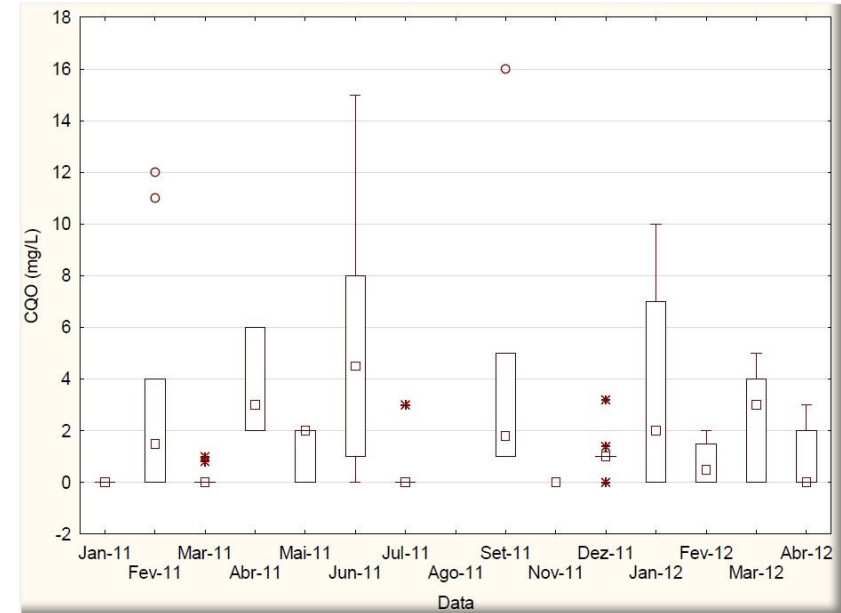
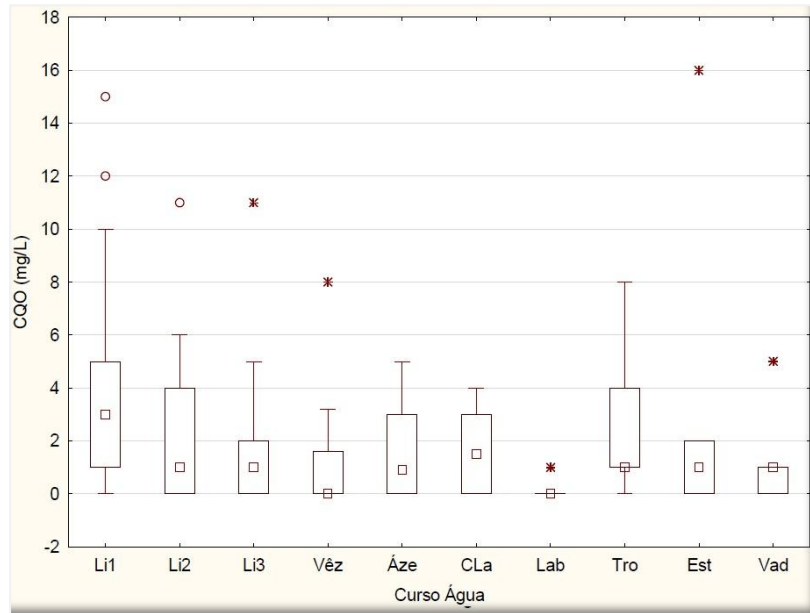
CQO

Fig. 28 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e os valores de CQO são quase todos muito baixos (próximos de zero), sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para esta observação. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta pequenas oscilações e os valores de CQO são ligeiramente mais elevados nos meses de Jun-11 e Jan-12. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que no rio Estorãos verificou-se um valor extremo de CQO em Set-11 e no ponto Li1 localizado no rio Lima verificou-se a existência de “outliers” significativos em Fev-11 e Jun-11, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações.

O₂ dissolvido

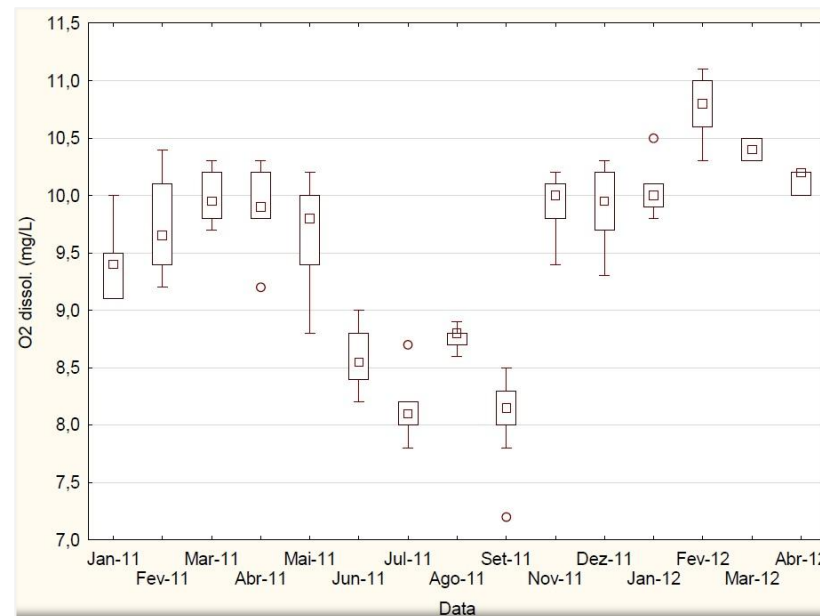
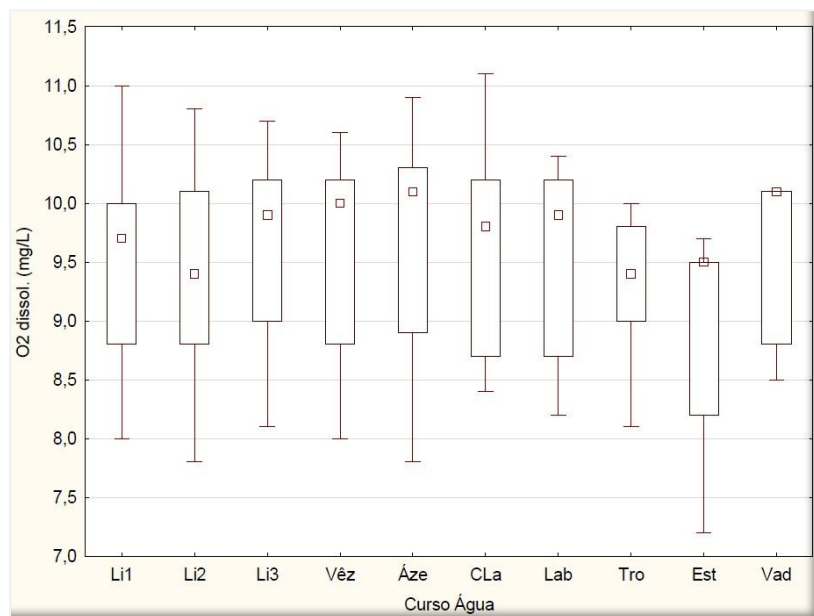


Fig. 29 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O₂ dissolvido da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e os pontos Li2 e Tro apresentam valores de O₂ dissolvido menos elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto às grandes cidades de Ponte de Lima e Viana do Castelo (elevado número de habitantes). No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo que se constata que nos meses de verão ocorre claramente um abaixamento na quantidade de O₂ dissolvido, devido ao aumento natural de temperatura. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

Oxidabilidade

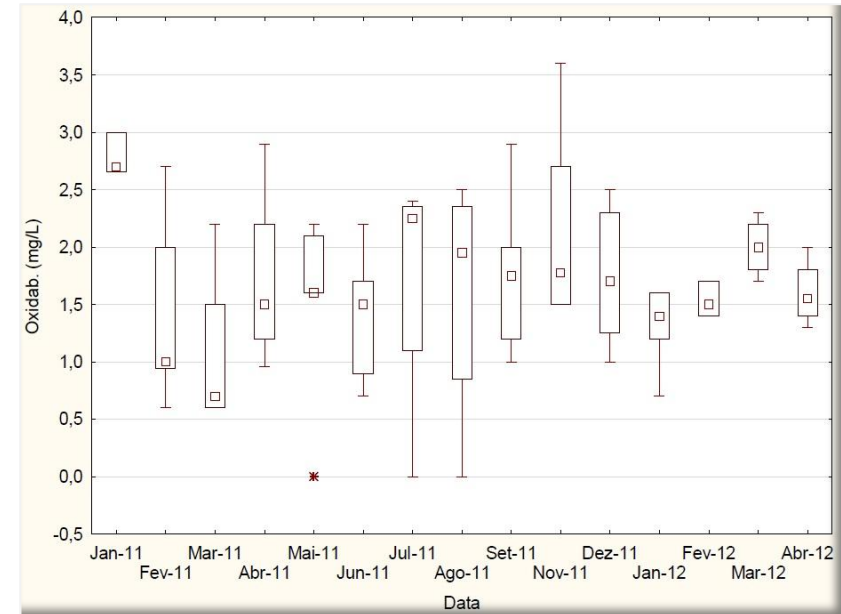
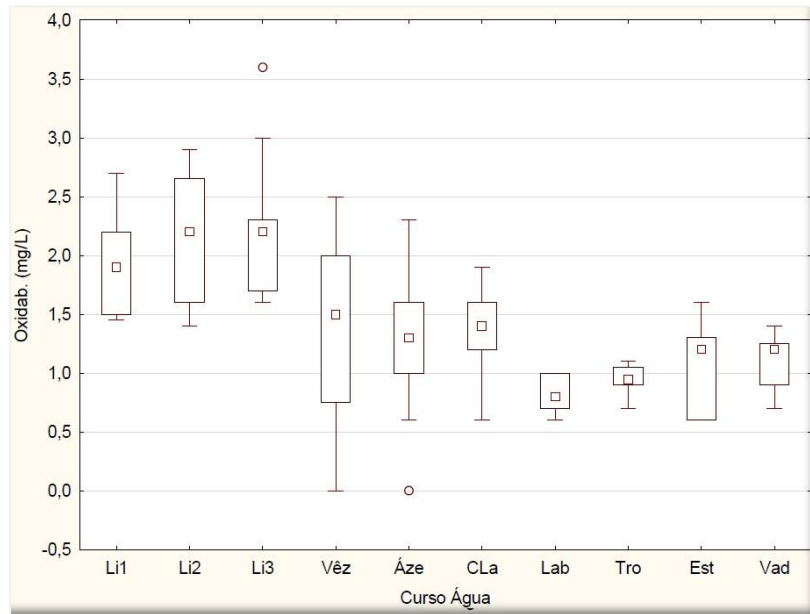


Fig. 30 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta algumas alterações, sendo que os pontos localizados no rio Lima apresentam valores de oxidabilidade ligeiramente mais elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto às cidades de Ponte de Lima e Viana do Castelo (elevado número de habitantes). No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, e constata-se que após Jan-11 (valor máximo) ocorreu uma descida acentuada na oxidabilidade. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que em Li3 verificou-se a existência de um “outlier” significativo em Nov-11, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações.

pH

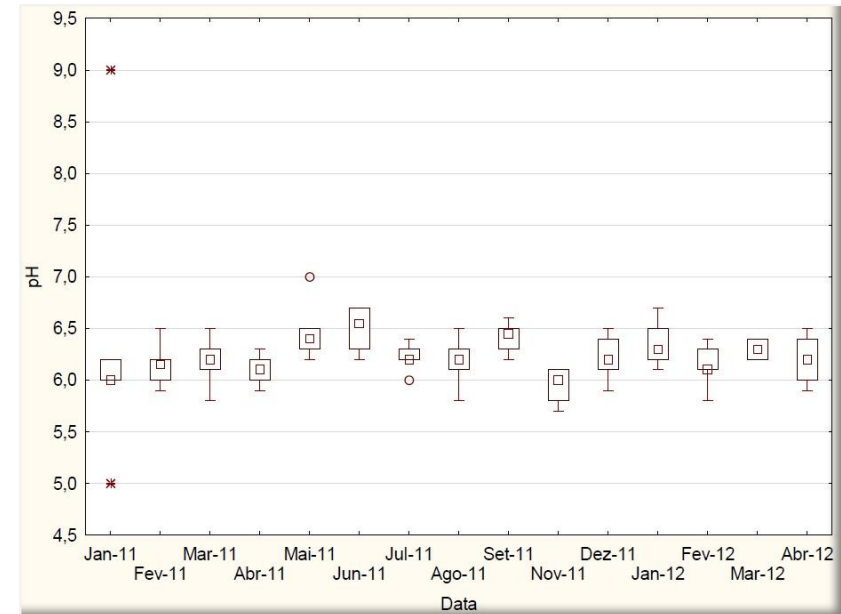
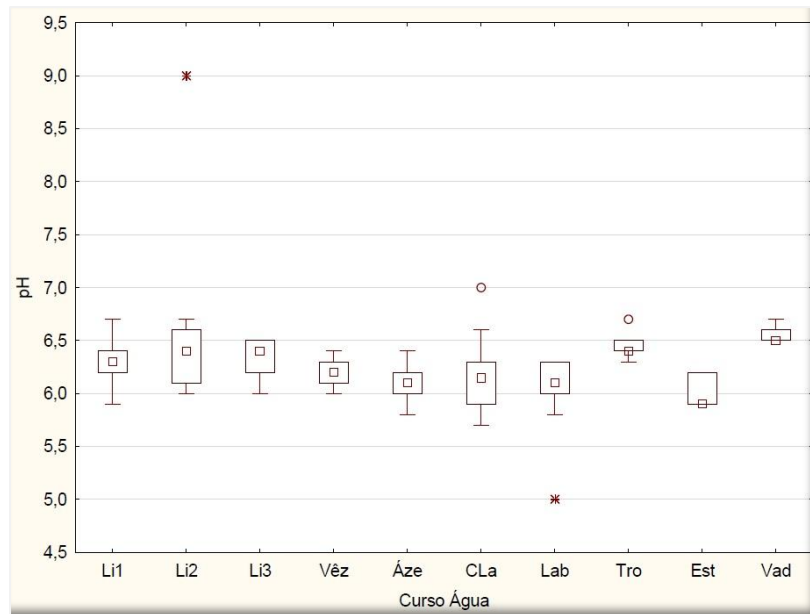


Fig. 31 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

Nos dois gráficos, os perfis são muito semelhantes e não apresentam alterações significativas. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que em Li2 verificou-se a existência de um valor extremo elevado de pH em Jan-11, assim como um valor extremo baixo de pH no mesmo mês. Pode-se ainda afirmar que os valores de pH são muito uniformes no espaço e no tempo e que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações.

SST

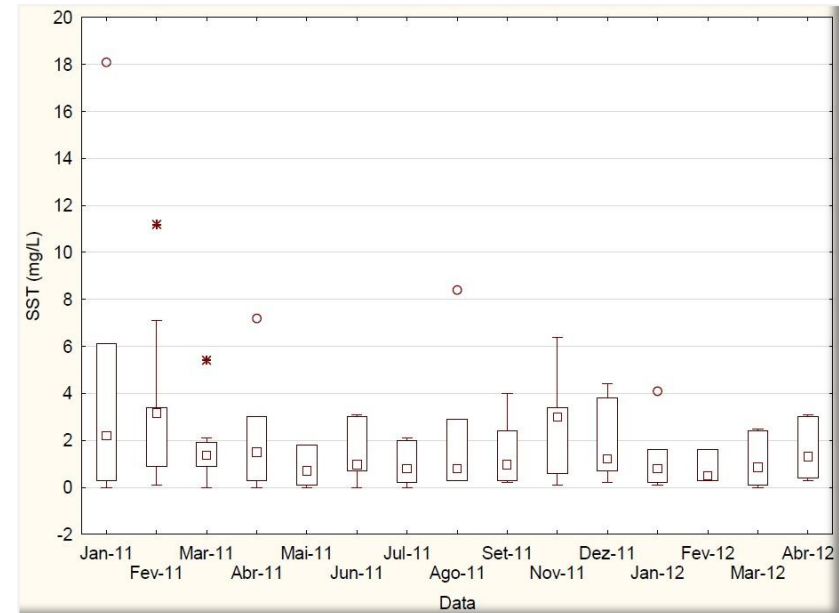
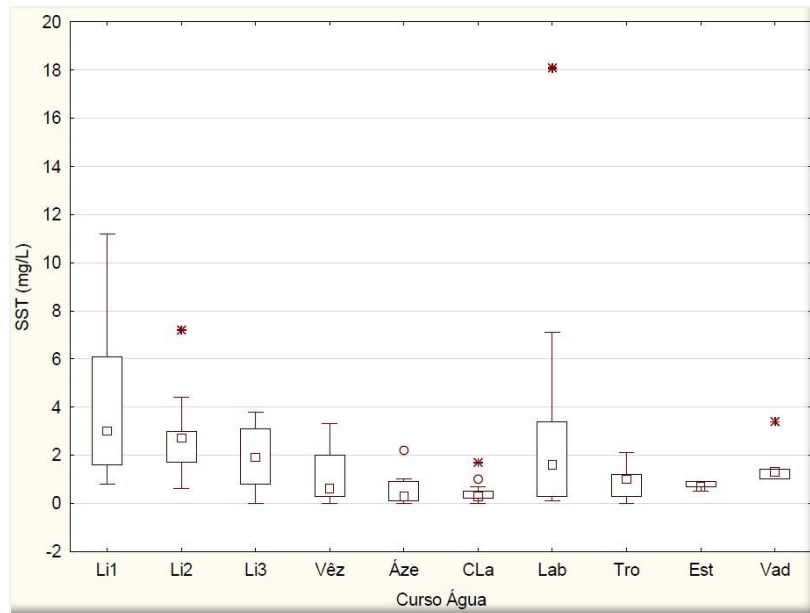


Fig. 32 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

Nos dois gráficos, os perfis são muito semelhantes e não apresentam alterações significativas. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que em Li1 e Lab os limites superiores são elevados e ocorreram no mês de Fev-11. Verificou-se também a existência de um valor extremo elevado de SST na foz do Labruja no mês de Jan-11. Entre outras, uma causa provável para estas observações pode ser a ocorrência e a influência das águas da chuva no inverno para o aumento da quantidade de SST.

Temperatura

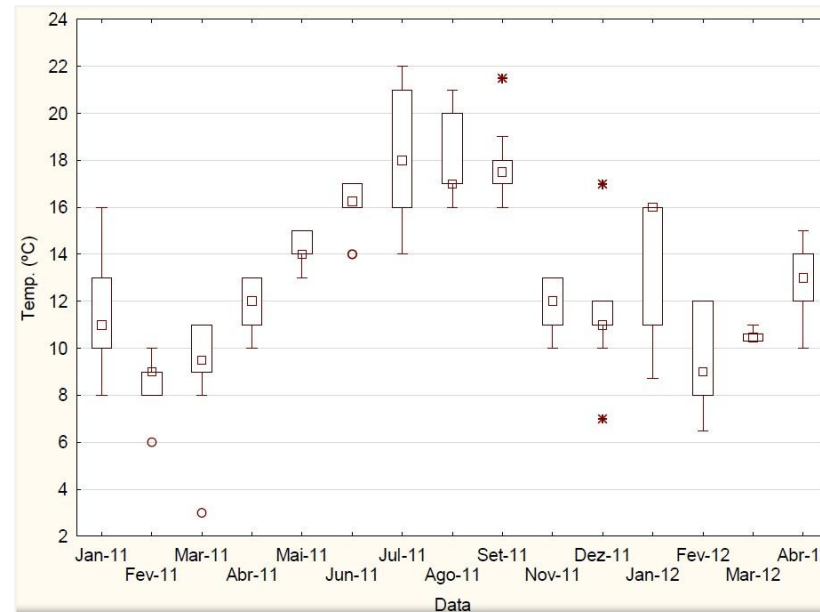
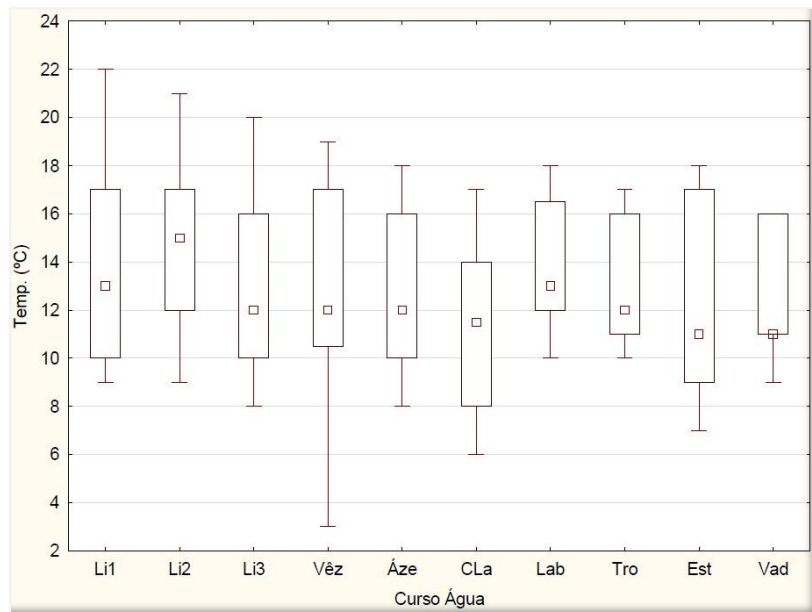


Fig. 33 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Lima no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações no espaço, exceto em Li2 onde se verifica um ligeiro aumento de temperatura. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização numa zona de maiores temperaturas. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações no tempo, sendo que se constata uma grande amplitude térmica. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os pontos localizados no rio Lima (Li1 e Li2) correspondem aos meses de Jul-11 e Ago-11 (verão) onde se verificou maiores temperaturas. É de realçar ainda que no rio Vêz registou-se um valor muito baixo de temperatura em Mar-11.



Variable	Correlations (Lima) Marked correlations are significant at $p < ,05000$							
	Oxidab. (mg/L)	CQO (mg/L)	O2 dissol. (mg/L)	CBO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm, 20°C)	SST (mg/L)
Oxidab. (mg/L)	1,0000	,2057	-,0936	,3894	,1543	,1228	-,0260	,3499
	N=95	N=77	N=95	N=95	N=95	N=95	N=79	N=95
	p= ---	p=,073	p=,367	p=,000	p=,136	p=,236	p=,820	p=,001
CQO (mg/L)	,2057	1,0000	-,2432	,1246	,1201	,1771	-,0108	,2505
	N=77	N=86	N=86	N=86	N=86	N=86	N=75	N=86
	p=,073	p= ---	p=,024	p=,253	p=,271	p=,103	p=,927	p=,020
O2 dissol. (mg/L)	-,0936	-,2432	1,0000	,1846	-,1909	-,7511	-,2636	-,0557
	N=95	N=86	N=119	N=119	N=119	N=119	N=89	N=119
	p=,367	p=,024	p= ---	p=,044	p=,038	p=0,00	p=,013	p=,548
CBO (mg/L)	,3894	,1246	,1846	1,0000	,0031	,1398	,0692	,0296
	N=95	N=86	N=119	N=119	N=119	N=119	N=89	N=119
	p=,000	p=,253	p=,044	p= ---	p=,973	p=,129	p=,519	p=,750
pH	,1543	,1201	-,1909	,0031	1,0000	,2810	,2088	-,1599
	N=95	N=86	N=119	N=119	N=119	N=119	N=89	N=119
	p=,136	p=,271	p=,038	p=,973	p= ---	p=,002	p=,050	p=,082
Temp. (°C)	,1228	,1771	-,7511	,1398	,2810	1,0000	,3628	,0049
	N=95	N=86	N=119	N=119	N=119	N=119	N=89	N=119
	p=,236	p=,103	p=0,00	p=,129	p=,002	p= ---	p=,000	p=,958
Conduct. (µS/cm, 20°C)	-,0260	-,0108	-,2636	,0692	,2088	,3628	1,0000	,2797
	N=79	N=75	N=89	N=89	N=89	N=89	N=89	N=89
	p=,820	p=,927	p=,013	p=,519	p=,050	p=,000	p= ---	p=,008
SST (mg/L)	,3499	,2505	-,0557	,0296	-,1599	,0049	,2797	1,0000
	N=95	N=86	N=119	N=119	N=119	N=119	N=89	N=119
	p=,001	p=,020	p=,548	p=,750	p=,082	p=,958	p=,008	p= ---

Fig. 36 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Lima

Analisando as figuras 34 e 35 em simultâneo, pode-se afirmar que o gradiente observado no gráfico está relacionado com os parâmetros temperatura, pH, condutividade ou O₂ dissolvido. Já os valores extremos registados em Li2 – Abr-11 e Li1 – Fev-11 estão relacionados com o CQO, CBO₅, oxidabilidade ou SST. Recorrendo à análise dos gráficos anteriores, pode-se concluir que o CBO₅ é o parâmetro responsável pelos valores extremos verificados em Li2 – Abr-11. Em relação aos valores extremos registados em Li1 – Fev-11, o parâmetro responsável é o CQO.

No que diz respeito à figura 36, pode-se atestar que o CBO₅ com a oxidabilidade, os SST com a oxidabilidade e a condutividade, a temperatura com a condutividade, O₂ dissolvido e pH apresentam correlações significativas, sendo que a correlação existente entre temperatura e O₂ dissolvido é negativa forte.

3.2. Sub-bacia do Ave

CBO₅

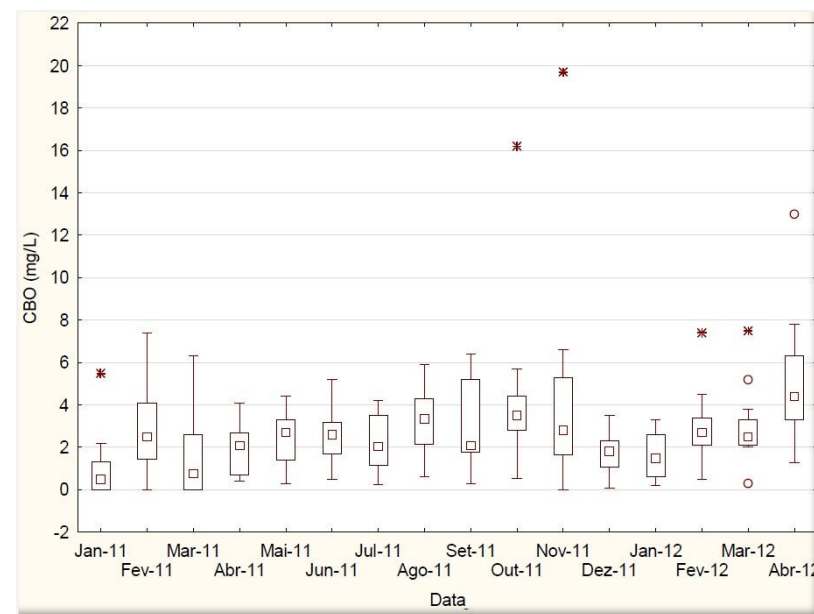
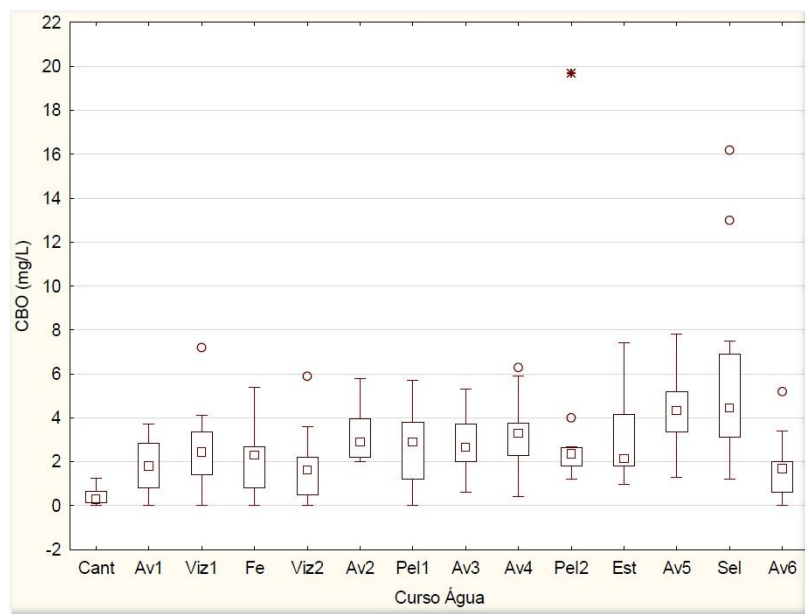


Fig. 37 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO₅ da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e os pontos no Av5 e Sel apresentam valores de CBO₅ mais elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da foz (Av5) e junto à cidade de Guimarães com elevado número de habitantes (Sel). No gráfico 2, o perfil da mediana não apresenta grandes oscilações e os valores de CBO₅ são mais elevados em Abr-12. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que no ponto Pel2 em Nov-11 verificou-se a existência de um valor extremo elevado, assim como no ponto Sel a existência de dois “outliers” em Out-11 e Abr-12 sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações.

Condutividade

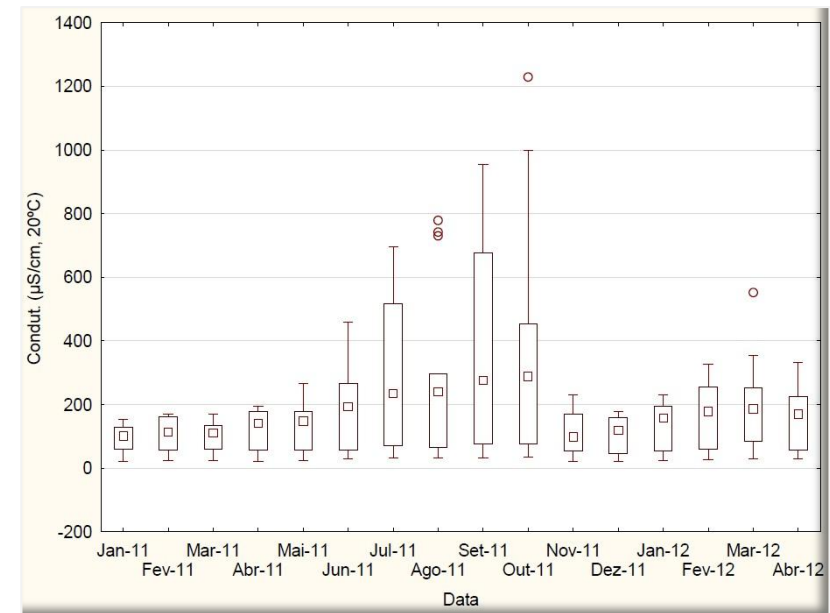
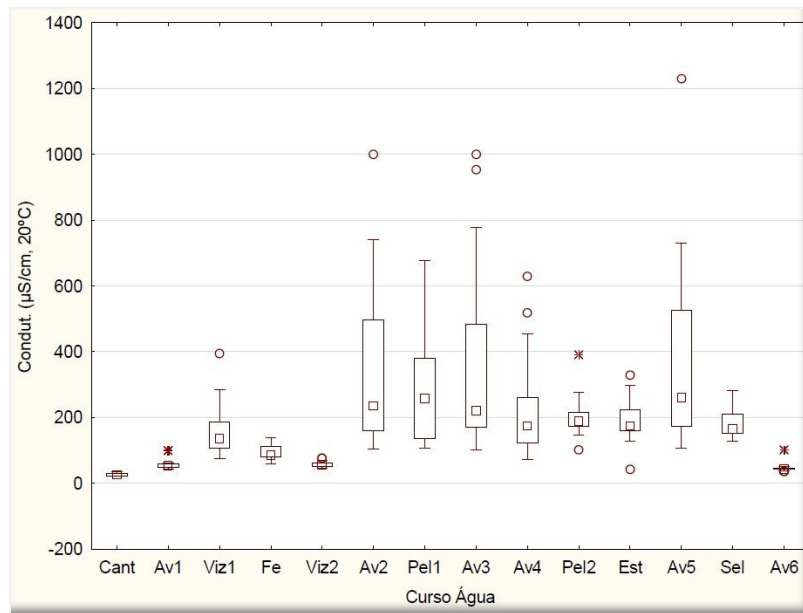


Fig. 38 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta alterações significativas de condutividade, apesar das ligeiras oscilações do gráfico em Av2, Pel1, Av3 e Av5. No gráfico 2, o perfil da mediana não apresenta grandes oscilações, sendo de salientar uma clara subida dos valores de Jun-11 a Out-11 (verão) e a ocorrência de valores mais baixos nos restantes meses (inverno). Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os valores mais elevados de condutividade (“outliers”) registaram-se no rio Ave (Av2, Av3 e Av5) nos meses de Set-11 e Out-11. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da foz e junto às cidades com elevado número de habitantes e indústrias.

CQO

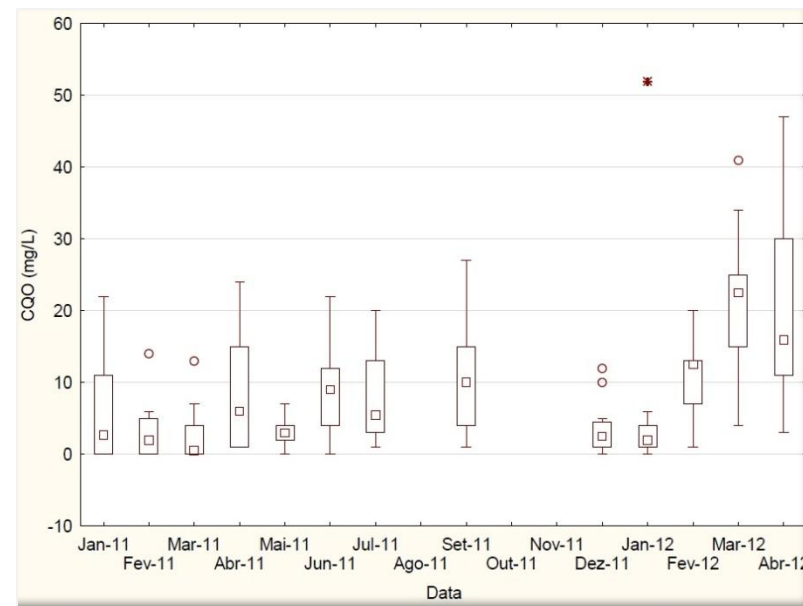
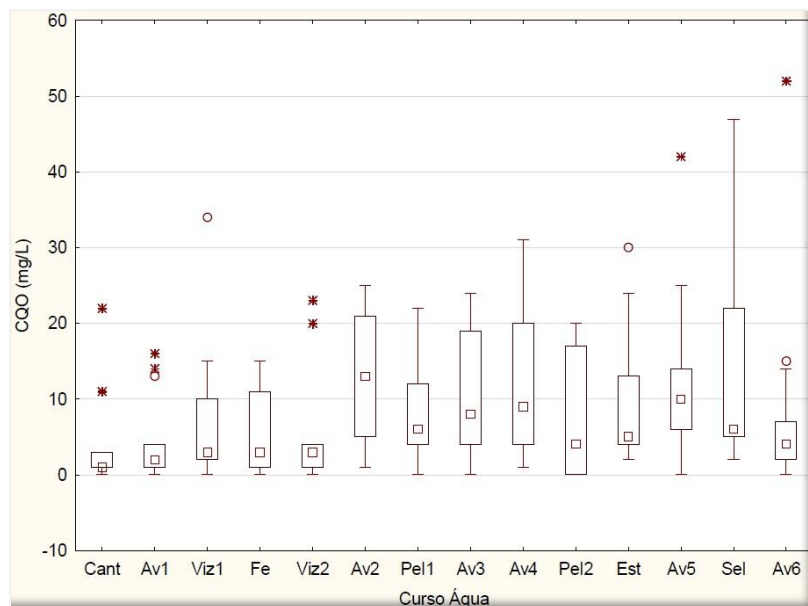


Fig. 39 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, exceto os pontos localizados no rio Ave (Av2, Av4 e Av5) onde os valores são ligeiramente mais elevados. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações e uma interrupção em Out-11 e Nov-11. Os valores de CQO são claramente mais elevados nos meses de Mar-12 e Abr-12, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que no ponto Av6 verificou-se um extremo de CQO em Jan-12, assim como no ponto Av5 em Abr-12, sendo que entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da foz e da nascente do rio Ave, respetivamente.

O₂ dissolvido

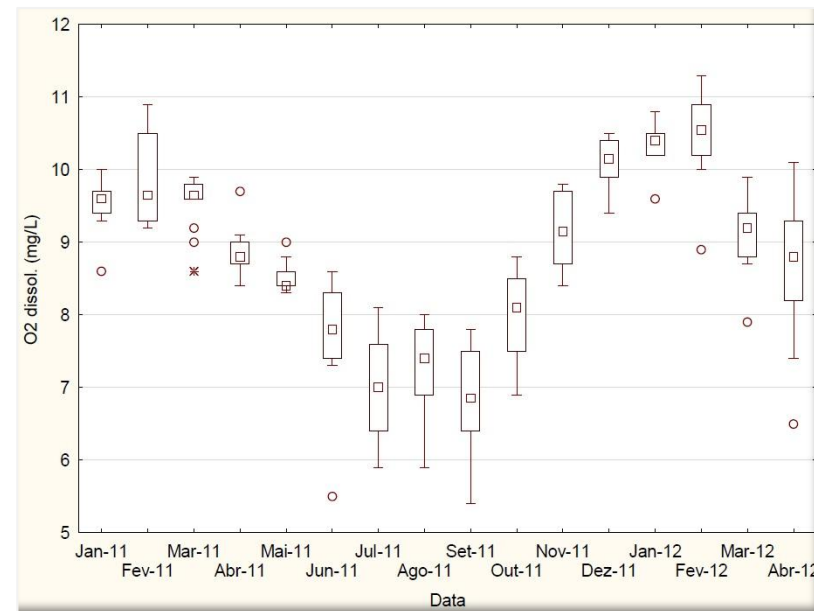
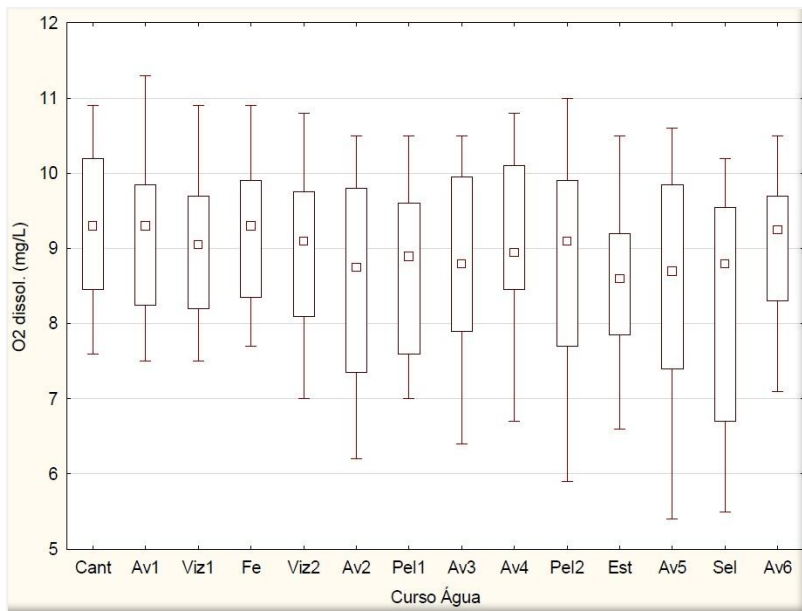


Fig. 40 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O₂ dissolvido da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e os pontos Av2 e Est apresentam valores de O₂ dissolvido menos elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto às cidades com elevado número de habitantes. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo que se constata que nos meses de verão ocorre claramente um abaixamento na quantidade de O₂ dissolvido, devido ao aumento natural de temperatura. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

Oxidabilidade

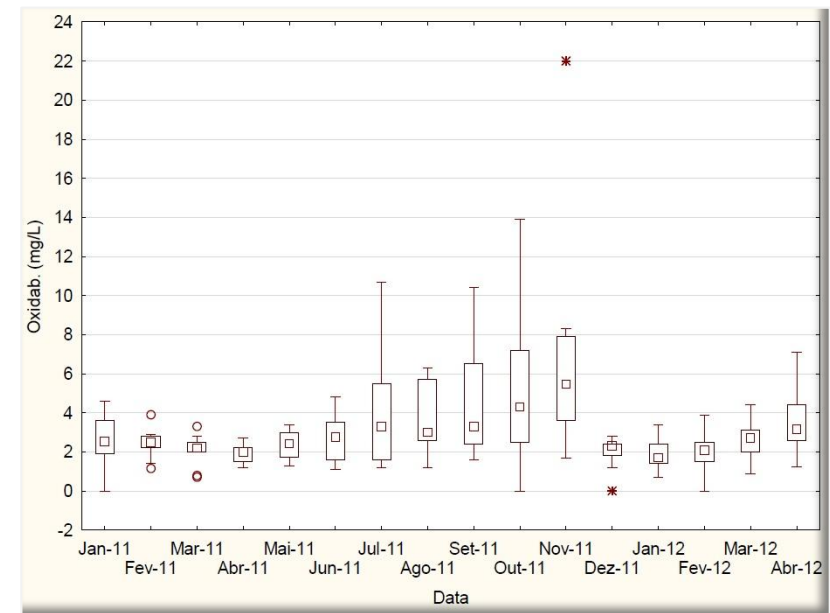
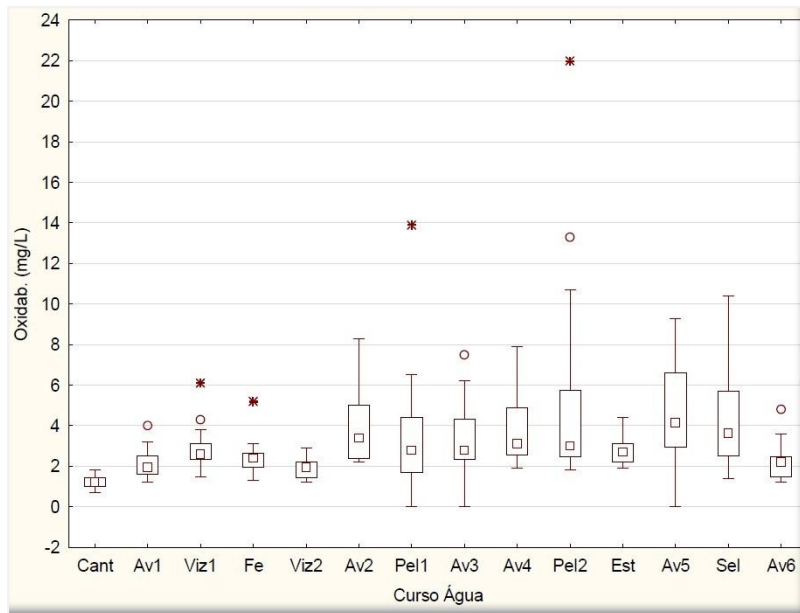


Fig. 41 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, sendo que os pontos Av2, Av5 e Sel apresentam valores de oxidabilidade ligeiramente mais elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto à foz do Ave e às cidades com elevado número de habitantes. No gráfico 2, o perfil da mediana não apresenta grandes oscilações, exceto em Out-11 e Nov-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que em Pel2 e Pel1 verificou-se a existência de valores extremos significativos Out-11 e Nov-11. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a degradação do rio Selho e a localização destes pontos junto Santo Tirso e a Vila Nova de Famalicão.

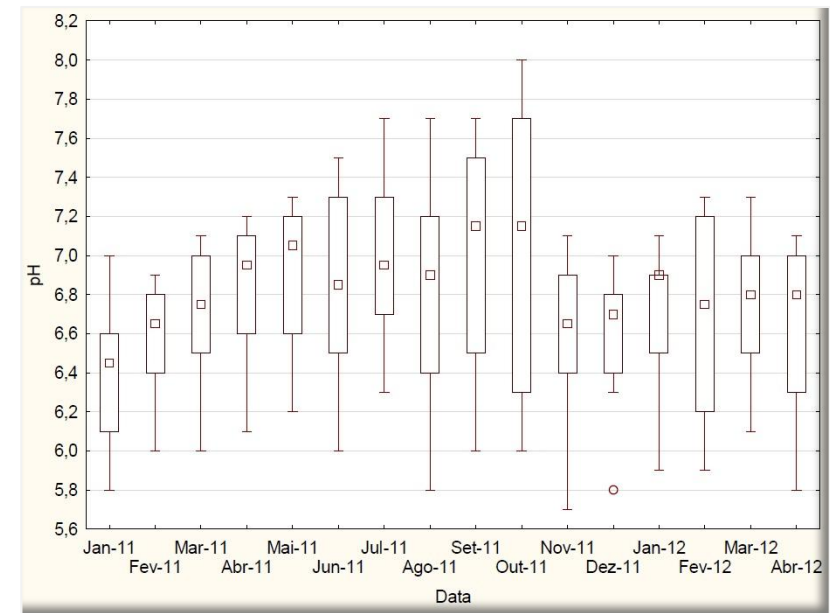
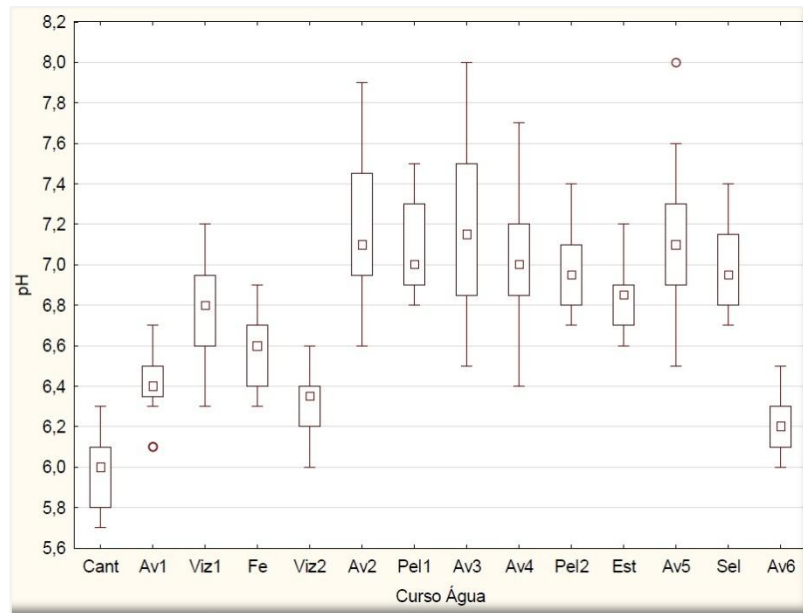
pH

Fig. 42 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta algumas alterações, sendo que os pontos Cant e Av6 apresentam valores de pH significativamente mais baixos que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto à nascente do Ave e em locais predominantemente naturais. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações, sendo de salientar valores baixos em Jan-11 e Nov-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os valores baixos verificados em Cant ocorreram em Dez-11 e verificou-se a existência de valores elevados (“outliers”) em Av5 no mês de Out-11. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a proximidade deste ponto à foz do rio Ave.

SST

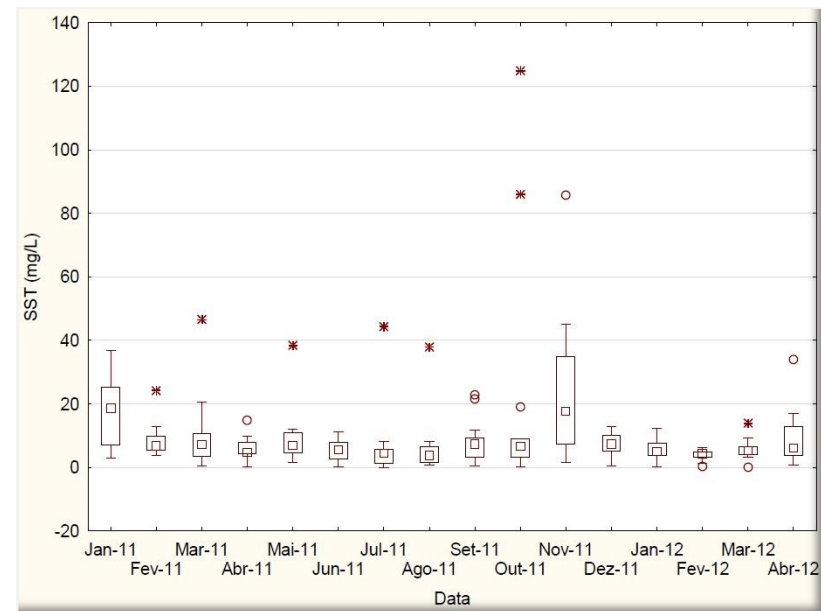
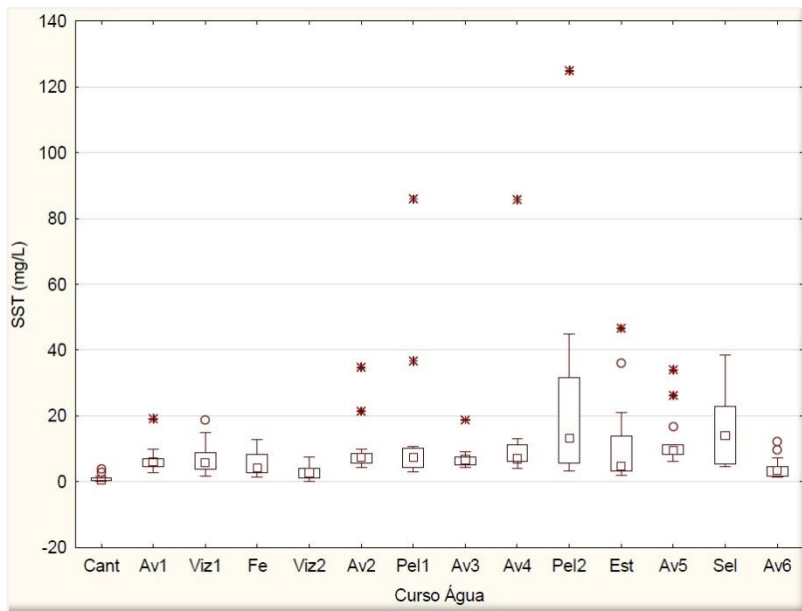


Fig. 43 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

Nos dois gráficos, os perfis são muito semelhantes e não apresentam alterações significativas, exceto em Pel2 e Sel e nos meses de Jan-11 e Nov-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que se verificou a existência de valores extremos elevados de SST em Pel1 e Pel2 em Out-11 e em Av4 no mês de Nov-11. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a degradação do rio Selho e a localização destes pontos junto a Santo Tirso e a Vila Nova de Famalicão.

Temperatura

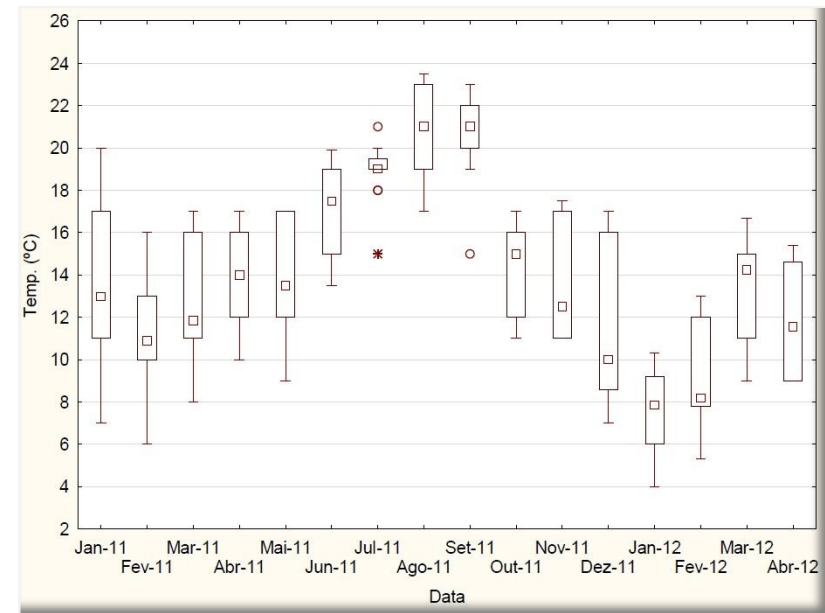
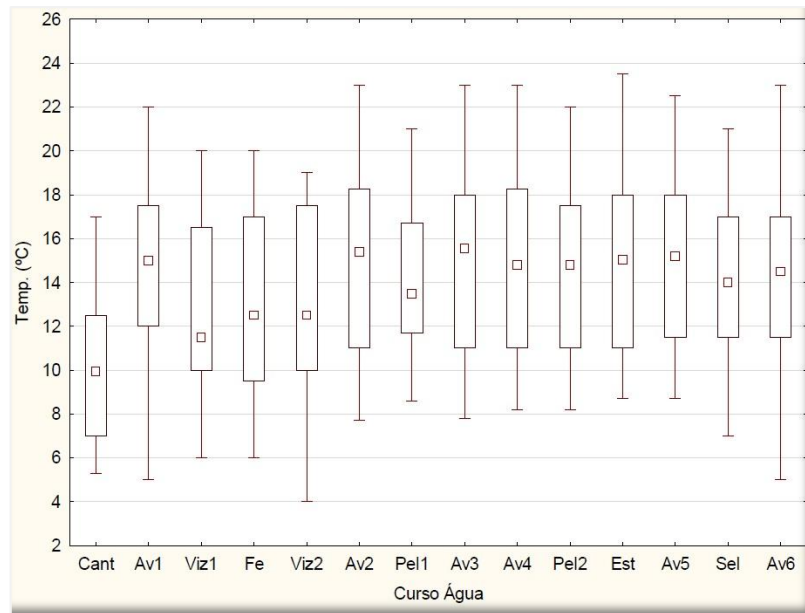


Fig. 44 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações no espaço, exceto em Av1, Av2 e Av3 onde se verifica um ligeiro aumento de temperatura. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização em zonas de maiores temperaturas. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações no tempo, sendo que se constata uma grande amplitude térmica. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os pontos localizados no rio Ave (Av1, Av2, Av3) correspondem aos meses de Ago-11 e Set-11 (verão) onde se verificou maiores temperaturas. O facto de se ter verificado este ligeiro aumento de temperatura nestes pontos pode ajudar a explicar os resultados observados.

Coliformes fecais

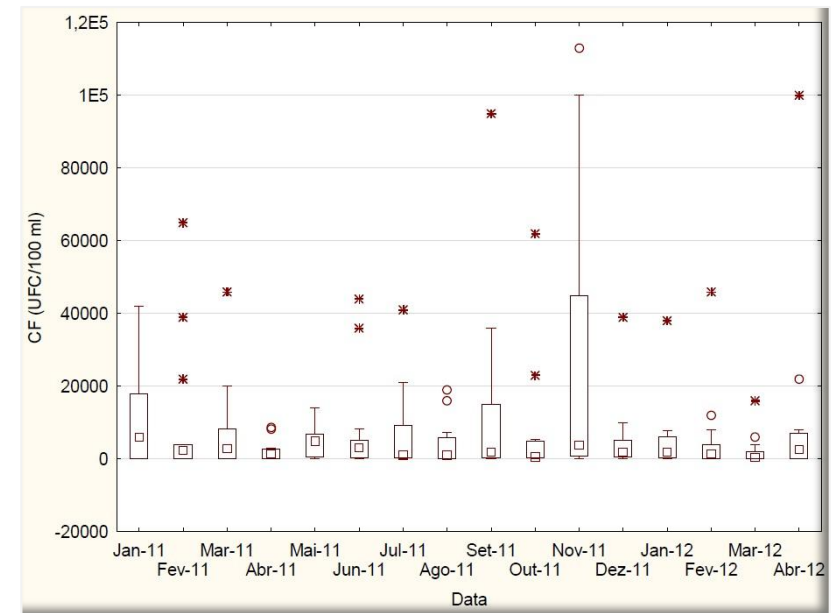
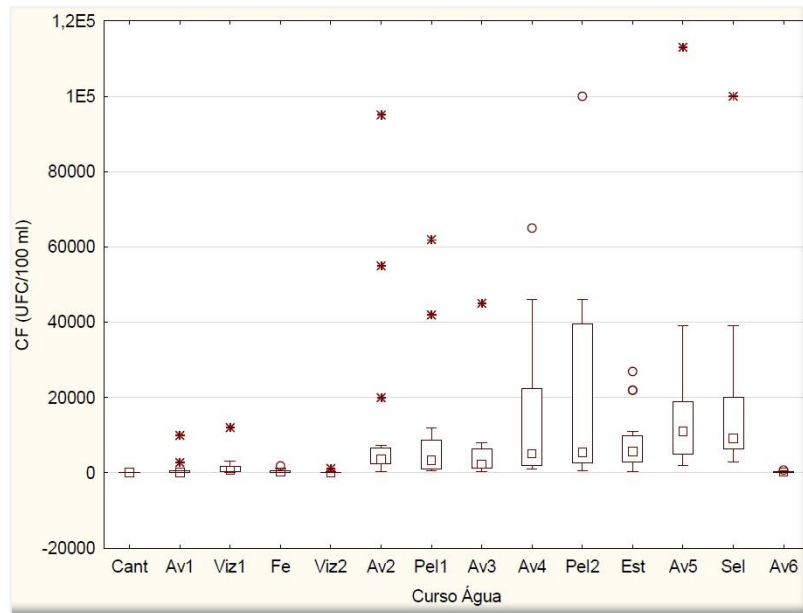


Fig. 45 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro coliformes fecais da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

Nos dois gráficos, os perfis são muito semelhantes e não apresentam alterações significativas, exceto em Av5 e Sel. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que se verificou a existência de valores extremos elevados de CF em Av2, Pel2, Av5 e Sel em Set-11, Nov-11 e Abr-12. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a degradação do rio Selho, a proximidade de alguns pontos da foz do Ave e a localização destes pontos junto a Santo Tirso e a Vila Nova de Famalicão.

Coliformes totais

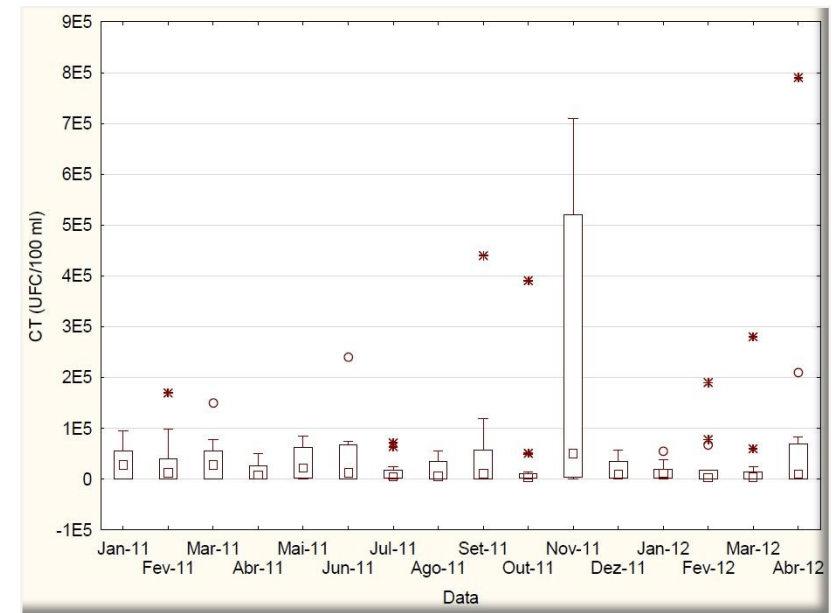
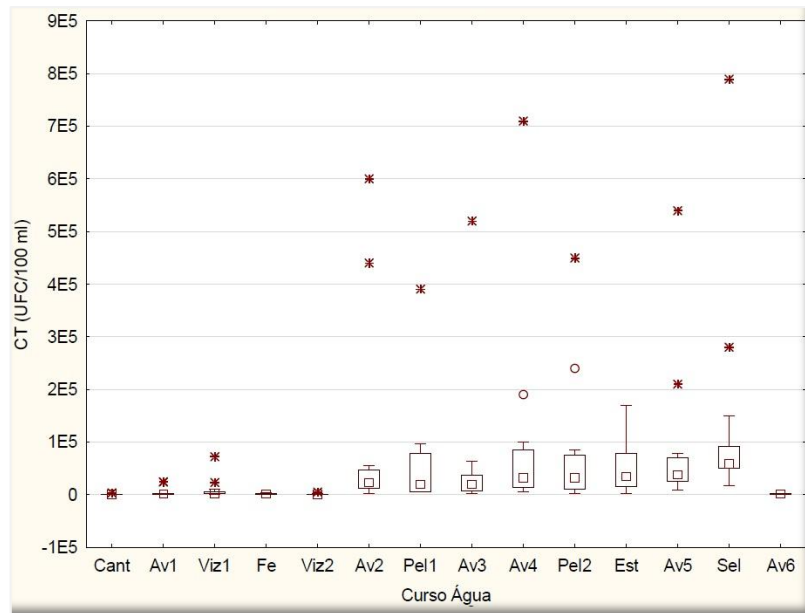


Fig. 46 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro coliformes totais da sub-bacia do Ave no espaço e no tempo

Nos dois gráficos, os perfis são muito semelhantes e não apresentam alterações significativas, exceto em Sel e no mês de Nov-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que se verificou a existência de valores extremos elevados de CT em Av4 e Sel em Nov-11 e Abr-12, respetivamente. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a degradação do rio Selho e a localização destes pontos junto a Santo Tirso e a Vila Nova de Famalicão.



A rede de monitorização da qualidade da água da ARH Norte, I. P. : análise espaço-temporal dos dados obtidos em algumas sub-bacias

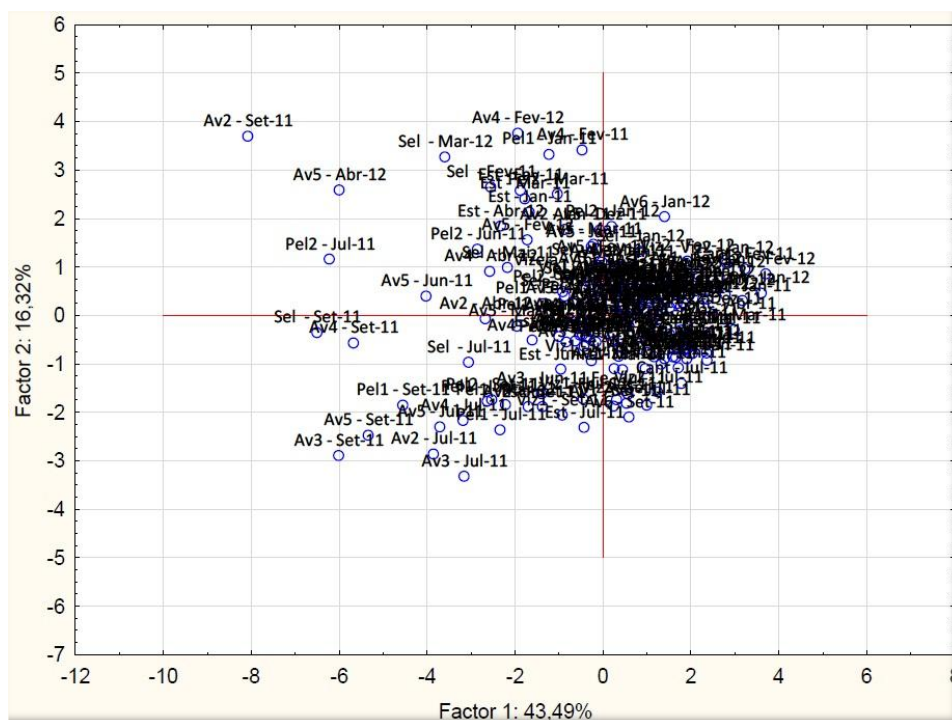


Fig. 49 - Análise de componentes principais (tratada) relativa à sub-bacia do Ave

Variable	Correlations (Ave)									
	Marked correlations are significant at $p < ,05000$									
	Oxidab. (mg/L)	CQO (mg/L)	O2 dissol. (mg/L)	CBO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm, 20°C)	SST (mg/L)	CF (UFC/100 ml)	CT (UFC/100 ml)
Oxidab. (mg/L)	1,0000	,4493	-,4092	,6613	,4227	,3100	,4290	,6262	,4962	,4911
	N=223	N=178	N=223	N=220	N=223	N=223	N=223	N=222	N=223	N=223
	p= ---	p=,000	p=,000	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,000	p=0,00	p=,000	p=,000
CQO (mg/L)	,4493	1,0000	-,2459	,5507	,2400	,0404	,2712	,2368	,2600	,3911
	N=178	N=178	N=178	N=177	N=178	N=178	N=178	N=177	N=178	N=178
	p=,000	p= ---	p=,001	p=,000	p=,001	p=,592	p=,000	p=,002	p=,000	p=,000
O2 dissol. (mg/L)	-,4092	-,2459	1,0000	-,3003	-,4075	-,7310	-,4875	-,1006	-,1488	-,1553
	N=223	N=178	N=223	N=220	N=223	N=223	N=223	N=222	N=223	N=223
	p=,000	p=,001	p= ---	p=,000	p=,000	p=0,00	p=,000	p=,135	p=,026	p=,020
CBO (mg/L)	,6613	,5507	-,3003	1,0000	,3867	,1190	,3194	,3155	,5539	,5377
	N=220	N=177	N=220	N=220	N=220	N=220	N=220	N=219	N=220	N=220
	p=0,00	p=,000	p=,000	p= ---	p=,000	p=,078	p=,000	p=,000	p=0,00	p=,000
pH	,4227	,2400	-,4075	,3867	1,0000	,3805	,7952	,2101	,2440	,2059
	N=223	N=178	N=223	N=220	N=223	N=223	N=223	N=222	N=223	N=223
	p=,000	p=,001	p=,000	p=,000	p= ---	p=,000	p=0,00	p=,002	p=,000	p=,002
Temp. (°C)	,3100	,0404	-,7310	,1190	,3805	1,0000	,4155	,0918	,1072	,1161
	N=223	N=178	N=223	N=220	N=223	N=223	N=223	N=222	N=223	N=223
	p=,000	p=,592	p=0,00	p=,078	p=,000	p= ---	p=,000	p=,173	p=,110	p=,084
Conduct. (µS/cm, 20°C)	,4290	,2712	-,4875	,3194	,7952	,4155	1,0000	,0826	,1321	,0897
	N=223	N=178	N=223	N=220	N=223	N=223	N=223	N=222	N=223	N=223
	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=0,00	p=,000	p= ---	p=,220	p=,049	p=,182
SST (mg/L)	,6262	,2368	-,1006	,3155	,2101	,0918	,0826	1,0000	,3395	,4261
	N=222	N=177	N=222	N=219	N=222	N=222	N=222	N=222	N=222	N=222
	p=0,00	p=,002	p=,135	p=,000	p=,002	p=,173	p=,220	p= ---	p=,000	p=,000
CF (UFC/100 ml)	,4962	,2600	-,1488	,5539	,2440	,1072	,1321	,3395	1,0000	,8113
	N=223	N=178	N=223	N=220	N=223	N=223	N=223	N=222	N=223	N=223
	p=,000	p=,000	p=,026	p=0,00	p=,000	p=,110	p=,049	p=,000	p= ---	p=0,00
CT (UFC/100 ml)	,4911	,3911	-,1553	,5377	,2059	,1161	,0897	,4261	,8113	1,0000
	N=223	N=178	N=223	N=220	N=223	N=223	N=223	N=222	N=223	N=223
	p=,000	p=,000	p=,020	p=,000	p=,002	p=,084	p=,182	p=,000	p=0,00	p= ---

Fig. 50 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Ave

Analisando as figuras 47 e 48 em simultâneo, pode-se afirmar que o gradiente observado no gráfico está relacionado com os parâmetros temperatura, pH, condutividade, oxidabilidade ou O_2 dissolvido. Já o único valor extremo registado em Sel – Abr-12 está relacionado com o CQO, CBO_5 , CT, CF ou SST. Recorrendo à análise dos gráficos anteriores, pode-se concluir que o CBO_5 é o parâmetro físico-químico e os CF e CT são os parâmetros microbiológicos responsáveis pelos valores extremos verificados em Sel – Abr-12.

Em relação à figura 49, pode-se concluir que após a eliminação do ponto Sel – Abr-12 o gradiente observado ficou mais uniforme e sem valores extremos.

No que diz respeito à figura 50, pode-se atestar que a grande maioria das variáveis apresentam correlações significativas entre si, exceto o CQO com a temperatura, o O_2 dissolvido com os SST e os parâmetros microbiológicos, o CBO_5 com a temperatura, a temperatura com os SST e os parâmetros microbiológicos, a condutividade com os SST e os parâmetros microbiológicos e os parâmetros microbiológicos entre si, sendo que a correlação existente entre temperatura e O_2 dissolvido é negativa forte.

3.3. Sub-bacia do Sabor

CBO₅

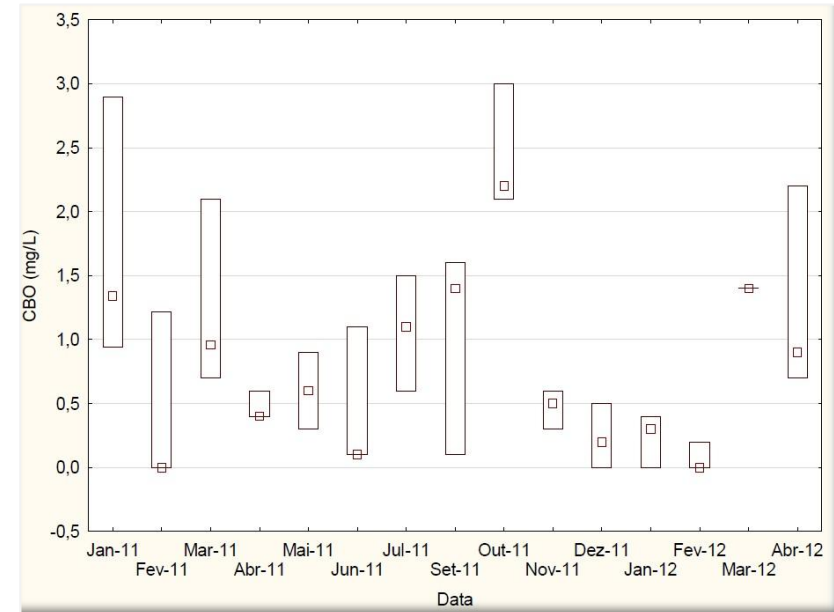
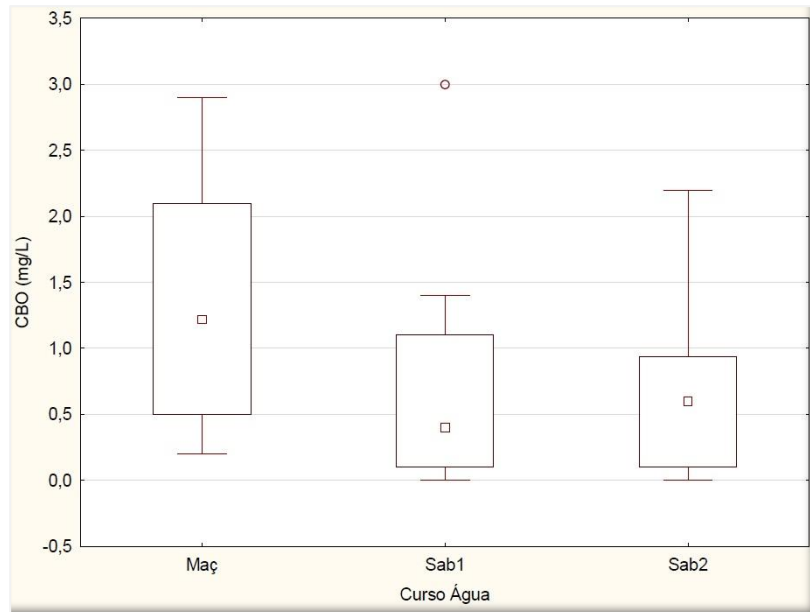


Fig. 51 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO₅ da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, sendo que o ponto Maç apresenta valores de CBO₅ ligeiramente mais elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da cidade de Bragança com elevado número de habitantes. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações e os valores de CBO₅ são mais elevados em Out-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que no ponto Sab1 em Out-11 verificou-se a existência de um valor elevado (“outlier”) sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações.

Conductividade

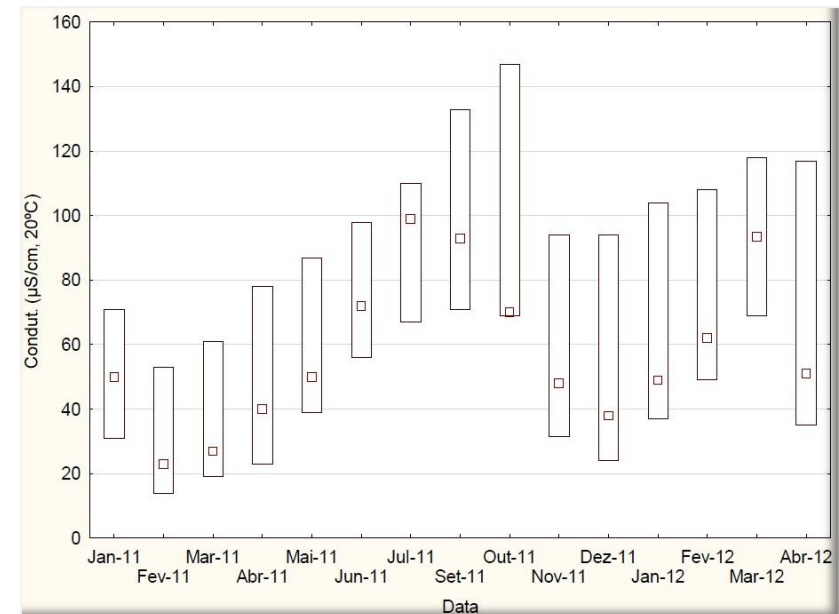
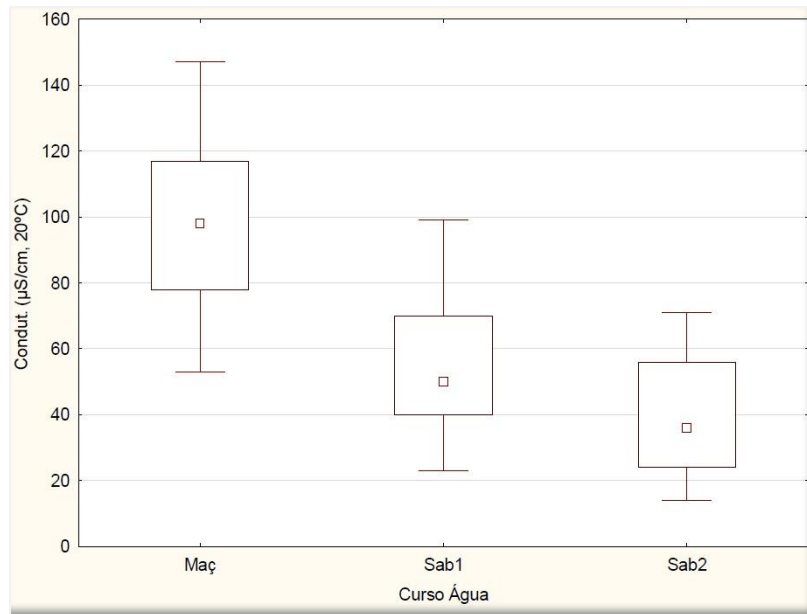


Fig. 52 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta pequenas alterações de condutividade, com valores ligeiramente elevados em Maç. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo de salientar uma clara subida dos valores em Jul-11 e Set-11 (verão) e em Mar-12. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que o valor mais elevado de condutividade (Maç) registou-se no mês de Out-11. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da cidade de Bragança com elevado número de habitantes.

CQO

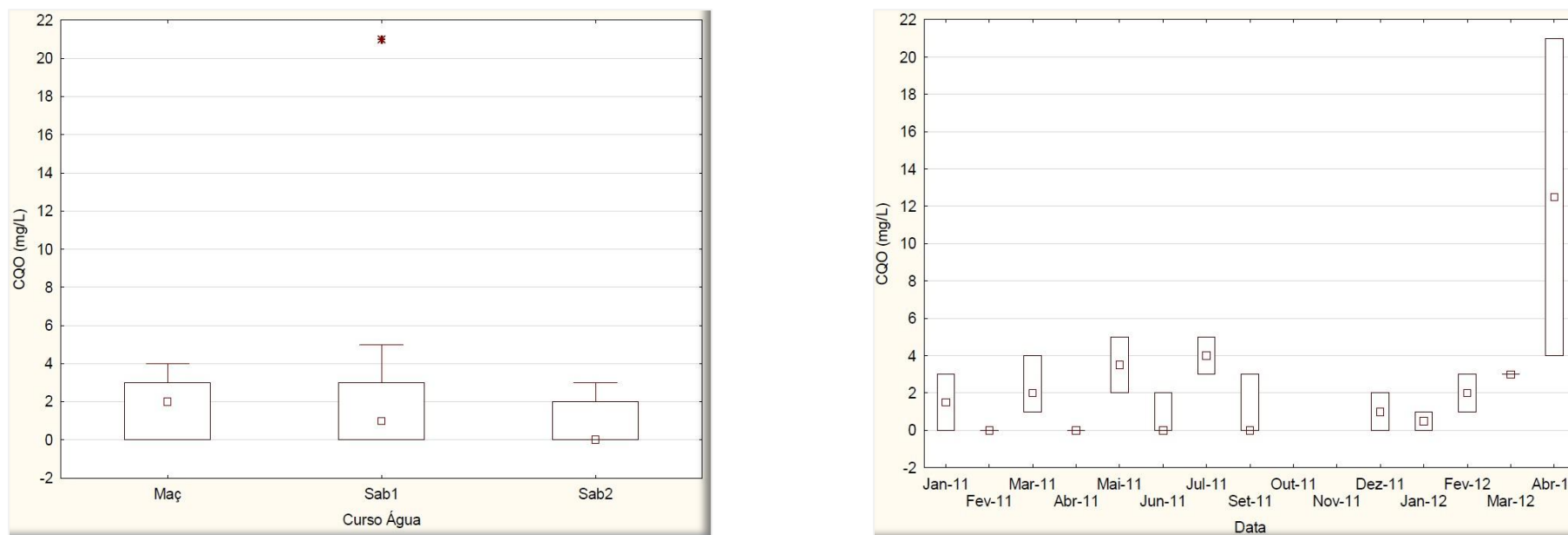


Fig. 53 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, sendo que o ponto ligeiramente mais elevado mas não significativo situa-se em Maç. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações e uma interrupção em Out-11 e Nov-11. Os valores de CQO são claramente mais elevados em Abr-12, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que no ponto Sab1 verificou-se um extremo de CQO em Abr-12, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa possível para estas observações.

O₂ dissolvido

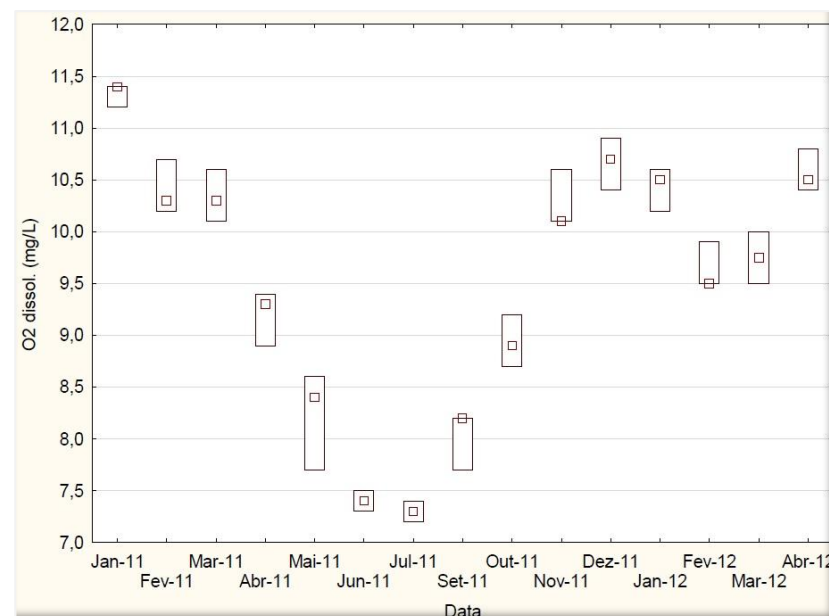
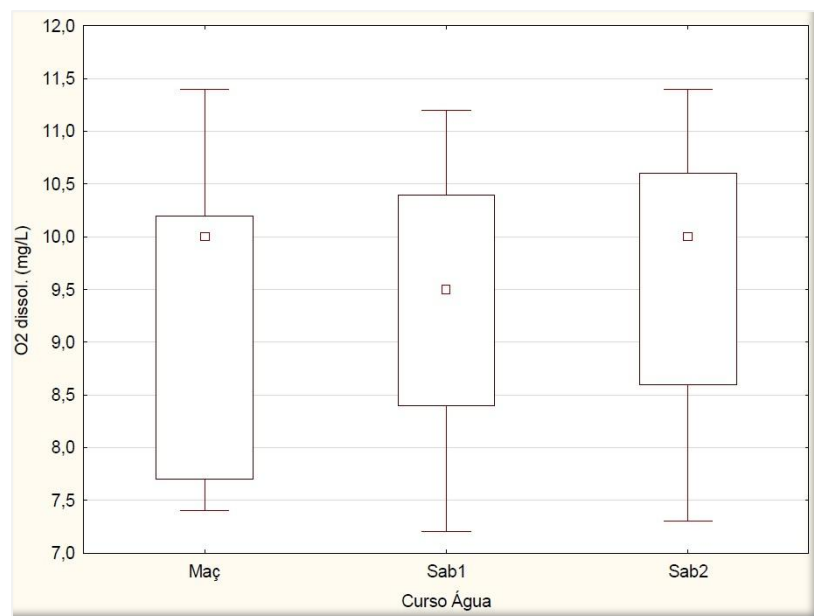


Fig. 54 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O₂ dissolvido da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e o ponto Sab1 apresenta valores de O₂ dissolvido menos elevados que os restantes, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo que se constata que nos meses de verão ocorre claramente um abaixamento na quantidade de O₂ dissolvido, devido ao aumento natural de temperatura. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

Oxidabilidade

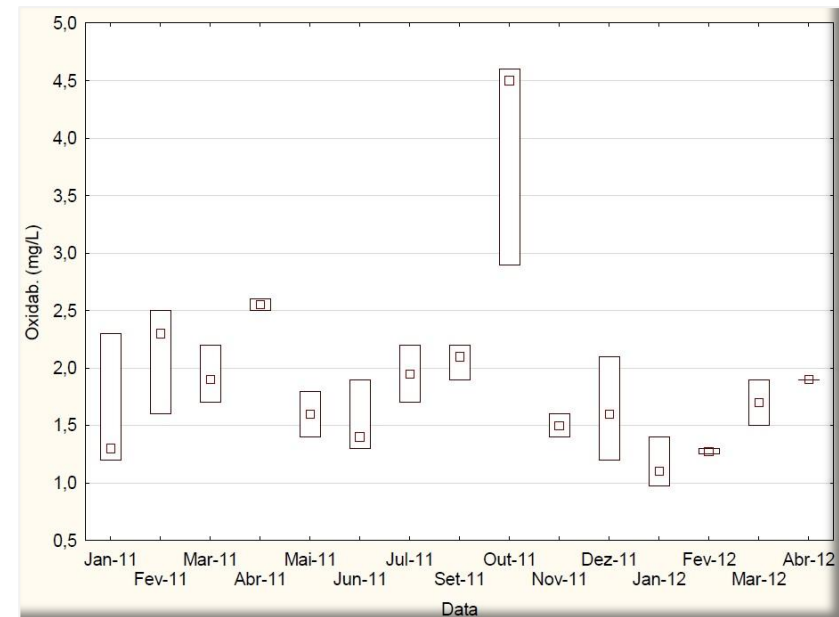
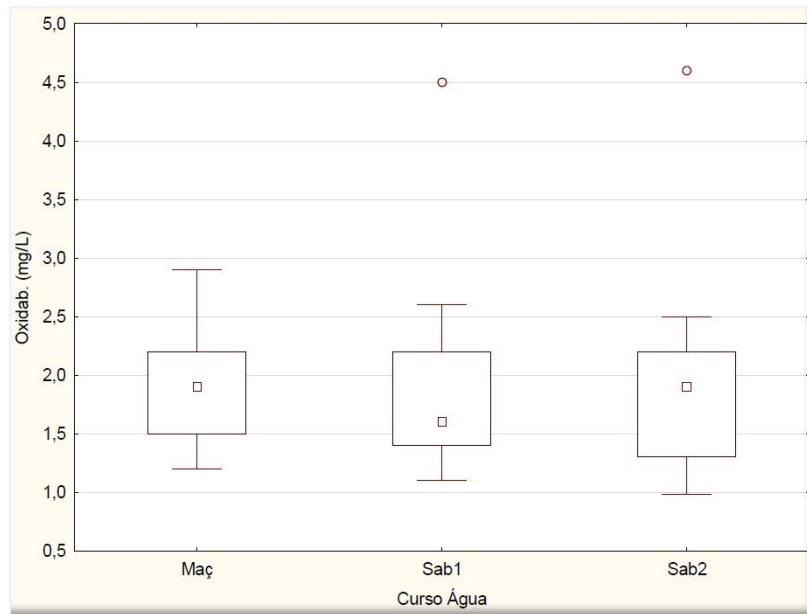


Fig. 55 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e o ponto Sab1 apresenta valores de oxidabilidade menos elevados que os restantes, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, nomeadamente em Out-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que em Sab1 e Sab2 verificou-se a existência de valores significativos elevados (“outliers”) em Out-11. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

pH

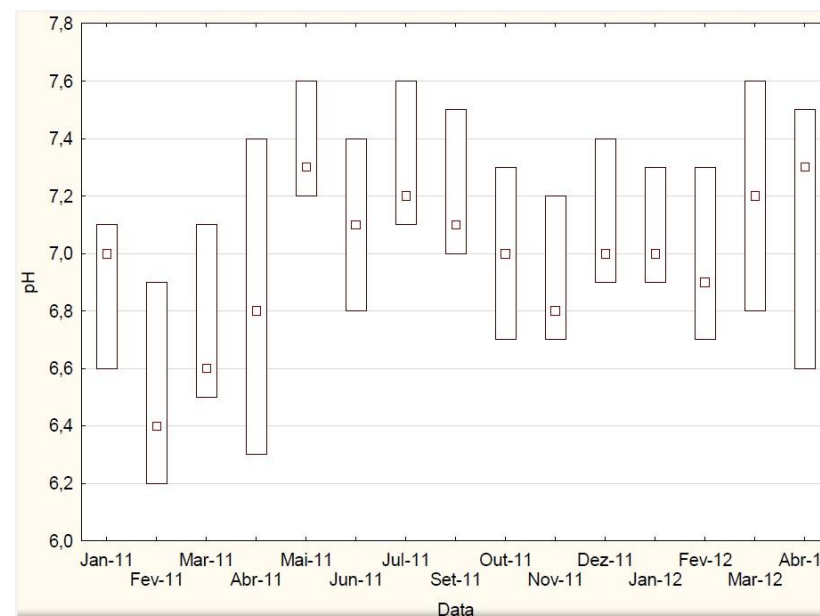
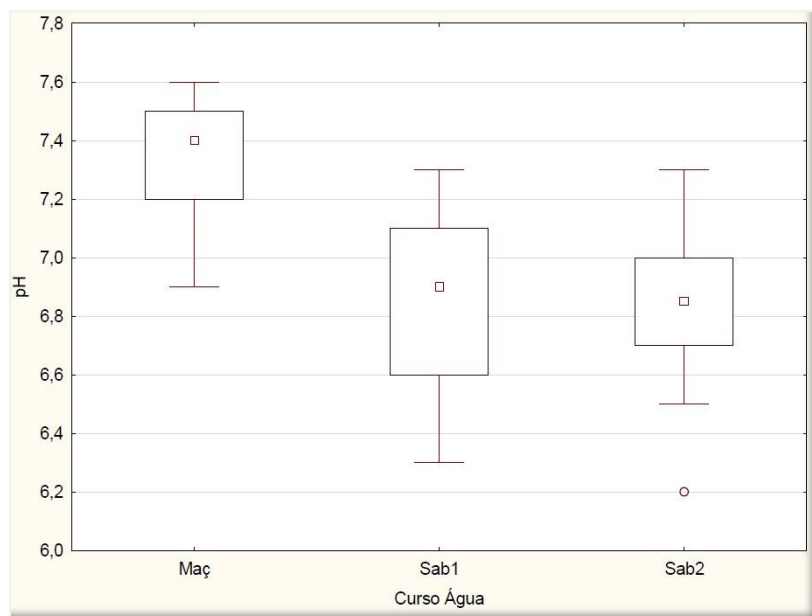


Fig. 56 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta apenas uma ligeira alteração no ponto Maç, pois apresenta valores de pH significativamente mais elevados que os restantes, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo de salientar valores baixos em Jan-11 e Nov-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os valores baixos verificados em Sab2 ocorreram em Fev-11 e verificou-se a existência de valores elevados em Maç no mês de Mai-11. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

SST

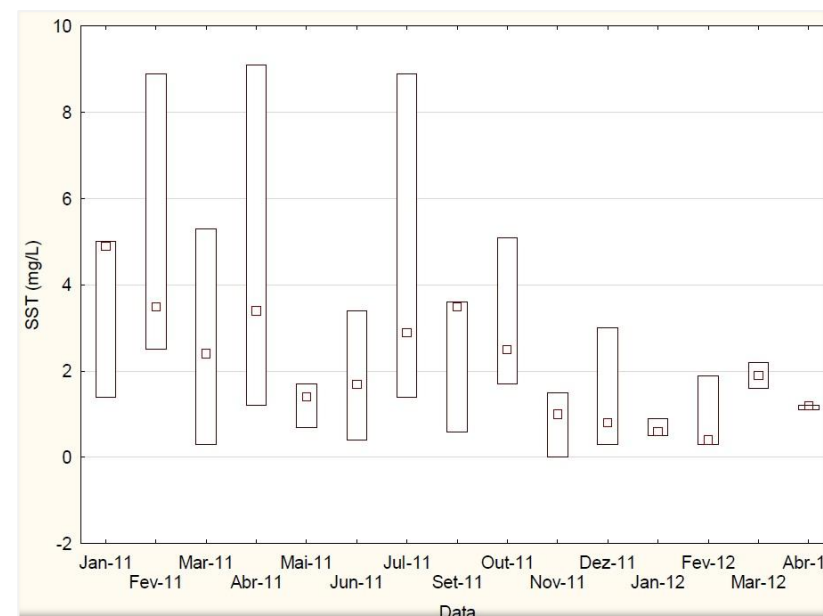
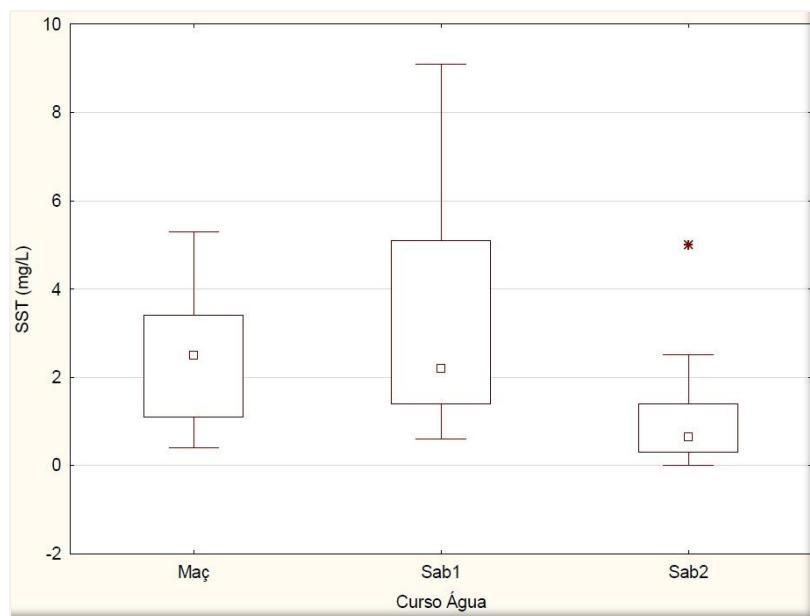


Fig. 57 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e o ponto Sab1 apresenta valores de SST menos elevados que os restantes, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo de salientar valores elevados em Jan-11, Feb-11, Abr-11 e Set-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os valores baixos verificados em Sab2 ocorreram em Nov-11 e verificou-se um limite superior elevado em Sab1 associado aos meses de Feb-11, Abr-11 e Jul-11. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

Temperatura

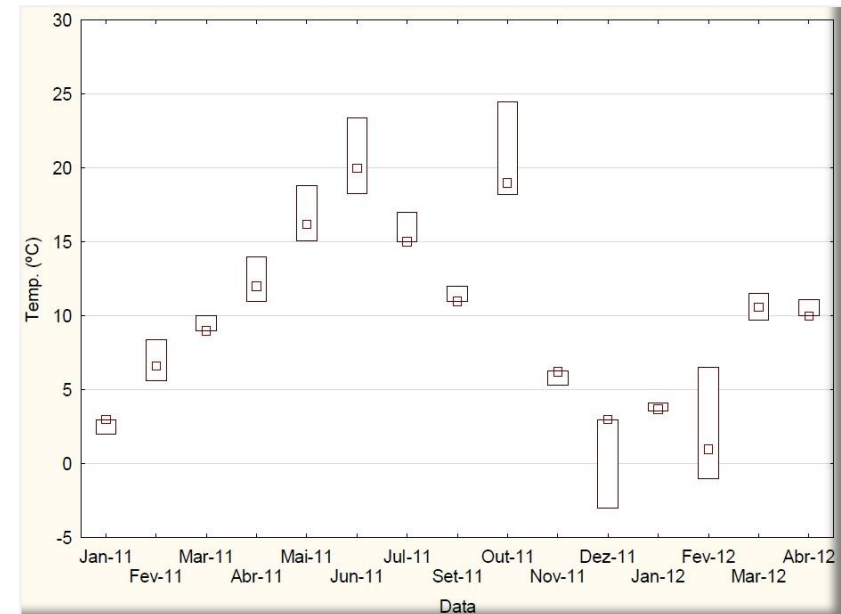
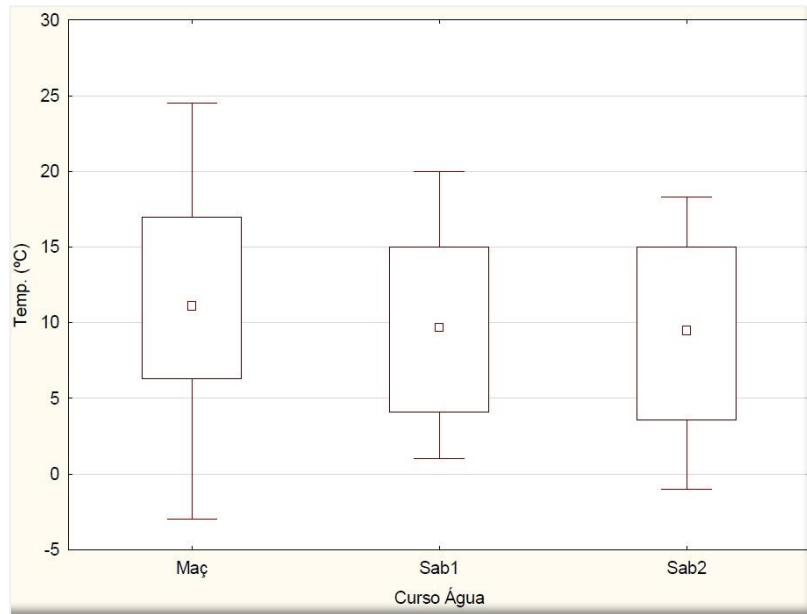


Fig. 58 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Sabor no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações no espaço, sendo bastante uniforme no espaço. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações no tempo, sendo que se constata uma grande amplitude térmica. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que nos meses de Jun-11 e Out-11 as temperaturas foram mais elevadas. Verificou-se também um limite superior ligeiramente elevado em Maç associado aos meses anteriormente referidos com temperaturas mais elevadas. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

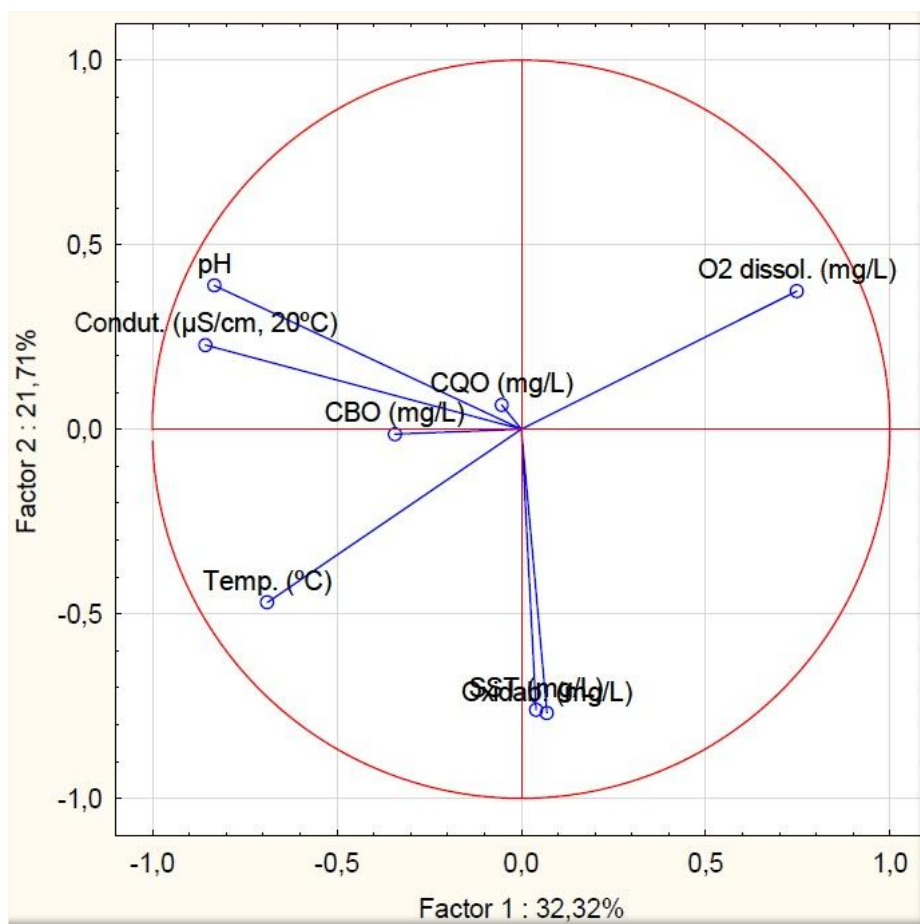


Fig. 59 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Sabor

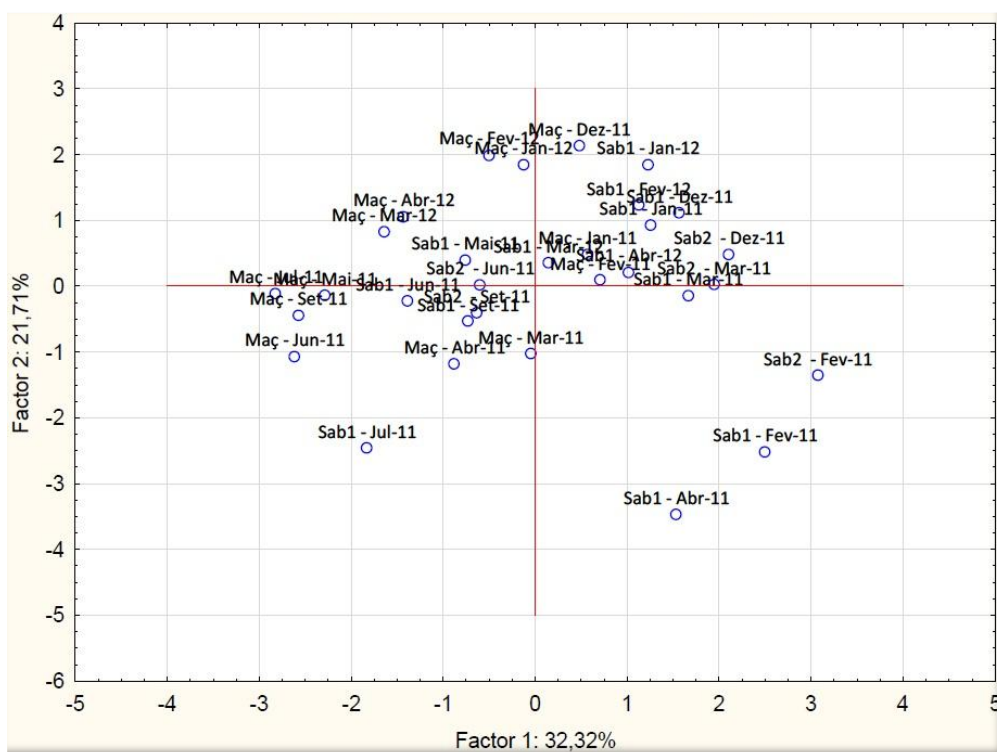


Fig. 60 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Sabor

Variable	Correlations (Douro_Sabor) Marked correlations are significant at $p < ,05000$							
	Oxidab. (mg/L)	CQO (mg/L)	O2 dissol. (mg/L)	CBO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm, 20°C)	SST (mg/L)
Oxidab. (mg/L)	1,0000	-,0154	-,1793	,5902	-,1344	,4634	,0935	,2978
	N=39	N=31	N=39	N=39	N=39	N=39	N=39	N=39
	p= ---	p=,935	p=,275	p=,000	p=,415	p=,003	p=,571	p=,066
CQO (mg/L)	-,0154	1,0000	,0614	,1694	-,0339	,1000	,0309	-,0907
	N=31	N=31	N=31	N=31	N=31	N=31	N=31	N=31
	p=,935	p= ---	p=,743	p=,362	p=,856	p=,592	p=,869	p=,628
O2 dissol. (mg/L)	-,1793	,0614	1,0000	-,0062	-,3638	-,7549	-,4169	-,1240
	N=39	N=31	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44
	p=,275	p=,743	p= ---	p=,968	p=,015	p=,000	p=,005	p=,423
CBO (mg/L)	,5902	,1694	-,0062	1,0000	,2414	,3396	,4061	,1807
	N=39	N=31	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44
	p=,000	p=,362	p=,968	p= ---	p=,114	p=,024	p=,006	p=,240
pH	-,1344	-,0339	-,3638	,2414	1,0000	,3064	,7666	-,2012
	N=39	N=31	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44
	p=,415	p=,856	p=,015	p=,114	p= ---	p=,043	p=,000	p=,190
Temp. (°C)	,4634	,1000	-,7549	,3396	,3064	1,0000	,3780	,1409
	N=39	N=31	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44
	p=,003	p=,592	p=,000	p=,024	p=,043	p= ---	p=,011	p=,362
Conduct. (µS/cm, 20°C)	,0935	,0309	-,4169	,4061	,7666	,3780	1,0000	,0377
	N=39	N=31	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44
	p=,571	p=,869	p=,005	p=,006	p=,000	p=,011	p= ---	p=,808
SST (mg/L)	,2978	-,0907	-,1240	,1807	-,2012	,1409	,0377	1,0000
	N=39	N=31	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44	N=44
	p=,066	p=,628	p=,423	p=,240	p=,190	p=,362	p=,808	p= ---

Fig. 61 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Sabor

Analisando as figuras 59 e 60 em simultâneo, pode-se afirmar que não se verifica um gradiente tão acentuado, não existindo valores extremos, mas sim uma grande uniformidade visível pela inexistência de parâmetros responsáveis pela dispersão de valores.

Em relação à figura 61, pode-se concluir que a oxidabilidade com a temperatura e o CBO₅, o O₂ dissolvido com a temperatura e a condutividade, o CBO₅ com a condutividade, o pH com a condutividade apresentam correlações significativas entre si, sendo que a correlação existente entre temperatura e O₂ dissolvido é negativa forte.

3.4. Sub-bacia do Tua

CBO₅

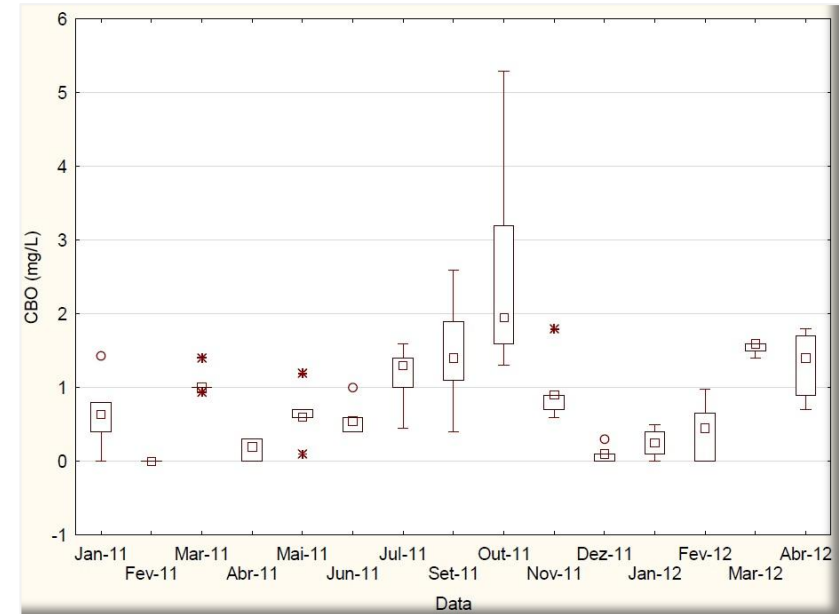
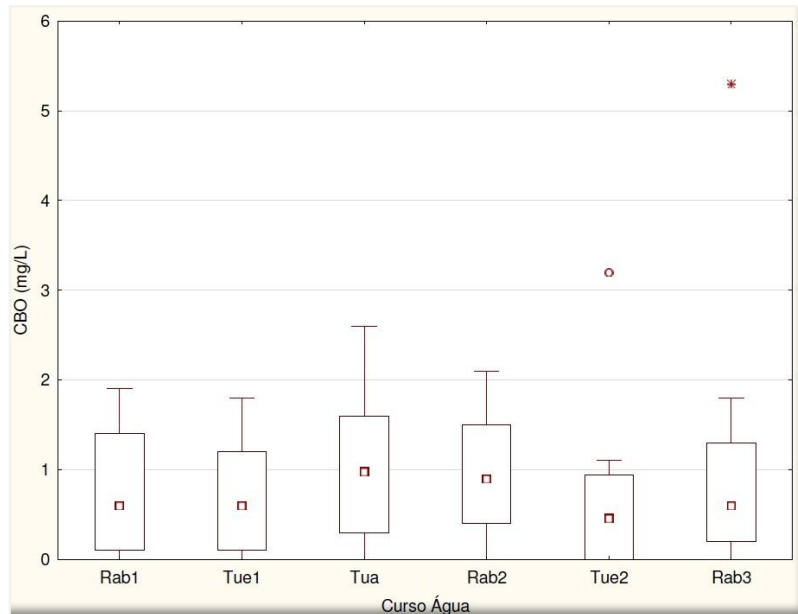


Fig. 62 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO₅ da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações e os pontos no Tua e Rab2 apresentam valores de CBO₅ ligeiramente mais elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da cidade de Mirandela com considerável número de habitantes. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações e os valores de CBO₅ são mais elevados em Out-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que nos pontos Rab3 e Tue2 em Out-11 verificou-se a existência de um valor extremo elevado, assim como de um “outliers”. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da fronteira com Espanha.

Condutividade

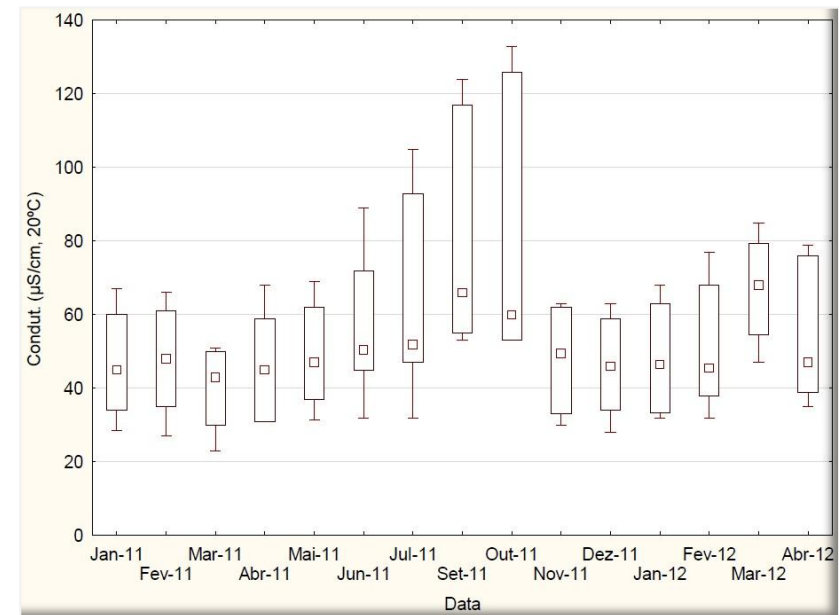
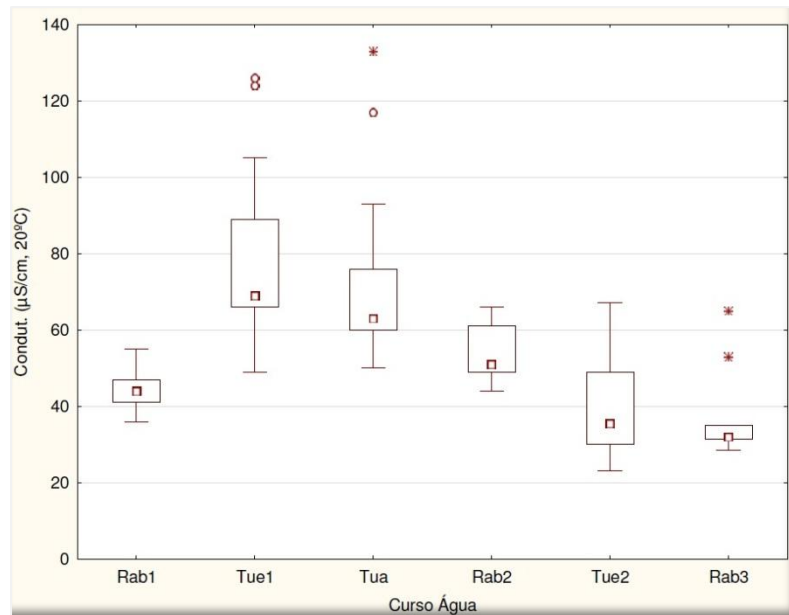


Fig. 63 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro condutividade da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta apenas uma alteração significativa de condutividade nos pontos Tue1 e Tua. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta pequenas oscilações, nomeadamente em Set-11 e Mar-12. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que o valor máximo de condutividade verificou-se em Mar-12 no ponto Tue1. Importa ainda salientar que em Set-11 e Out-11 nos pontos Tue1 e Tua, foram registados valores elevados (“outliers”), sendo que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

CQO

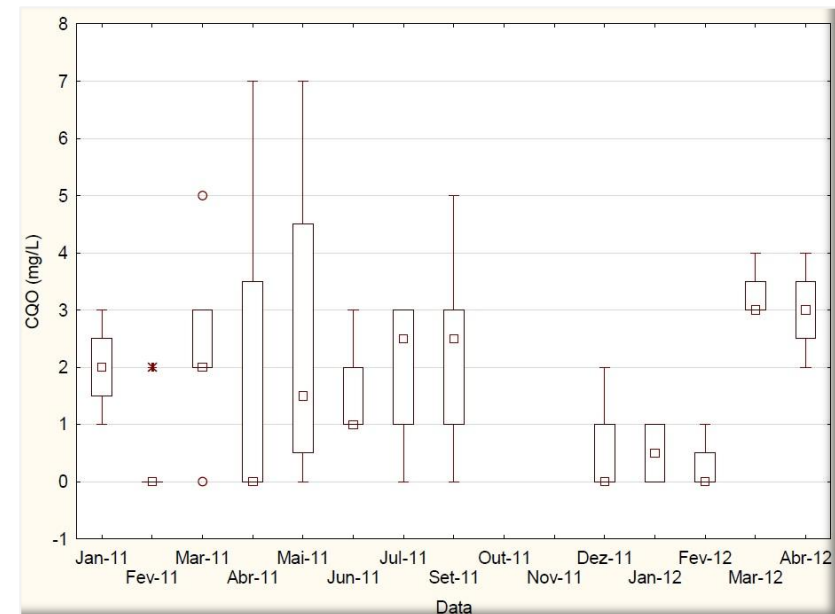
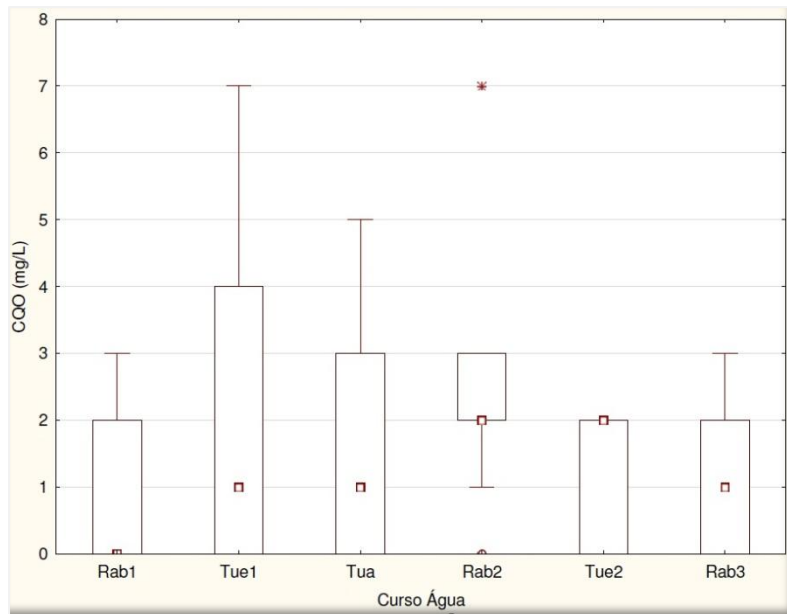


Fig. 64 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CQO da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta algumas alterações, com valores ligeiramente elevados nos pontos Rab2 e Tue2. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da cidade de Mirandela com considerável número de habitantes (Rab2). No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações e uma interrupção em Out-11 e Nov-11. Os valores são mais elevados nos meses de Mar-12 e Abr-12, sendo que os dados disponíveis não permitem apontar uma causa para estas observações. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que em Tue1 e Rab2 verificaram-se extremos em Abr-11 e Mai-11, sendo que uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima de Mirandela.

O₂ dissolvido

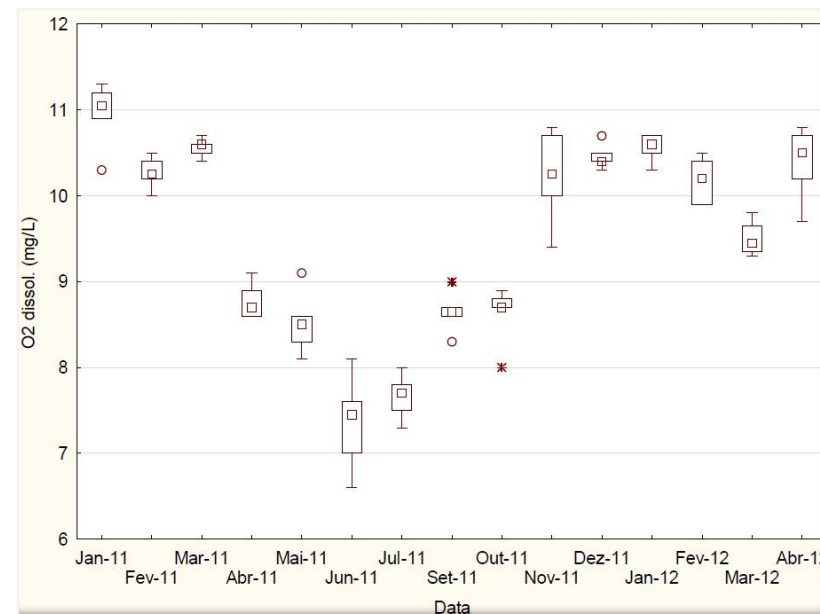
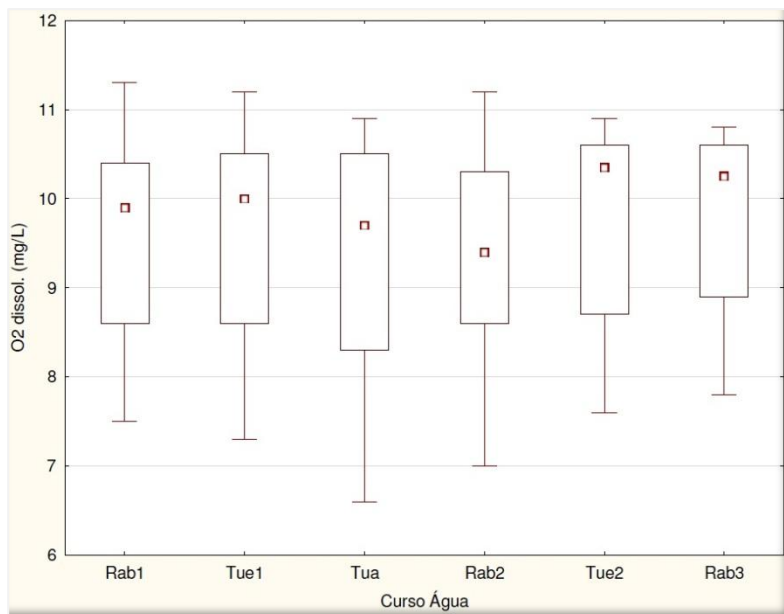


Fig. 65 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O₂ dissolvido da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, exceto nos pontos Tue2 e Rab3 que apresentam valores de O₂ dissolvido mais elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da fronteira com Espanha. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo que se constata que nos meses de verão ocorre claramente um abaixamento na quantidade de O₂ dissolvido, devido ao aumento natural de temperatura. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

Oxidabilidade

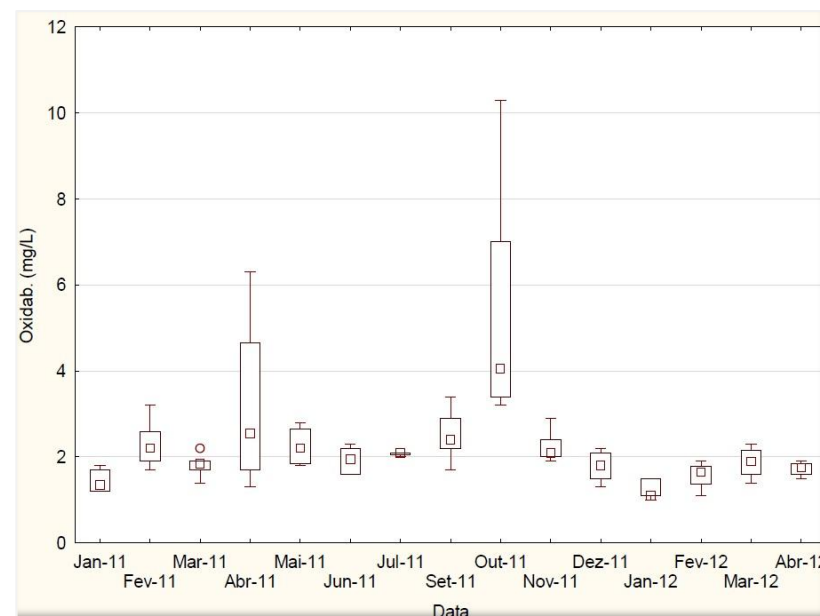
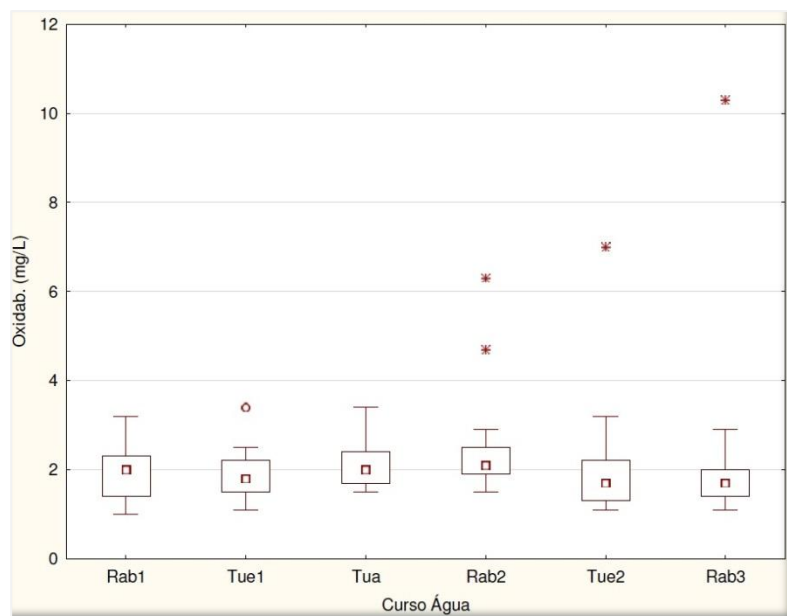


Fig. 66 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro oxidabilidade da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, sendo que os valores encontram-se todos muito próximos, ou seja dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações. No gráfico 2, o perfil da mediana não apresenta grandes oscilações, exceto em Out-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que em Rab2, Tue2 e Rab3 verificou-se a existência de valores extremos significativos Abr-11 e Out-11. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima de Mirandela (Rab2) e a proximidade da fronteira com Espanha (Tue2 e Rab3).

pH

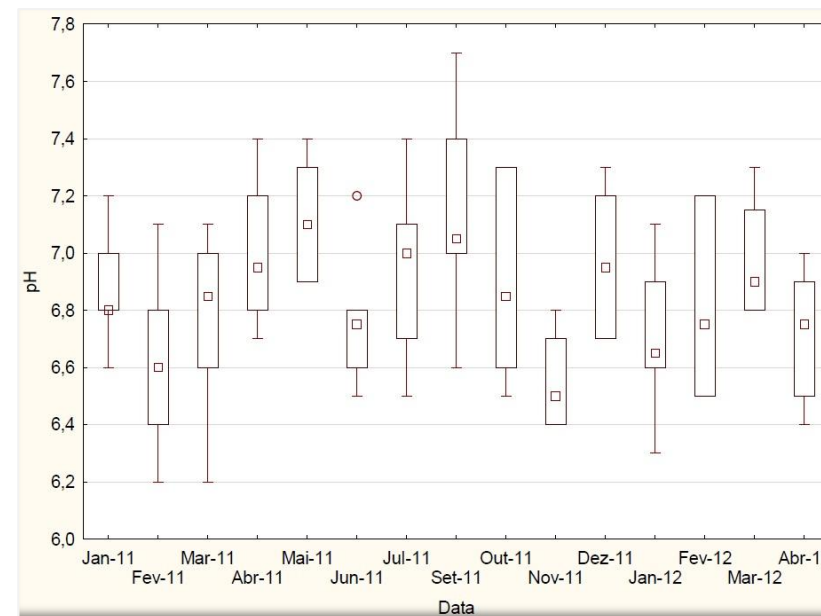
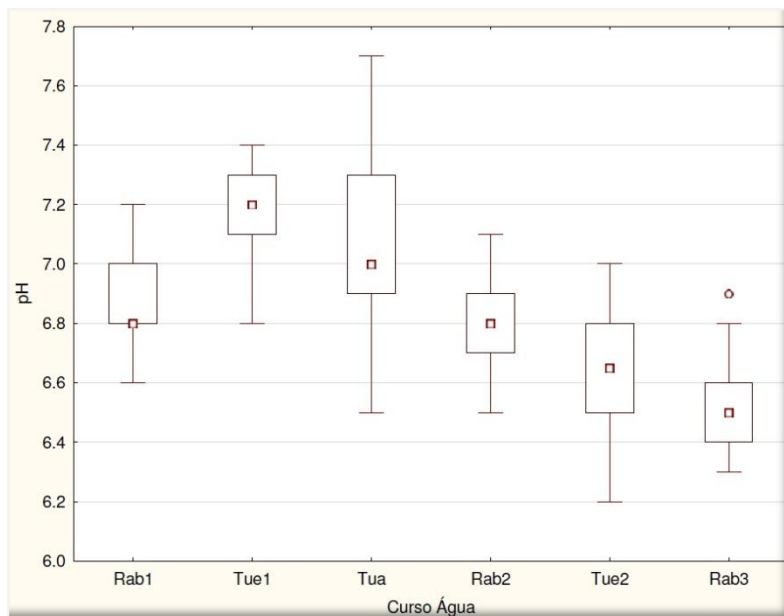


Fig. 67 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta algumas alterações, sendo que os pontos Tue2 e Rab3 apresentam valores de pH significativamente mais baixos que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da fronteira com Espanha ou de locais predominantemente naturais. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações, sendo de salientar valores baixos em Fev-11 e Nov-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os valores mais baixos verificados em Rab3 ocorreram em Jan-12. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

SST

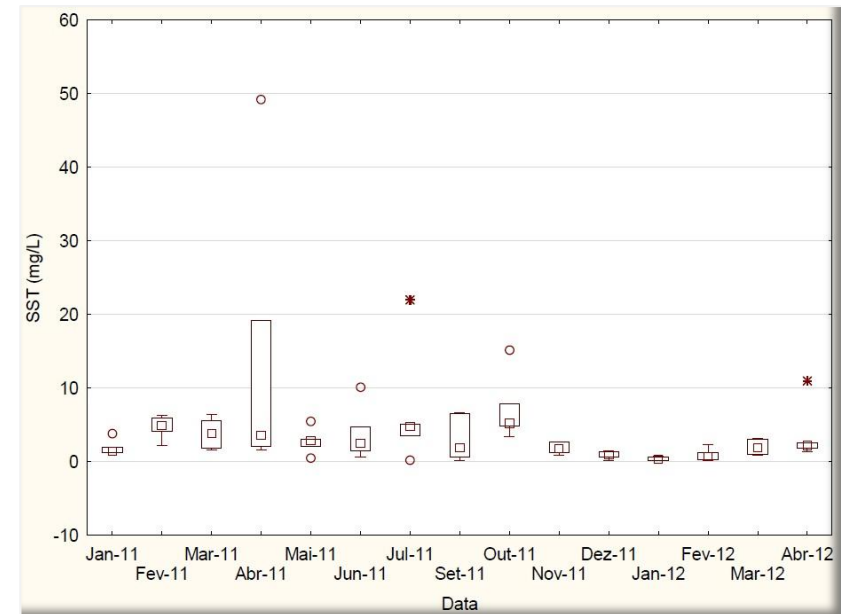
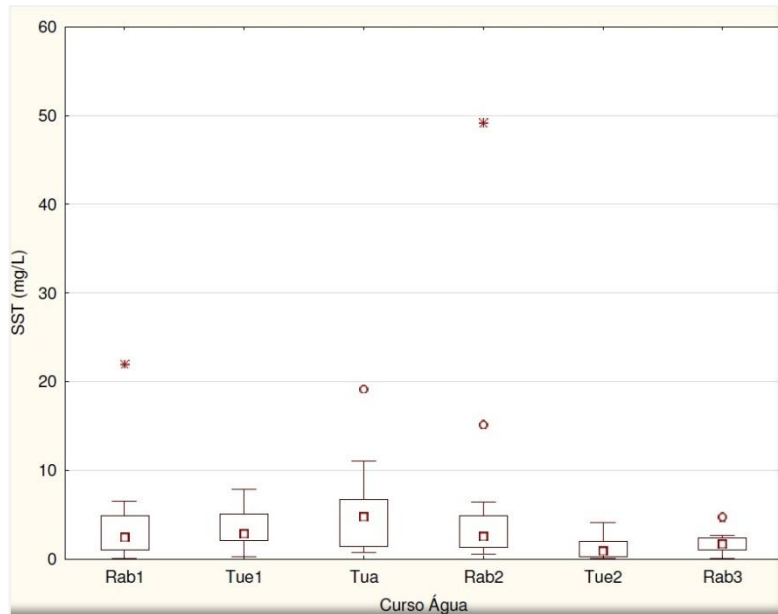


Fig. 68 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

Nos dois gráficos, os perfis são muito semelhantes e não apresentam alterações significativas, exceto em Tua. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que se verificou a existência de valores extremos elevados de SST em Rab2 em Abr-11, Rab1 em Jul-11 e no Tua em Abr-11. Os dados disponíveis não são suficientes para apontar grandes causas para estas observações, contudo entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a proximidade à cidade de Mirandela.

Temperatura

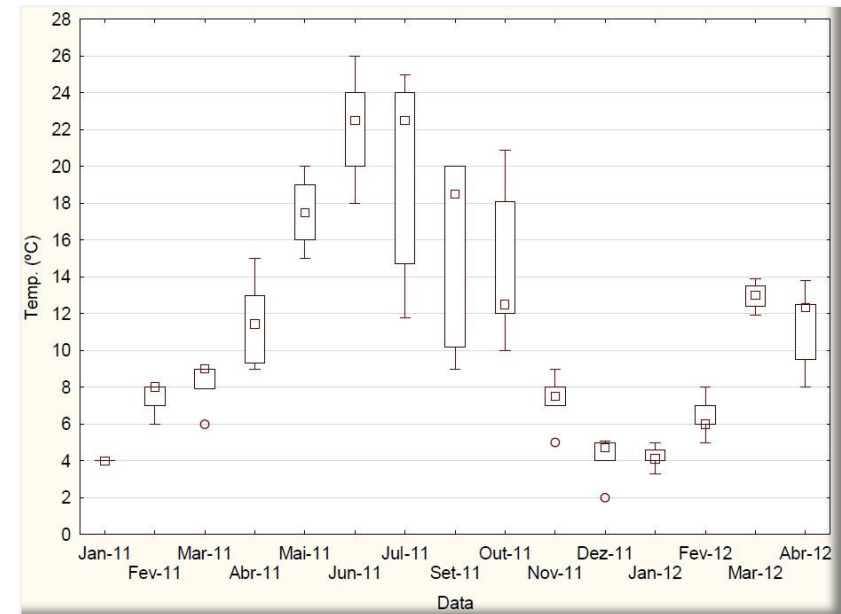
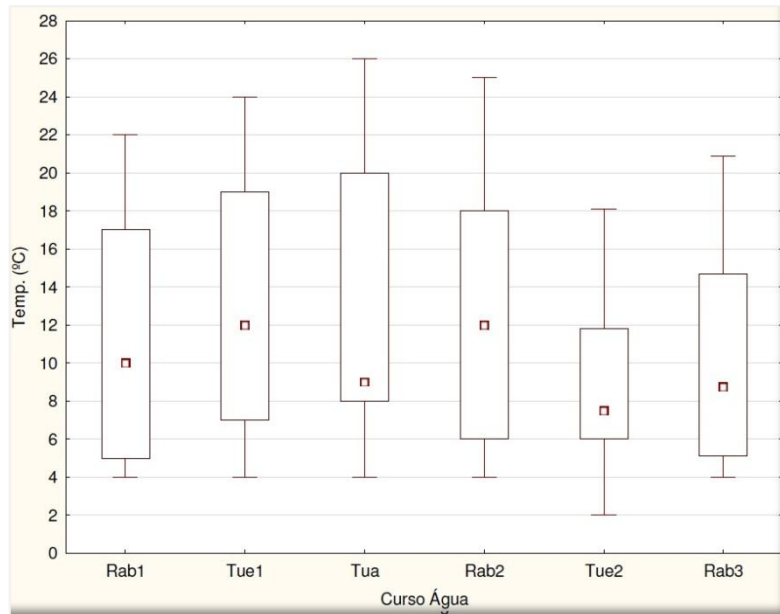


Fig. 69 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Tua no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações no espaço, exceto em Tue1 e Rab2 onde se verifica um ligeiro aumento de temperatura. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização em zonas de maiores temperaturas junto à cidade de Mirandela. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações no tempo, sendo que se constata uma grande amplitude térmica. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os pontos Tua e Rab2 correspondem aos meses de Jun-11 e Jul-11 (verão) onde se verificou maiores temperaturas. O facto de se ter verificado este ligeiro aumento de temperatura nestes pontos pode ajudar a explicar os resultados observados.

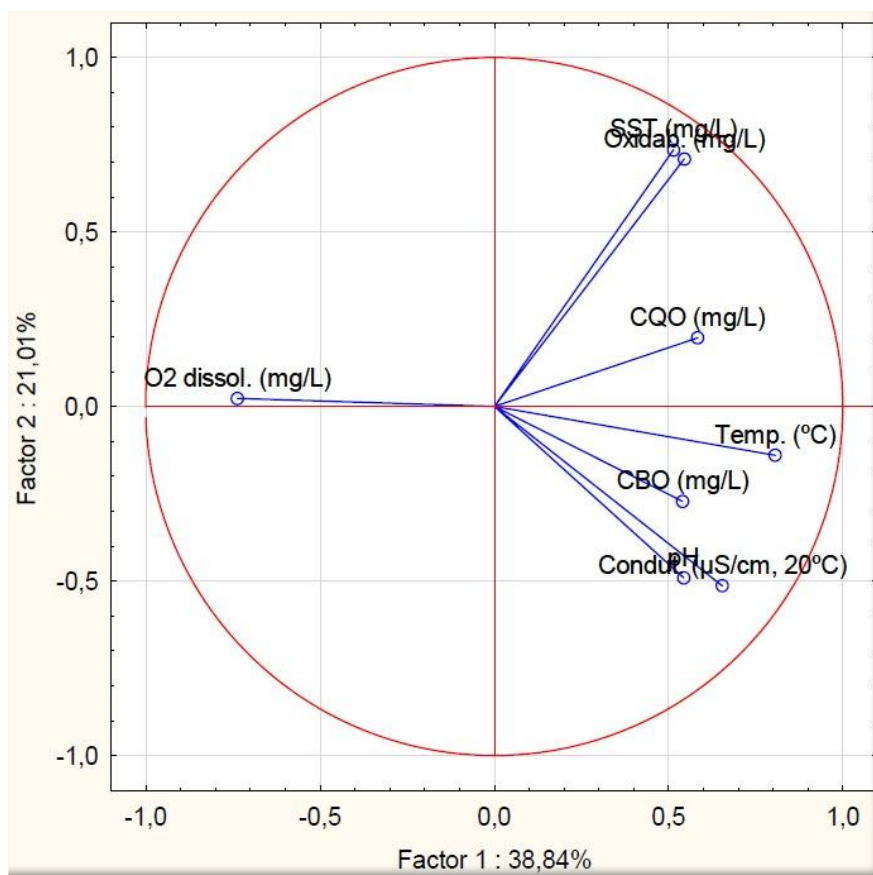


Fig. 70 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Tua

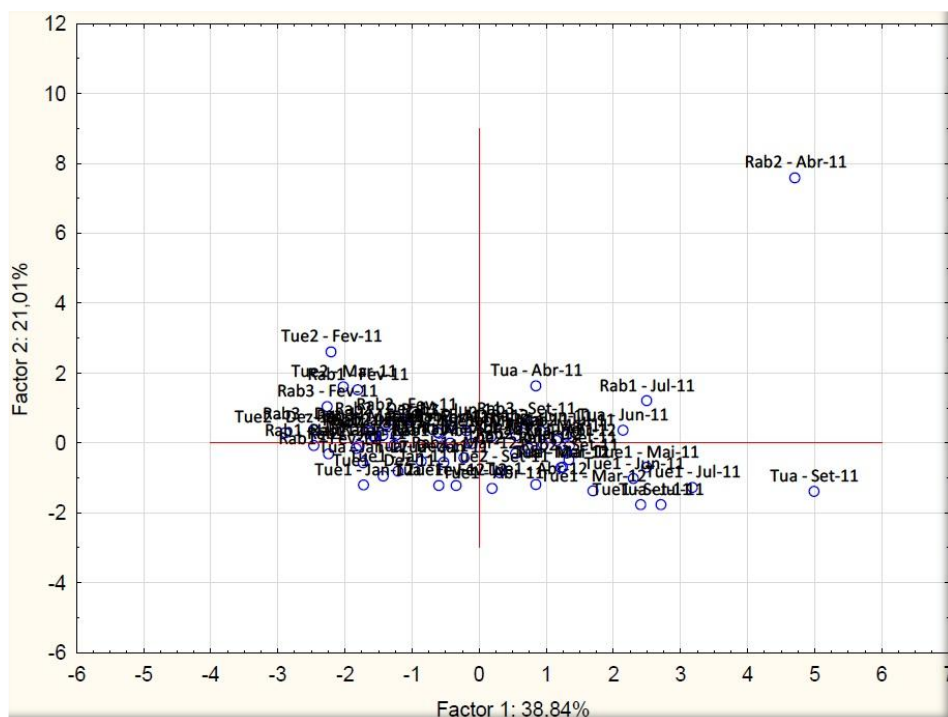


Fig. 71 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Tua

A rede de monitorização da qualidade da água da ARH Norte, I. P. : análise espaço-temporal dos dados obtidos em algumas sub-bacias

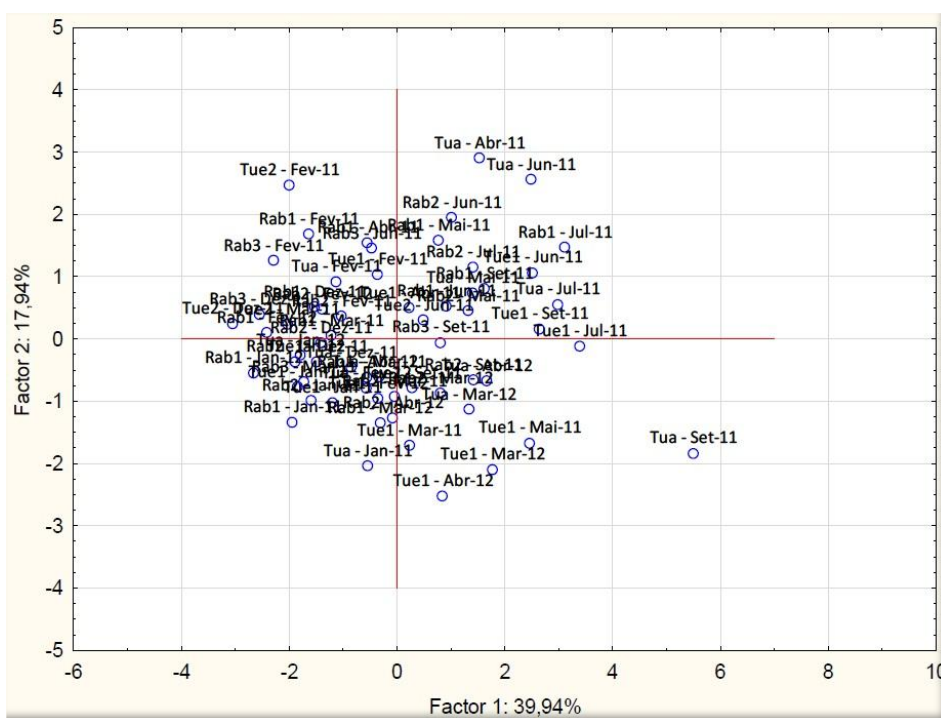


Fig. 72 – Análise de componentes principais (tratada) relativa à sub-bacia do Tua

Variable	Correlations (Douro_Tua)							
	Marked correlations are significant at $p < .05000$							
	Oxidab. (mg/L)	CQO (mg/L)	O2 dissol. (mg/L)	CBO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Conduct. (µS/cm, 20°C)	SST (mg/L)
Oxidab. (mg/L)	1,0000	,3385	-,2968	,6552	-,0695	,3173	,1550	,4329
	N=78	N=62	N=78	N=78	N=78	N=78	N=78	N=78
	p= ---	p=,007	p=,008	p=,000	p=,545	p=,005	p=,175	p=,000
CQO (mg/L)	,3385	1,0000	-,1506	,5487	,1518	,2701	,2243	,3729
	N=62	N=62	N=62	N=62	N=62	N=62	N=62	N=62
	p=,007	p= ---	p=,243	p=,000	p=,239	p=,034	p=,080	p=,003
O2 dissol. (mg/L)	-,2968	-,1506	1,0000	-,2118	-,3002	-,8719	-,3659	-,2815
	N=78	N=62	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88
	p=,008	p=,243	p= ---	p=,048	p=,004	p=0,00	p=,000	p=,008
CBO (mg/L)	,6552	,5487	-,2118	1,0000	,0492	,3992	,2839	,0941
	N=78	N=62	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88
	p=,000	p=,000	p=,048	p= ---	p=,649	p=,000	p=,007	p=,383
pH	-,0695	,1518	-,3002	,0492	1,0000	,3174	,7119	,1605
	N=78	N=62	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88
	p=,545	p=,239	p=,004	p=,649	p= ---	p=,003	p=,000	p=,135
Temp. (°C)	,3173	,2701	-,8719	,3992	,3174	1,0000	,3846	,2366
	N=78	N=62	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88
	p=,005	p=,034	p=0,00	p=,000	p=,003	p= ---	p=,000	p=,026
Conduct. (µS/cm, 20°C)	,1550	,2243	-,3659	,2839	,7119	,3846	1,0000	,1418
	N=78	N=62	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88
	p=,175	p=,080	p=,000	p=,007	p=,000	p=,000	p= ---	p=,187
SST (mg/L)	,4329	,3729	-,2815	,0941	,1605	,2366	,1418	1,0000
	N=78	N=62	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88	N=88
	p=,000	p=,003	p=,008	p=,383	p=,135	p=,026	p=,187	p= ---

Fig. 73 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Tua

Analisando as figuras 70 e 71 em simultâneo, pode-se afirmar que o gradiente observado no gráfico está relacionado com os parâmetros oxidabilidade, CQO e SST. Já o único valor extremo registado em Rab2 – Abr-11 está relacionado com o CBO₅, temperatura, pH, condutividade e O₂ dissolvido. Recorrendo à análise dos gráficos anteriores, pode-se concluir que a oxidabilidade e os SST são os parâmetros responsáveis pelos valores extremos verificados em Rab2 – Abr-11. Em relação à figura 72, pode-se concluir que após a eliminação do ponto Rab2 – Abr-11 o gradiente observado ficou mais uniforme e sem valores extremos. No que diz respeito à figura 73, pode-se concluir que a oxidabilidade com o CQO, CBO₅, O₂ dissolvido, temperatura e SST, o CQO com os SST e CBO₅, O₂ dissolvido com o pH, temperatura, condutividade e SST, o CBO₅ com a temperatura e condutividade, pH com a temperatura e condutividade e a temperatura com a condutividade apresentam correlações significativas entre si, sendo que a correlação existente entre temperatura e O₂ dissolvido é negativa forte.

3.5. Sub-bacia do Paiva

CBO₅

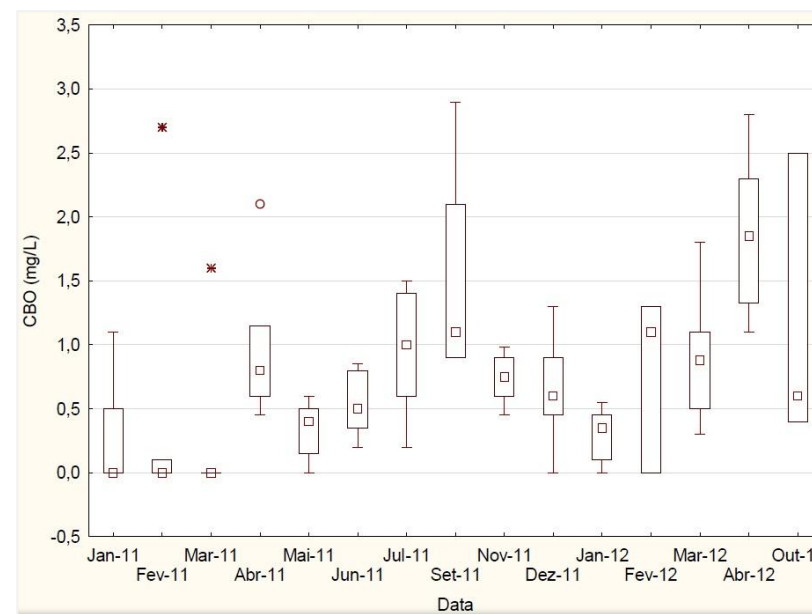
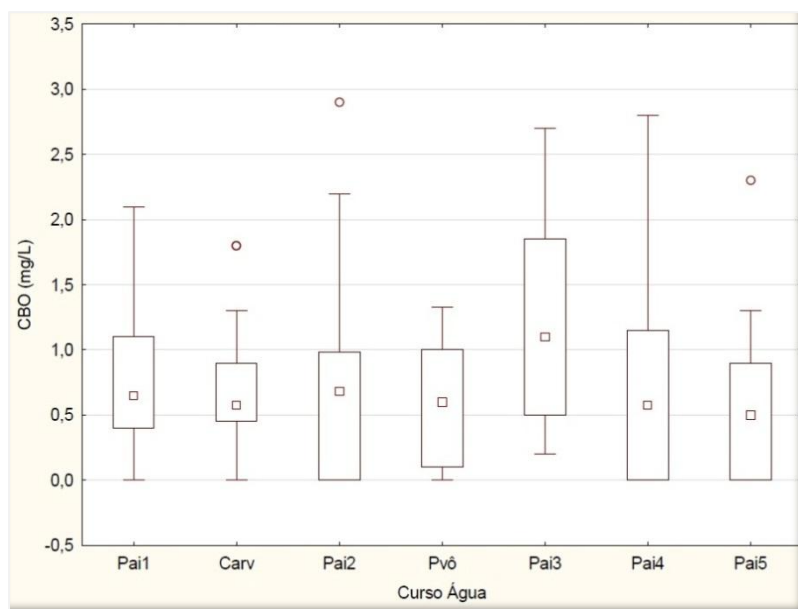


Fig. 74 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro CBO₅ da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, exceto o ponto Pai3 que apresenta valores de CBO₅ ligeiramente mais elevados que os restantes. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações e os valores de CBO₅ são mais elevados em Abr-12. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que nos pontos Pai2, Pai3 e Pai4 verificou-se a existência de valores extremos elevados, correspondentes aos meses de Set-11, Fev-11 e Abr-12. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da foz do Paiva.

O₂ dissolvido

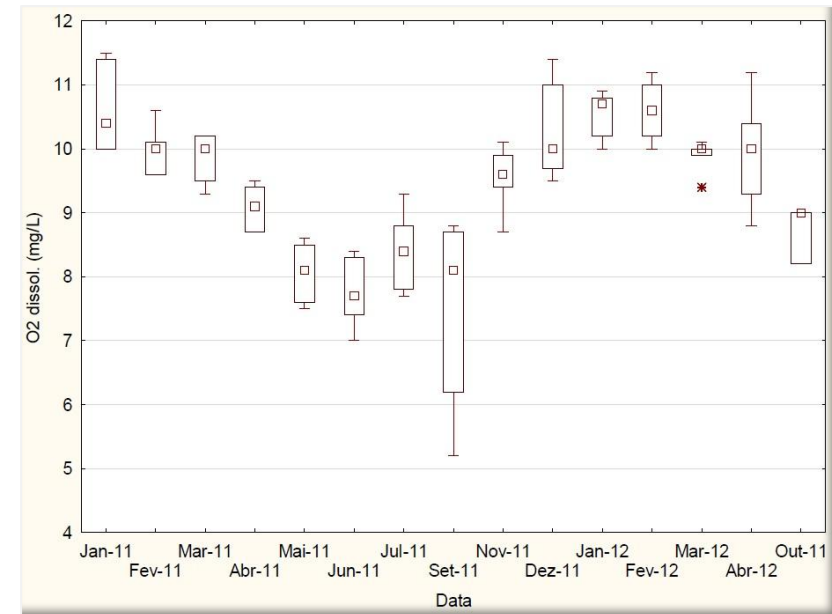
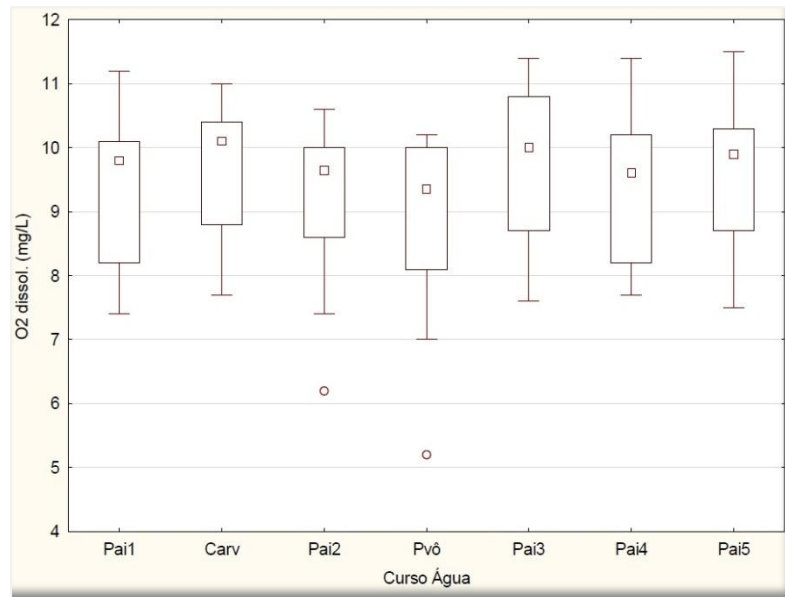


Fig. 75 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro O₂ dissolvido da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações, exceto nos pontos Carv e Pai3 que apresentam valores de O₂ dissolvido ligeiramente mais elevados que os restantes. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da foz do Paiva (Pai3) e a degradação da ribeira da Carvalhosa (Carv). No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações, sendo que se constata que nos meses de verão ocorre claramente um abaixamento na quantidade de O₂ dissolvido, devido ao aumento natural de temperatura. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

pH

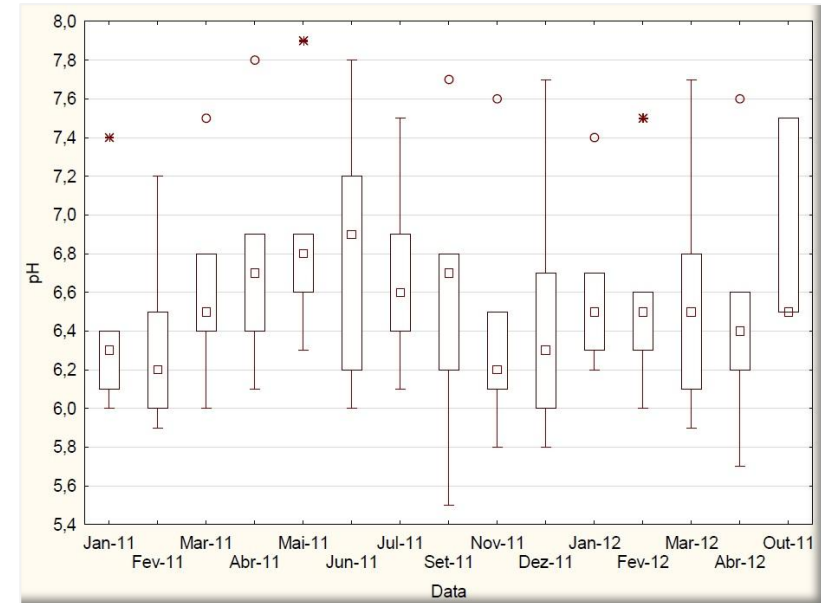
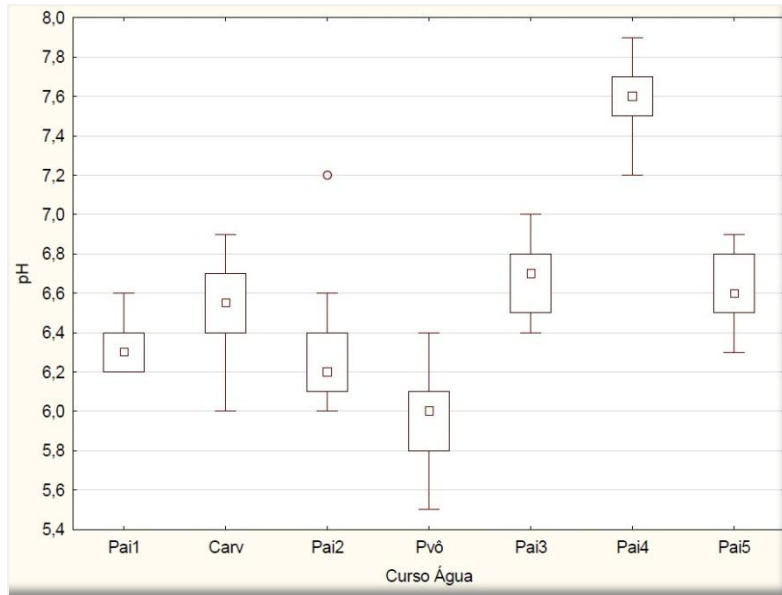


Fig. 76 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro pH da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana manifesta algumas alterações, sendo que os pontos Carv e Pvô apresentam valores de pH significativamente mais baixos que os restantes. Já em Pai4 o valor de pH atingiu o valor máximo. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto à foz do rio Paiva (Pai4). No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta algumas oscilações. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os valores mais baixos verificados em Pvô ocorreram em Set-11 e os valores mais elevados verificados em Pai4 ocorreram em Mai-11. Os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para estas observações.

SST

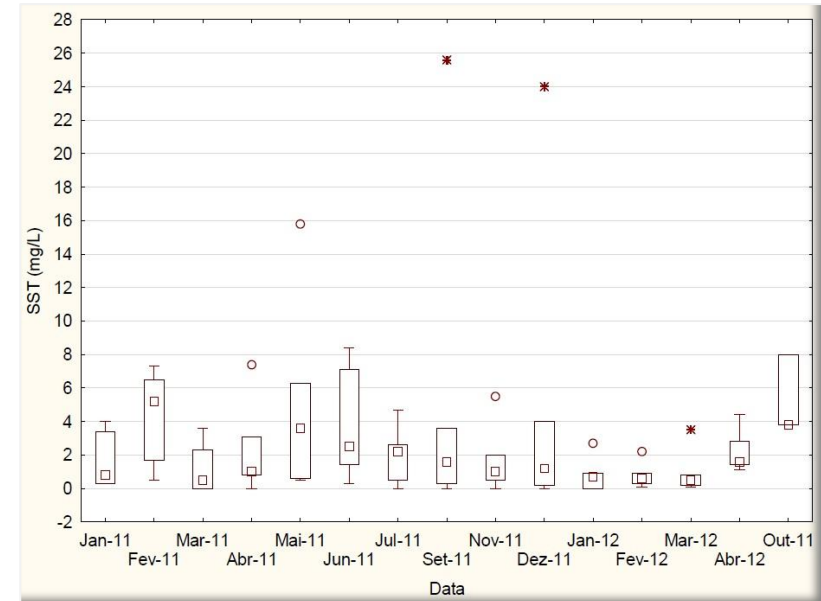
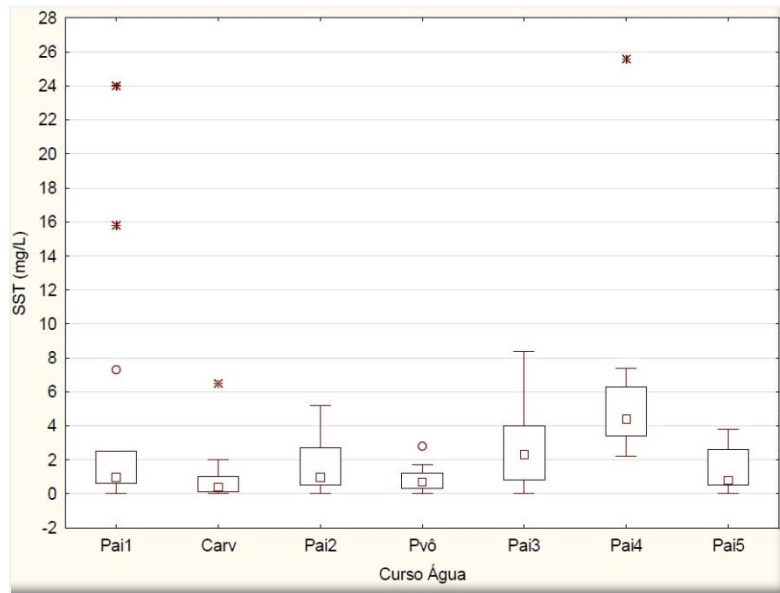


Fig. 77 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro SST da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo

Nos dois gráficos, os perfis são muito semelhantes e não apresentam alterações significativas, exceto em Pai3 e Pai4 e nos meses de Fev-11, Mai-11 e Out-11. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que se verificou a existência de valores extremos elevados de SST em Pai4 em Set-11, Pai1 em Maio-11 e Dez-11. Os dados disponíveis não são suficientes para apontar grandes causas para estas observações, contudo, entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a proximidade à foz do Paiva (Pai4).

Temperatura

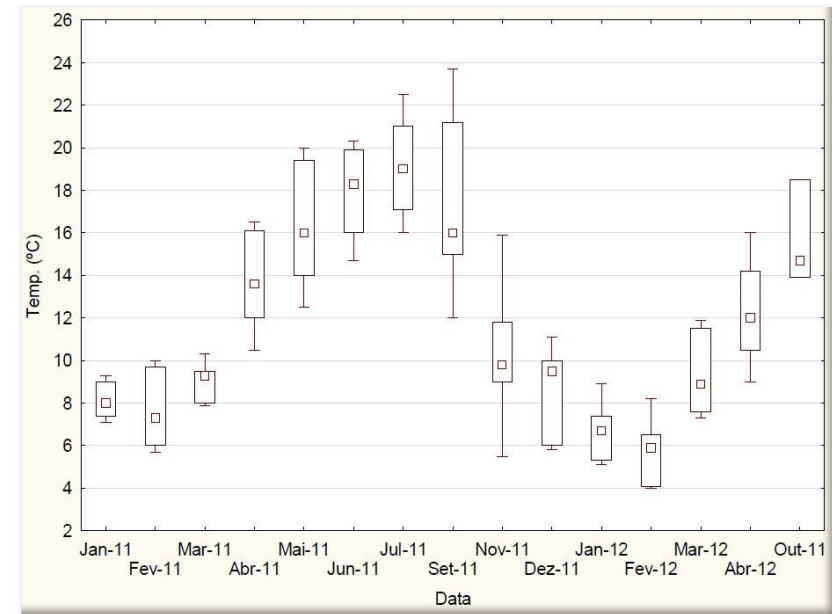
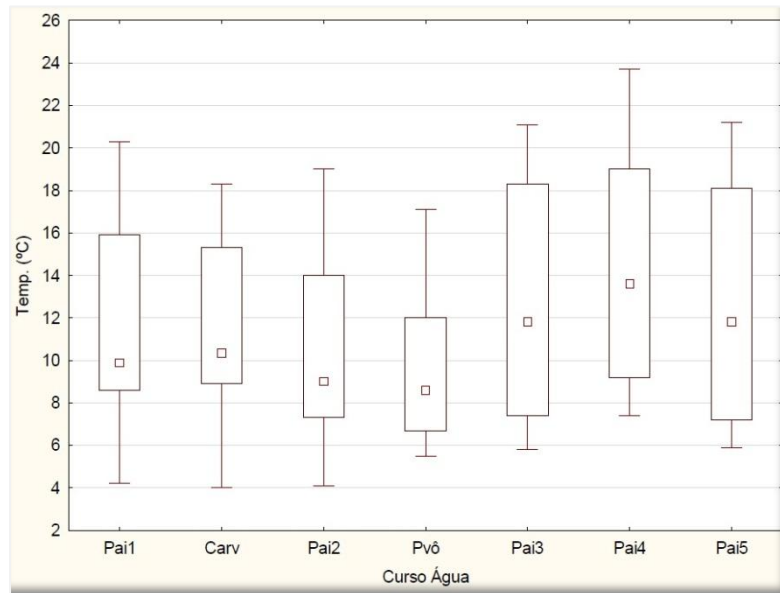


Fig. 78 – “Caixas-de-bigodes” relativas ao parâmetro temperatura da sub-bacia do Paiva no espaço e no tempo

No gráfico 1, o perfil da mediana não manifesta grandes alterações no espaço, exceto em Pai3, Pai4 e Pai5 onde se verifica um ligeiro aumento de temperatura. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização em zonas de maiores temperaturas. No gráfico 2, o perfil da mediana apresenta grandes oscilações no tempo, sendo que se constata uma grande amplitude térmica. Comparando os dois gráficos, pode-se concluir que os pontos Pai3, Pai4 e Pai5 correspondem aos meses de Jun-11, Jul-11 e Set-11 (verão) onde se verificou maiores temperaturas. O facto de se ter verificado este ligeiro aumento de temperatura nestes pontos pode ajudar a explicar os resultados observados.

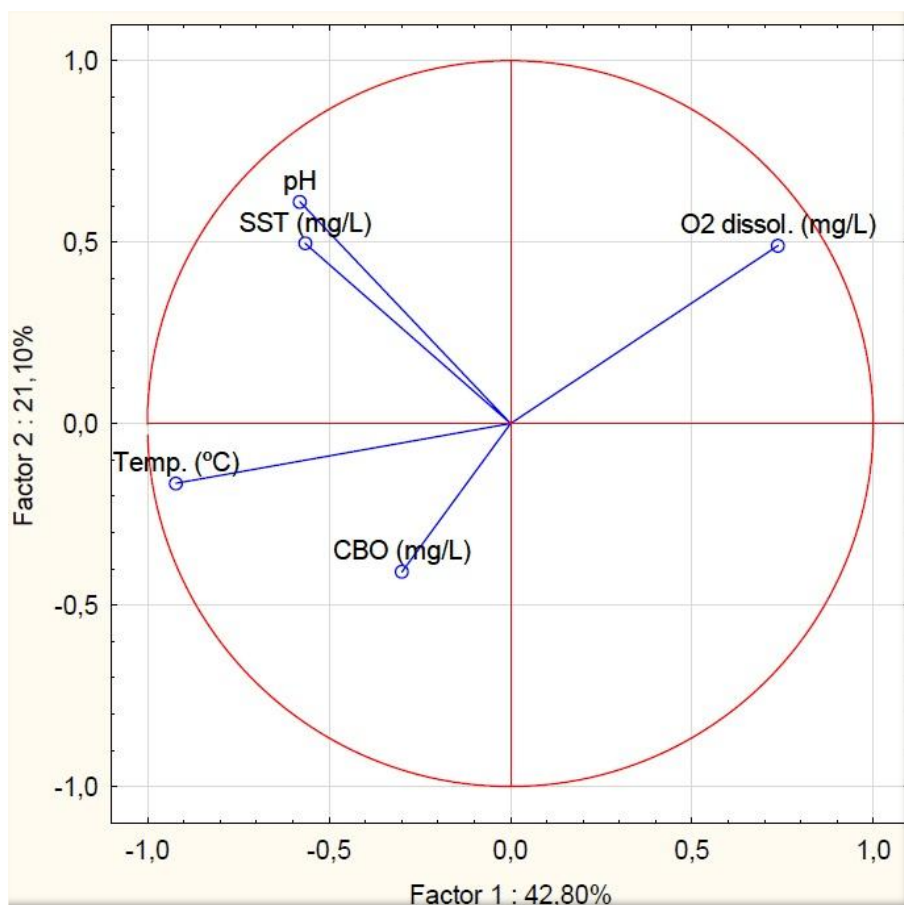


Fig. 79 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Paiva

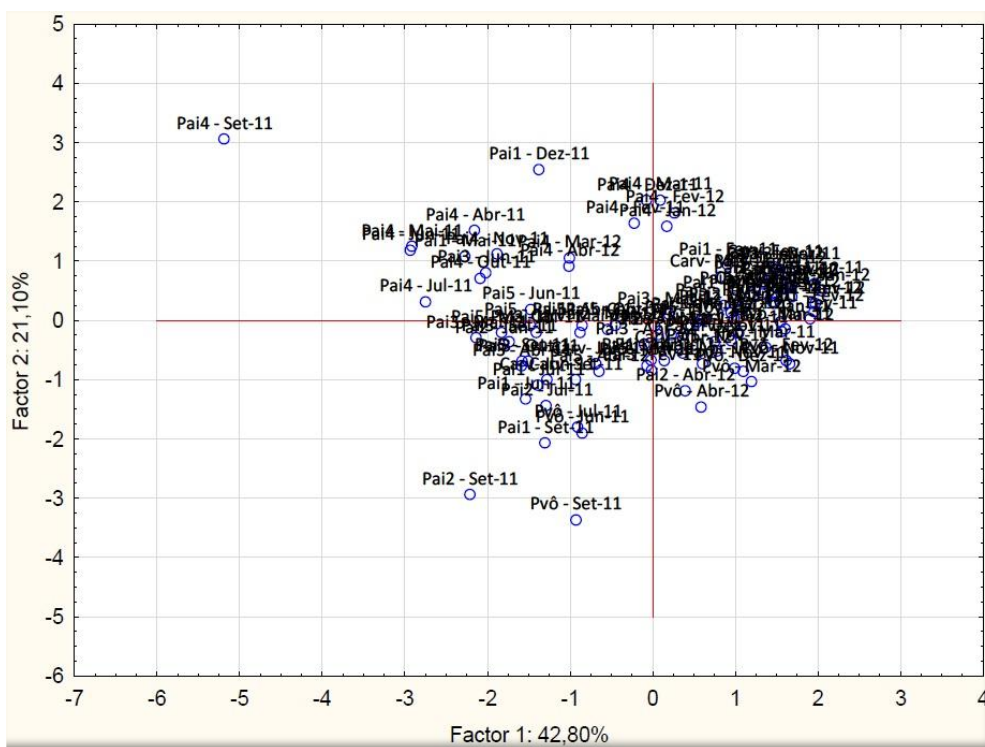


Fig. 80 – Análise de componentes principais relativa à sub-bacia do Paiva

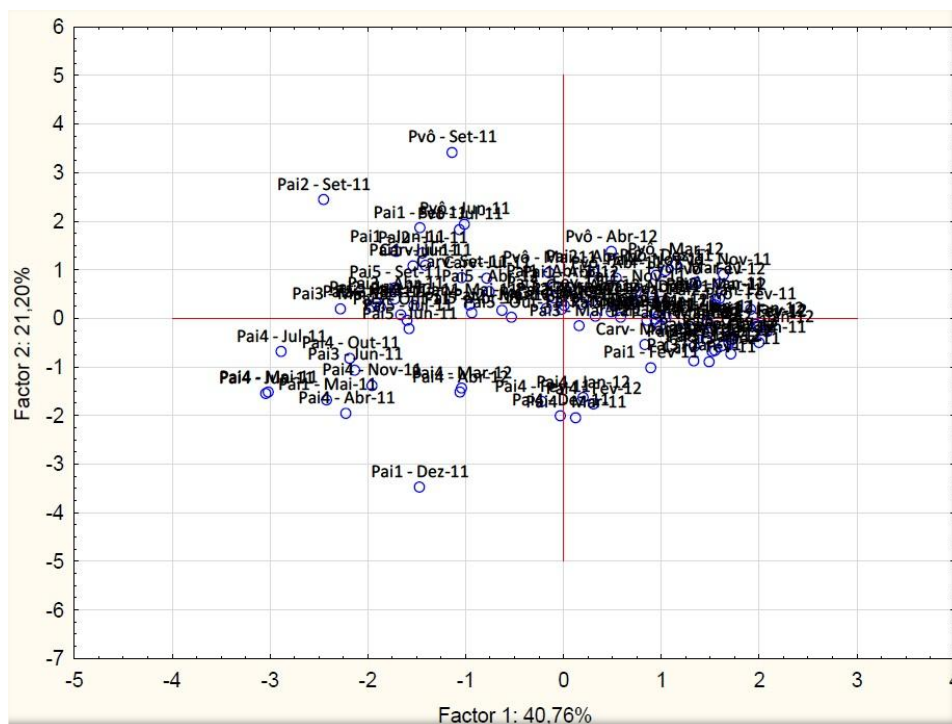


Fig. 81 - Análise de componentes principais (tratada) relativa à sub-bacia do Paiva

Variable	Correlations (Douro_Paiva)				
	Marked correlations are significant at $p < ,05000$				
	O2 dissol. (mg/L)	CBO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	SST (mg/L)
O2 dissol. (mg/L)	1,0000	-,0945	-,0360	-,7289	-,1794
	N=101	N=100	N=101	N=101	N=101
	p= ---	p=,350	p=,721	p=,000	p=,073
CBO (mg/L)	-,0945	1,0000	,0502	,2250	,0607
	N=100	N=100	N=100	N=100	N=100
	p=,350	p= ---	p=,620	p=,024	p=,548
pH	-,0360	,0502	1,0000	,4306	,3216
	N=101	N=100	N=101	N=101	N=101
	p=,721	p=,620	p= ---	p=,000	p=,001
Temp. (°C)	-,7289	,2250	,4306	1,0000	,3250
	N=101	N=100	N=101	N=101	N=101
	p=,000	p=,024	p=,000	p= ---	p=,001
SST (mg/L)	-,1794	,0607	,3216	,3250	1,0000
	N=101	N=100	N=101	N=101	N=101
	p=,073	p=,548	p=,001	p=,001	p= ---

Fig. 82 – Tabela de correlações relativa à sub-bacia do Paiva

Analisando as figuras 79 e 80 em simultâneo, pode-se afirmar que o gradiente observado no gráfico está relacionado com os parâmetros pH e SST. Já o único valor extremo registado em Pai4 – Set-11 está relacionado com o CBO₅, temperatura e O₂ dissolvido. Recorrendo à análise dos gráficos anteriores, pode-se concluir que os SST são os parâmetros responsáveis pelos valores extremos verificados em Pai4 – Set-11.

Em relação à figura 81, pode-se que a oxidabilidade com a temperatura, o pH com a temperatura e SST e a temperatura com o O₂ dissolvido e SST apresentam correlações significativas entre si, sendo que a correlação existente entre temperatura e O₂ dissolvido é negativa forte.

4. Conclusão

As redes de monitorização são estruturas dinâmicas, moldáveis de acordo com os objectivos pretendidos e em função do enquadramento legal vigente (Machado *et al.*, 2010). Neste sentido, o planeamento e a gestão dos recursos hídricos exigem, antes de mais, um profundo conhecimento da região e da realidade da bacia hidrográfica em causa, assim como o acompanhamento da sua evolução espaço-temporal.

Assim, este trabalho de recolha, tratamento e análise de dados permitiu um conhecimento profundo das estações, localização, características relativamente aos parâmetros em estudo de algumas sub-bacias hidrográficas da zona norte.

Na sub-bacia do Lima o CBO₅ e o CQO foram os parâmetros significativamente mais relevantes para possíveis alterações da qualidade da água. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização junto às grandes cidades de Ponte de Lima e Viana do Castelo com um elevado número de habitantes.

Na sub-bacia do Ave o CBO₅ foi o parâmetro físico-químico significativamente mais relevante para possíveis alterações da qualidade da água. Entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a localização próxima da foz e junto à cidade de Guimarães com elevado número de habitantes. Quanto aos parâmetros microbiológicos os CF e CT foram os mais relevantes nesta sub-bacia sendo que, uma causa provável para este facto pode ser a degradação do rio Selho, a proximidade de alguns pontos da foz do Ave e a localização destes pontos junto a Santo Tirso e a Vila Nova de Famalicão.

Na sub-bacia do Sabor os dados disponíveis não permitem apontar grandes causas possíveis para alterações da qualidade da água.

Na sub-bacia do Tua os SST e a oxidabilidade foram os parâmetros significativamente mais relevantes para possíveis alterações da qualidade da água. Os dados disponíveis não são suficientes para apontar grandes causas para estas observações, contudo entre outras, as causas prováveis para estes factos podem ser a relativa proximidade do parque de campismo e do aterro sanitário junto à cidade de Mirandela, assim como da proximidade do Complexo Agro-Industrial de Cachão (CAIC).

Na sub-bacia do Paiva os SST foram os parâmetros significativamente mais relevantes para possíveis alterações da qualidade da água. Os dados disponíveis não são suficientes para apontar grandes causas para estas observações, contudo, entre outras, uma causa provável para este facto pode ser a proximidade da foz do Paiva.

Em geral, a análise espaço-temporal dos dados recolhidos em laboratório permite aferir que as sub-bacias do Lima, Ave e Tua apresentam parâmetros que merecem alguma atenção na sua monitorização. Estes problemas fazem-se sentir principalmente nos locais onde as pressões antropogénicas são maiores, isto é, em redor dos grandes aglomerados populacionais e industriais. Já as sub-bacias do Sabor e Paiva manifestam parâmetros em melhores condições que os anteriores, possivelmente pela menor quantidade/qualidade dos dados obtidos.

A nível global, nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados registaram-se níveis de qualidade adequados aos respectivos usos.

Esta avaliação é fundamental para conhecer o estado das massas de água, os seus pontos críticos, os pontos fortes, identificar as ameaças e as oportunidades de melhoria, contribuindo deste modo para melhorar a qualidade da água.

Assim, os sistemas de monitorização a implementar devem permitir obter informação sobre os sistemas nas diferentes componentes, nomeadamente as componentes biológica e hidromorfológica, para além da componente físico-química, acompanhar a sua evolução espaço-temporal, adaptando-se sempre aos novos problemas e desafios que vão surgindo e conceder utilidade e importância aos pressupostos da Diretiva-Quadro da Água. Devem ainda ser equipados com as novas tecnologias de recolha de informação, permitindo a aquisição de dados de forma contínua, fiável e eficiente, conduzindo a uma maior facilidade de tratamento, armazenamento, processamento e análise da informação.

Em suma, não sendo a gestão dos recursos hídricos um tema excessivamente complexo, requer ainda assim uma conjugação de experiências de campo, laboratório e científica para a concretização e funcionalidade dos desenhos das redes de monitorização da qualidade da água superficial (INAG, 2001).

5. Referências bibliográficas

- Abelho, M. (2010). *Manual de Monitorização Microbiológica Ambiental – Qualidade Microbiológica da Água*. Curso de Especialização Tecnológica em Qualidade Ambiental. Acedido em 2 de agosto de 2012, em http://www.esac.pt/Abelho/Monitor_ambiental/Manual%20parte%202.pdf;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. – Laboratório de Águas (2012). *Manual de Gestão da Qualidade*. Edição 14. ARH-Norte. Porto;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2009). *Relatório do Estado da Qualidade da Água 2005 (REQual 2005) – Volumes I e II*. ARH-Norte. Porto;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2009). *Relatório do Estado da Qualidade da Água 2006 (REQual 2006) – Volumes I e II*. ARH-Norte. Porto;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2009). *Relatório do Estado da Qualidade da Água 2007 (REQual 2007) – Volumes I e II*. ARH-Norte. Porto;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2009). *Relatório do Estado da Qualidade da Água 2008 (REQual 2008) – Volumes I e II*. ARH-Norte. Porto;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2009a). *Relatório do Estado da Qualidade da Água 2009 (REQual 2009) – Volumes I e II*. ARH-Norte. Porto;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2011a). *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Minho e Lima (RH1) – Relatório Técnico*;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2011b). *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2) – Relatório Técnico*;
- Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P. (2011c). *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Douro (RH3) – Relatório Técnico*;
- Apontamentos diversos cedidos durante o período de estágio na Administração da Região Hidrográfica do Norte, I. P.;

- Apontamentos diversos cedidos pelo orientador de estágio;
- Carvalho, H. (2008). *Análise Multivariada de Dados Qualitativos – Utilização da ACM com o SPSS*. 1ª Edição, Edições Sílabo. Lisboa;
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. (2007). *Implementação de Novos Pontos da Rede de Qualidade em Águas Superficiais*. CCDR-Norte. Porto;
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. (2007). *Redes de Monitorização de Recursos Hídricos do Norte – Relatório de Diagnóstico Atual e Perspetivas Futuras*. CCDR-Norte. Porto;
- Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto. *Diário da República n.º 176 – I Série-A*. Ministério do Ambiente. Lisboa;
- Decreto-Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro. *Diário da República n.º 249 – I Série-A*. Assembleia da República. Lisboa;
- Decreto-Lei n.º 77/2006 de 30 de março. *Diário da República n.º 64 – I Série-A*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa;
- Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de outubro. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*;
- Dytham, C. (2011). *Choosing and using statistics: a biologist's guide*. Third Edition, Wiley-Blackwell. West Sussex;
- Fry, J. C. (1993). *Biological Data Analysis – A Practical Approach*. Oxford University Press. New York;
- Henriques, António G., West, Cristina A. e Pio, Simone F. (2000). *Diretiva-Quadro da Água – Um Instrumento Integrador da Política da Água da União Europeia. Proceedings do 5º Congresso da Água – A Água e o Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Novo Século*. Culturgest. Lisboa;

- Instituto da Água, I. P. (2000). *Proposta de Restruturação das Redes de Monitorização de Recursos Hídricos – Bacias Hidrográficas a Norte do Douro*. Volume I. MAOT. Lisboa. Acedido em 25 de junho de 2012, em http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/redes_texto1_norte.pdf;
- Instituto da Água, I. P. (2001). *Monitorização de Recursos Hídricos no limiar do séc. XXI*. MAOT. Lisboa;
- Instituto da Água, I. P. (2009). *Critérios para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais – Rios e Albufeiras*. MAOTDR. Lisboa;
- Instituto da Água. (1996). *Restruturação da Rede de Monitorização de Recursos Hídricos – Aspetos Metodológicos (versão de trabalho)*. Direção de Serviços de Recursos Hídricos. Lisboa. Acedido em 3 de setembro de 2012, em http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/redes_nacional.pdf;
- Jambu, M. (1991). *Exploratory and Multivariate Data Analysis*. United Kingdom Edition, Academic Press, Inc. London;
- Legendre, P. e Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology*. Second English Edition, Elsevier Science B. V. Amsterdam;
- Machado, A., Silva, M. e Valentim, H. (2010). *Contributo para a Avaliação do Estado das Massas de Água na Região Norte*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Volume 31#01. Acedido em 28 de junho de 2012, em http://www.aprh.pt/rh/pdf/rh31_n1-4.pdf;
- McCune, B. e Grace, J. B. (2002). *Analysis of Ecological Communities*. Second Edition, MjM Software Design. Oregon;
- Pimenta, M. T., Álvares, M. T., Santos, M. J., Gomes, F., Quadrado, F., Lopes, A. R., Rodrigues, R., Lacerda, M., Rodrigues, A. C. *Restruturação das Redes de Monitorização – Aspetos Metodológicos*. Instituto da Água, I. P. Acedido em 28 de junho de 2012, em <http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/035.pdf>;

- Pio, Simone F. e Henriques, António G. (2000). *O Estado Ecológico como Critério para a Gestão Sustentável das Águas de Superfície*. Proceedings do 5º Congresso da Água – A Água e o Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Novo Século. Culturgest. Lisboa;
- Plano Nacional da Água. (1994). *Volume I – 10. Monitorização Quantitativa e Qualitativa dos Recursos Hídricos*. Acedido em 25 de junho de 2012, em http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pna/pdf_pna_v1/v1_c2_t10.pdf;
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. y colaboradores. (2011). *Análisis del agua*. 9.ª edición, Ediciones Omega. Barcelona;
- Rodrigues, S., Bernardino, R., Alves, M. H., Rafael, M. T. e Henriques, A. G. (9 a 12 de novembro de 2000). *Princípios para a Elaboração de uma Rede Nacional de Monitorização da Qualidade Ecológica das Águas Superficiais Nacionais Segundo a Proposta da Diretiva-Quadro da Água*. Actas do II Congresso Ibérico sobre Planeamento e Gestão da Água. Porto;
- Subramanian, M. S. *Environmental Chemistry and Analysis – Module 2.1 Analysis of major constituents in water*. Indian Institute of Technology Madras. Acedido em 25 de junho de 2012, em http://www.nptel.iitm.ac.in/courses/IIT-MADRAS/Enivironmental_Chemistry_Analysis/Pdfs/2_1.pdf;
- Vicini, L. e Souza, A. M. (2005). *Análise Multivariada da Teoria à Prática*. Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil.

Anexo I – Pontos de amostragem

Sub-bacia	Nome da Estação	Curso de Água	Código INAG	Novo Código
Lima	Bertiandos	Rio Lima	03F/03	Li1
	S. João	Rio Lima	03F/04	Li2
	Fonte Velha	Rio Lima	03G/06	Li3
	Pontilhão de Celeirós	Rio Vêz	02G/01	Vêz
	Ponte Velha	Rio Ázere	02G/03	Áze
	Ribeiro de Baixo	Rio Castro Laboreiro	02H/51	CLa
	Foz do Labruja	Rio Labruja	03F/05	Lab
	Foz do Trovela	Rio Trovela	03F/07	Tro
	Foz do Estorãos	Rio Estorãos	03F/08	Est
	Foz do Vade	Rio Vade	03G/08	Vad
Ave	Vieira do Minho	Ribeira de Cantelães	04I/50	Cant
	Taipas	Rio Ave	05G/06	Av1
	Vizela-Santo Adrião	Rio Vizela	05H/02	Viz1
	Ferro	Rio Ferro	05H/03	Fe
	Golães	Rio Vizela	05H/04	Viz2
	Ponte Trofa	Rio Ave	05F/03	Av2
	Ponte Nova-Aves	Rio Pele	05F/04	Pel1
	Santo Tirso	Rio Ave	05G/07	Av3
	Riba D'Ave	Rio Ave	05G/08	Av4
	Ponte EN204/Avidos	Rio Pele	05G/09	Pel2
	Ponte Este/Arnoso	Rio Este	05F/07	Est
	Restaurante Azenha	Rio Ave	05F/06	Av5
	Ponte Brandão	Rio Selho	05G/01	Sel
	Garfe	Rio Ave	04H/01	Av6
Sabor	Ponte Rio Maçãs	Rio Maçãs	04R/03	Maç
	Oleirinhos	Rio Sabor	02Q/01	Sab1
	Sabor-Sab1	Rio Sabor	02Q/50	Sab2
Tua	Ponte Vale de Telhas	Rio Rabaçal	04N/01	Rab1
	Quinta da Maravilha	Rio Tuela	04N/06	Tue1
	Frechas	Rio Tua	05N/03	Tua
	Eixes	Rio Rabaçal	04N/05	Rab2

	Ponte Couço	Rio Tuela	02P/02	Tue2
	Ponte St ^a . Rufina	Rio Rabaçal	02O/01	Rab3
Paiva	Castro Daire-Praia Fluvial	Rio Paiva	08J/01	Pai1
	Vidoeiro-Ermida	Ribeira da Carvalhosa	08J/52	Carv
	Azenha	Rio Paiva	08K/01	Pai2
	Delobra	Rio Paivô	08J/02	Pvô
	Ponta da Bateira	Rio Paiva	07H/04	Pai3
	Castelo/Fornos	Rio Paiva	07H/05	Pai4
	Fragas da Torre	Rio Paiva	08H/02	Pai5