

# **AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DAS DESCARGAS DA ETAR DE ALCAINS NO RIO OCREZA - DISTRITO DE CASTELO BRANCO**

**Ana Cristina Gonçalves Silva**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Infra-Estruturas de Construção Civil, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Teresa Durães Albuquerque, Professor Adjunto da Unidade Técnico-Científica de Engenharia Civil e co-orientação científica da Doutora Isabel Margarida Horta Ribeiro Antunes, Professor Adjunto do Departamento de Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

*“Só o conhecimento traz o poder.”*

*Sigmund Freud (1856-1939)*

*“Nunca te ofereceram um desejo  
sem te darem ao mesmo tempo  
o poder de o tornares realidade.*

*Contudo é possível que tenhas de lutar por ele.”*

*Richard Bach (1936)*

Aos meus Franciscos, Norberto, família e amigos

## **Agradecimentos**

O presente estudo desenvolveu-se por empenho e determinação, seguindo sempre com o apoio das orientadoras que foi determinante para atingir o resultado final alcançado. Também os familiares, amigos e colegas foram encorajadores e possibilitaram que se atingisse este objetivo.

À orientadora, Professora Doutora Maria Teresa Durães Albuquerque e Co-Orientadora Professora Doutora Isabel Margarida Horta Antunes agradeço em particular pelo facto de acreditarem e se empenharem em que este estudo fosse concluído com sucesso.

Aos colegas de curso em particular à Sandrina Oliveira pela sua colaboração e disponibilidade.

À empresa Aguas do Centro por facultarem meios no sentido de possibilitar a recolha de amostras ao meio em estudo e a realização das respetivas análises das mesmas. Pois sem esta colaboração inestimável teria sido inviável a apresentação deste estudo.

**Palavras chave:** Ribeira da Lória; Estação de Tratamento de Águas Residuais de Alcains (ETAR); Análise em Componentes Principais; Análise de Clusters; Estimação da Qualidade da água.

## Resumo

Os rios e as ribeiras têm bastante importância quer ao nível ecológico, patrimonial, paisagístico, cultural, pedagógico ou urbanístico. São espaços vitais para numerosas espécies e possibilitam ao Homem uma grande multiplicidade de usos.

A gestão dos recursos hídricos contempla obrigatoriamente a análise da qualidade da água para os seus diversos usos. Para que seja cumprida esta meta, ou seja para que a água possa ser utilizada, é fundamental revitalizar os rios e as ribeiras, por forma a que possam ser permitidos novos usos e para que não sejam utilizados somente como meio para descargas de águas residuais e drenagem de águas pluviais. Para ser possível a requalificação destes meios, é necessária a implementação de políticas de recuperação, conservação e uma gestão eficaz ao nível da totalidade das bacias hidrográficas. Wisler e Brater em Hidrologia, 1964, referem-se à hidrologia como a ciência que trata dos processos que gerem a degradação e a recarga dos recursos hídricos.

A ribeira da Lória é um dos afluentes do rio Ocreza e é sobre esta ribeira que incide este estudo. Estes cursos de água localizam-se na bacia hidrográfica do rio Tejo. Neste estudo, pretende-se avaliar a qualidade da água superficial ao logo da ribeira da Lória, assim como, o impacte que a ETAR de Alcains tem sobre este meio recetor.

Para que seja possível caracterizar o estado de qualidade da água, foram realizadas três campanhas para recolha de amostras de água, durante o ano hidrológico de 2010. A primeira campanha, no mês de Janeiro (época húmida); a segunda campanha, no mês de Abril (época temperada) e a terceira campanha, no mês de Junho (época seca). Foram analisados, em laboratório, os seguintes parâmetros: Sólidos Suspensos Totais (SST), Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>), Carência Química de Oxigénio (CQO), Azoto Total (N-total), Fósforo Total (P-total), Coliformes Fecais (CF). Foram, ainda, realizadas "in situ" medições aos seguintes parâmetros: Temperatura (T), Potencial Hidrogeniónico (pH), Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Oxigénio Dissolvido (OD), Potencial de Oxidação-Redução (ORP) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

Ao longo do curso de água definiu-se a malha de amostragem de dezoito pontos de recolha, previamente georreferenciados.

A metodologia adotada assenta, numa primeira fase na aplicação conjunta da Análise em Componentes Principais e Análise de Clusters, permitindo descrever e classificar as relações entre as variáveis medidas e as observações. Numa segunda fase, foram construídos diagramas de representação espacial adaptando o programa RESICAD - software utilizado para o cálculo de redes de esgotos - para a representação espacial estimada, ao longo da ribeira da Lória, para os diversos parâmetros estudados. A classificação da qualidade adotada foi a desenvolvida pelo Instituto Nacional da Água e permitiu concluir que existem alguns parâmetros que se encontram

acima dos limites regulamentares ao longo do ano hidrológico de 2010 como é o caso do CBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecais e a Carência Química de Oxigênio.

**Keywords:** Líría stream; Alcains Wastewater treatment plant; Principal Components Analysis; Cluster Analysis; water quality.

### **Abstract**

Rivers and streams are of great importance both in environmental, heritage, landscape, cultural, educational or urban levels. They are habitats for numerous species, and allow a great multitude of uses to men.

Water resources management must contemplate the analysis of water quality in its many uses. For this aim to be fulfilled, that mean so that water can be used, it is essential to revitalize the rivers and streams, so that they can be prepared for new uses and not used only as a transport for waste water and storm water. For the requalification of these facilities to be possible it's necessary to implement policies for the recovery, conservation and effective management of the river basin level. Wisler and Brater define the hydrology as a science who deals with the processes that generate the degradation and refill of water resources.

The Líría stream is a tributary of the Ocreza river and is on this stream that this study focuses. These watercourses are located in the basin of the Tagus River. This study aims to evaluate the quality of surface water along the Líría stream and the impact that the Alcains Wastewater treatment plant has in the hydrological surroundings.

To make possible the characterization of the water quality, three fieldwork where realized to collect water samples, during the hydrological year of 2010. The first campaign in January (wet season), the second in April (moderate season) and the third in June (dry season). In laboratory were analysed the following parameters: Total Suspended Solids (TSS), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Nitrogen (total N), Total Phosphorus (total P), Fecal Coliforms (FC).

Also it was measured "in situ" to the following parameters: Temperature (T), Hidrogen Potential (pH), Electrical conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Dissolved Oxygen (DO), Oxidation-Reduction Potential (ORP) and Total Dissolved Solids (TDS).

A sampling grid was defined along the watercourse eighteen collecting points where previously georeferenced.

The methodology is based on the joint application of Principal Components Analysis and Cluster Analysis, and allows describing and classifying the relationships between measured variables and observations.

The classification for the quality of the water was developed by National Water Institute and allowed to conclude that the following parameters where out of an acceptable rage during the hydrological year of 2010: Fecal Coliforms (FC); biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), and Chemical Oxygen Demand (COD).

## Índice geral

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	OBJECTIVOS .....	2
3	PRINCIPAIS DISPOSIÇÕES LEGAIS DE ENQUADRAMENTO .....	3
4	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	5
4.1	Ciclo Hidrológico .....	5
4.2	Bacia Hidrográfica .....	7
4.3	Geologia .....	10
4.4	Morfologia do Terreno .....	12
4.5	Hidrografia .....	13
4.6	Clima.....	14
4.7	Ocupação do Solo .....	16
5	QUALIDADE DA ÁGUA .....	17
5.1	Controlo da Qualidade da Água .....	17
5.2	Monitorização da Qualidade da Água.....	18
5.3	Metodologia de Avaliação da Qualidade da Água .....	18
6	IDENTIFICAÇÃO DE FONTES POLUENTES .....	20
6.1	Sistema de Águas Residuais da vila de Alcains .....	20
6.2	Estação de Tratamento de Águas Residuais.....	21
6.3	Poluição de Origem Difusa .....	24
7	PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA .....	26
7.1	Seleção dos Locais de Amostragem.....	26
7.2	Parâmetros avaliados .....	31
7.2.1	Parâmetros Físico-Químicos .....	31
7.2.2	Parâmetros Biológicos e Bacteriológicos .....	34
7.3	Recolha de Amostras e Medições .....	37
7.3.1	Dados Obtidos para os diversos parâmetros .....	38
8	TRATAMENTO DE DADOS .....	40
8.1	Análise em Componentes Principais.....	42
8.2	Classificação Hierárquica Ascendente (Cluster Analysis) .....	43
9	RESULTADOS.....	44
9.1	Análise Estatística Descritiva - avaliação de valores anómalos.....	44
9.2	Análise em componentes principais (ACP) .....	55
9.3	Classificação Hierárquica Ascendente .....	60
10	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DOS PARÂMETROS AO LONGO DA RIBEIRA DA LÍRIA - APLICAÇÃO DO SOFTWARE O RESICAD.....	68
10.1	Temperatura.....	68
10.2	pH .....	69
10.3	Sólidos Suspensos Totais.....	70
10.4	Carência Química de Oxigénio .....	71
10.5	Carência Bioquímica de Oxigénio .....	72
10.6	Oxigénio Dissolvido .....	74

10.7	Coliformes fecais .....	75
10.8	Condutividade Elétrica .....	76
10.9	Azoto Total .....	77
10.10	Fósforo Total (P).....	78
11	CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	79
12	BIBLIOGRAFIA.....	81

## Índice de figuras

Figura 3.1- Delimitação da regiões hidrográficas (Fonte :INAG, 2005).....	5
Figura 4.1 - Ciclo Hidrológico (Fonte:climatescience.gov, 2003) .....	6
Figura 4.2 - Distribuição da precipitação- evaporação em Dezembro.2000 (Fonte: http://geography.uoregon.edu). .....	6
Figura 4.3 - Localização da Bacia em estudo na península Ibérica e na RH5 (Fonte:CADC, 2007; http://snirh.inag.pt/, 2011).....	7
Figura 4.4 - Bacias Hidrográficas em Portugal (Fonte:SNIRH, 2009).....	8
Figura 4.5 - Bacia Hidrográfica do Rio Tejo e seus afluentes (Fonte: PBH do Rio Tejo, 1999) .....	9
Figura 4.6 - Bacia Hidrográfica da Ribeira da Lória e seus afluentes .....	9
Figura 4.7 -Carta geológica de Portugal (Fonte: INETI, 2010) .....	10
Figura 4.8 -Carta geológica da Bacia hidráulica do Rio Tejo (Fonte: PBH do Rio Tejo, 1999) .....	11
Figura 4.9 - Carta Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011) .....	12
Figura 4.10 - Carta Hipsométrica da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Lória .....	12
Figura 4.11 - Rede Hidrográfica da Bacia da Ribeira da Lória e principais Sub-Bacias.....	13
Figura 4.12 - Precipitação média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011) .....	14
Figura 4.13 - Precipitação média anual na Bacia da Ribeira da Lória.....	14
Figura 4.14 - Evapotranspiração média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011) .....	15
Figura 4.15 - Evapotranspiração média anual na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Lória .....	15
Figura 4.16 - Ocupação do Uso do Solo na Bacia hidráulica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011) ....	16
Figura 4.17 - Ocupação do Uso do Solo na Bacia da Ribeira da Lória .....	16
Figura 6.1 - Localização da Estação de tratamento de Alcains (Fonte: Google earth).....	21
Figura 6.2 - Implantação da Estação de tratamento de Alcains (Fonte:Google earth).....	22
Figura 6.3 - limites das classes para avaliação do $I_{SE}$ e o $I_{SQ}$ (PBH Ribeiras do Algarve, 2000) .....	24
Figura 7.1 - Localização dos pontos de amostragem na ribeira da Lória (Bacia sobre carta militar 1:25000) .....	30
Figura 9.1 - Box Plot .....	44
Figura 9.2 - Boxplot para a Temperatura realizada nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	45
Figura 9.3 - BoxPlot para a Temperatura realizada nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7.....	45
Figura 9.4 - BoxPlot para a Temperatura realizada nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) com todos os pontos g) e sem os pontos 1,2, 3 e 7, h). .....	45
Figura 9.5 - Boxplot para o pH realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho).....	46
Figura 9.6 - BoxPlot para o pH realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	46
Figura 9.7 - BoxPlot para o pH realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) com todos os pontos g) e sem os pontos 1,2, 3 e 7, h). .....	46
Figura 9.8 - Boxplot para o SST realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho).....	47
Figura 9.9 - BoxPlot para o SST realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	47

Figura 9.10 - BoxPlot para o SST realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) com todos os pontos g) e sem os pontos 1,2, 3 e 7, h). .....	47
Figura 9.11 - Boxplot para o CQO realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	48
Figura 9.12 - BoxPlot para o CQO realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	48
Figura 9.13 - BoxPlot para o CQO realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) com todos os pontos g) e sem os pontos 1,2, 3 e 7, h). .....	48
Figura 9.14 - Boxplot para o CBO <sub>5</sub> realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	49
Figura 9.15 - BoxPlot para o CBO <sub>5</sub> realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	49
Figura 9.16 - BoxPlot para o CBO <sub>5</sub> realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) com todos os pontos g) e sem os pontos 1,2, 3 e 7, h). .....	49
Figura 9.17 - Boxplot para o Nt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	50
Figura 9.18 - BoxPlot para o Nt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	50
Figura 9.19 - BoxPlot para o Nt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) com todos os pontos g) e sem os pontos 1,2, 3 e 7, h). .....	50
Figura 9.20 - Boxplot para o Pt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	51
Figura 9.21 - BoxPlot para o Pt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	51
Figura 9.22 - BoxPlot para o Pt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) com todos os pontos g) e sem os pontos 1,2, 3 e 7, h). .....	51
Figura 9.23 - Boxplot para os coliformes realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	52
Figura 9.24 - BoxPlot para os coliformes realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	52
Figura 9.25 - BoxPlot para os coliformes realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	52
Figura 9.26 - Boxplot para o OD realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	53
Figura 9.27 - BoxPlot para o OD realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	53
Figura 9.28 - BoxPlot para o OD realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	53
Figura 9.29 - Boxplot para a $\mu$ s realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) .....	54
Figura 9.30 - BoxPlot para a $\mu$ s realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	54
Figura 9.31 - BoxPlot para a $\mu$ s realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho) sem os pontos 1,2, 3 e 7. ....	54
Figura 9.32 -Representação de todas a amostras no : a) Circulo de Correlação; b) diagrama de observações.....	56
Figura 9.33 -Representação das amostras realizadas na 1. <sup>a</sup> campanha : a) Circulo de Correlação; b) diagrama de observações .....	57

Figura 9.34 -Representação das amostras realizadas na 2. <sup>a</sup> campanha : a) Circulo de Correlação; b) diagrama de observações .....	58
Figura 9.35 -Representação das amostras realizadas na 3. <sup>a</sup> campanha : a) Circulo de Correlação; b) diagrama de observações .....	59
Figura 9.36 -Classificação Hierárquica ascendente para todas as amostras (Janeiro, Abril e Junho) .....	60
Figura 9.37 - Representação Gráfica de Classificação Hierárquica ascendente para todas as amostras (Janeiro, Abril e Junho) .....	61
Figura 9.38 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 1. <sup>o</sup> campanha (Janeiro)....	62
Figura 9.39 - Representação Gráfica de Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 1. <sup>o</sup> campanha (Janeiro).....	63
Figura 9.40 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 2. <sup>o</sup> campanha (Abril) .....	64
Figura 9.41 - Representação Gráfica de Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 2. <sup>o</sup> campanha (Abril) .....	65
Figura 9.42 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 3. <sup>o</sup> campanha (Junho).....	66
Figura 9.43 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 3. <sup>o</sup> campanha (Junho).....	67
Figura 10.1 - Perfil de variação da Temperatura ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010 Abril 2011 e Junho de 2011 .....	68
Figura 10.2 - Perfil de variação dos valores de pH ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010 Abril 2011 e Junho de 2011 .....	69
Figura 10.3 - Perfil de variação dos valores de SST ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	71
Figura 10.4 - Perfil de variação dos valores de CQO ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	72
Figura 10.5 - Perfil de variação dos valores de CBO <sub>5</sub> ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	73
Figura 10.6 - Perfil de variação dos valores de OD ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	74
Figura 10.7 - Perfil de variação dos valores de coliformes fecais ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	76
Figura 10.8 - Perfil de variação dos valores de condutividade ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	77
Figura 10.9 - Perfil de variação dos valores de Azoto total ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	78
Figura 10.10 - Perfil de variação dos valores de Fósforo Total ao longo da ribeira da Lória em Janeiro de 2010, Abril 2011 e Junho de 2011.....	78

## Índice de tabelas

Tabela 5.1 - Classes de classificação da Qualidade da Água (Fonte: INAG,1998) .....	19
Tabela 5.2 - Tabela de Classificação por Parâmetro (Fonte: INAG, 1998).....	20
Tabela 6.1 - Valores registados para CBO <sub>5</sub> , CQO, SST, Nt e Pt na ETAR de Alcains .....	22
Tabela 6.2 - Componentes para a construção do sub-índice de qualidade do efluente final (PBH Ribeiras do Algarve, 2000) .....	23
Tabela 6.3 - Componentes para a construção do sub-índice de eficiência global de tratamento (PBH Ribeiras do Algarve, 2000) .....	24
Tabela 6.4 - Carga poluente difusa estimada na bacia Hidrográfica do Rio Tejo (PHB do Rio Tejo, 1999) .....	25
Tabela 7.1 - Cálculo de caudais para primeira campanha (Janeiro de 2010) .....	36
Tabela 7.2 - Cálculo de caudais para segunda campanha (Abril de 2010).....	36
Tabela 7.3 - Cálculo de caudais para terceira campanha (Junho de 2010) .....	36
Tabela 7.4 - Hora das colheitas de amostras para as três campanhas de amostragem .....	38
Tabela 7.5 - Tabela de Observações .....	39
Tabela 8.1 - Valores de cálculo para a globalidade das amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão) .....	40
Tabela 8.2 - Valores de cálculo para a 1. <sup>a</sup> campanha de amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão) .....	40
Tabela 8.3 - Valores de cálculo para a 2. <sup>a</sup> campanha de amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão) .....	41
Tabela 8.4 - Valores de cálculo para a 3. <sup>a</sup> campanha de amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão) .....	41

# 1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais e, em particular, os recursos hídricos têm sido ao logo dos tempos submetidos e expostos a agressões provocadas pelos processos de industrialização, quer a nível da agricultura, quer ao nível da indústria ou mesmo na sequência da adoção de sistemas de drenagem de águas residuais em que as linhas de água constituem o veículo mais próximo e apropriado para encaminhar resíduos para “longe”, (Tietenberg, T 2006). Estas práticas, ao longo dos anos, conduzem a rotura da capacidade de regeneração de alguns cursos de água, ainda que atualmente se proceda a diversos tratamentos antes do lançamento de águas residuais no meio ambiente.

Actualmente, a legislação tem uma preocupação com a proteção dos recursos naturais, sendo a diretiva quadro da água, um instrumento legal que nos indica que os recursos hídricos devem ser protegidos e que se deve garantir a sua preservação. Promover a sua utilização sustentável é fundamental e, para tal, devem desenvolver-se ações que asseguram o bom estado das águas e que promovam a melhoria da qualidade de forma a cumprir valores ambientais e patrimoniais intrínsecos dos recursos hídricos.

O conhecimento sobre o estado de qualidade das águas superficiais e subterrâneas assume uma importância fundamental no cumprimento dos princípios orientadores da política nacional e comunitária sobre recursos hídricos (Chapra, 1997).

A atuação ao nível da unidade básica do ciclo hidrológico, a bacia hidrográfica, constitui o principal mecanismo de atuação ao nível local que pode dar frutos de âmbito mais global. Assim sendo, o estudo que se apresenta pretende determinar o estado de qualidade da água de alguns afluentes do rio Ocreza e a influência das descargas das estações de tratamento de água residuais nesses afluentes. Este estudo centra-se num troço do afluente do rio Ocreza que tem início na vila de Alcains e se desenvolve até à periferia da cidade de Castelo Branco. Recebendo este troço a água tratada proveniente da ETAR de Alcains e das ETAR de Castelo Branco.

Pretende-se, com este estudo, fazer a caracterização da bacia do curso de água, e mediante a apresentação de conclusões alertar para a necessidade de proteção da sua bacia hidrográfica.

Pretende-se, ainda, dar a conhecer as principais causas de degradação da qualidade da água, e qual a sua relação com os tipos de utilização e descarga que se efetuam neste curso de água.

As campanhas realizadas decorreram em três períodos distintos sendo de referenciar que a primeira campanha coincidiu com um período de alta pluviosidade, sendo realizada em Janeiro de 2010, o segundo período da campanha realizou-se no mês de Abril, um mês temperado, e a terceira campanha foi realizada em Junho, correspondente a um período de baixa pluviosidade.

## 2 OBJECTIVOS

Este estudo desenvolveu-se com o objetivo principal de caracterizar o impacto das descargas da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Alcains na ribeira da Lória. Para alcançar este objetivo decorreram diversas etapas tendo-se definido diversos objetivos específicos de modo a permitir alcançar o objetivo principal do estudo.

Para a avaliação prévia da linha de água, utilizou-se a respetiva carta militar na escala 1:2500, analisaram-se diversos fatores e características da bacia hidrográfica, sendo que os mesmos permitem reconhecer as características geológicas e morfológicas do terreno, hidrografia, clima, ocupação do solo e tipo de orografia, vegetação e o desenvolvimento do curso de água.

O levantamento das principais características do curso de água, permitiu definir uma malha georreferenciada e aproximadamente equidistante, com o intuito de permitir uma amostragem bem distribuída, ao longo de todo o curso da linha de água, e permitindo a avaliação de diversos parâmetros. Para concretização da amostragem foram definidas três campanhas de recolha, com a posterior análise das variáveis previamente estabelecidas. Definiu-se que as campanhas seriam realizadas no mês de Janeiro, Abril e Junho, para permitir uma amostragem característica de todo o ano hidrológico, sendo Janeiro representativo de um mês húmido, Abril de um mês temperado e Junho de um mês seco.

Os parâmetros físico-químicos, avaliados laboratorialmente e medidos no local, mediante o recurso a uma sonda multipâmetros portátil, modelo HI 9828 da HANNA INSTRUMENTS, foram os seguintes: temperatura da água (T), sólidos suspensos totais (SST), condutividade eléctrica (C), potencial hidrogeniónico (pH), oxigénio dissolvido (OD), carência bioquímica de oxigénio aos 5 dias (CBO<sub>5</sub>), carência química de oxigénio (CQO), potencial de oxidação-redução (ORP), fósforo total (Ptotal), azoto total (Ntotal), sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade, bem como, alguns parâmetros bacteriológicos, como os coliformes fecais.

No presente estudo utilizaram-se metodologias da estatística descritiva e multivariada com o objetivo de, avaliar a presença de possíveis outliers, descrever as relações entre as variáveis analisadas e entre estas e os indivíduos (pontos de recolha) e a classificação de grupos de variáveis e observações, respectivamente. Numa segunda fase, foram construídos diagramas de representação espacial adaptando o programa RESICAD - software utilizado para o cálculo de redes de esgotos - para a representação espacial estimada, ao longo da ribeira da Lória, para os diversos parâmetros estudados. A classificação da qualidade adotada foi a desenvolvida pelo INAG.

O estudo será apresentado à empresa Águas do Centro, como futura ferramenta de apoio ao planeamento do funcionamento da ETAR de Alcains.

### 3 PRINCIPAIS DISPOSIÇÕES LEGAIS DE ENQUADRAMENTO

Os recursos hídricos são objeto de diversas publicações normativas comunitárias e nacionais, sendo que o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, estabelece 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. Este revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de Março. Este Decreto dispõe para o direito interno, as diretivas comunitárias relativas à qualidade da água e à proteção das águas superficiais e subterrâneas contra a poluição, provocada por certas substâncias perigosas.

Quanto aos limites de descargas de águas residuais urbanas, o Decreto-Lei n.º 236/98, remete para o Decreto-Lei 152/97, de 19 de Junho, os valores limites de emissão (VLE) e as condições de descarga a fixar, apenas ressalvando as condições de descarga de substâncias perigosas em coletores.

Com a entrada em vigor da Diretiva Quadro da Água (DQA) (União Europeia, 2000), em Dezembro de 2000, tornou-se necessário a revisão de parte importante da legislação portuguesa existente para o sector da água, no sentido de contemplar os novos paradigmas de gestão da água consagrados na DQA. Esta revisão foi iniciada com a aprovação da Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro) e da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro), em Sessão Plenária da Assembleia da República, de 29 de Setembro de 2005.

São objectivos-chave da DQA:

- Proteger todo o tipo de águas - rios, lagos, águas costeiras e águas subterrâneas;
- Estabelecer objetivos ambiciosos para alcançar o “bom estado” de todas as águas até 2015;
- Criar um sistema de gestão das bacias hidrográficas, reconhecendo que os sistemas hídricos vão para além das fronteiras políticas;
- Apresentar um sistema combinado de controlo da poluição, estabelecendo ao mesmo tempo valores limite de emissão e objetivos de qualidade da água;
- Garantir a participação ativa de todos os interessados, incluindo as ONG's e as comunidades locais, nas atividades de gestão dos recursos hídricos.

Tendo em conta os objetivos ambiciosos a que a DQA se propõe, esta estabelece prazos para a sua inteira implementação, assim:

2003 - Transposição da DQA para a legislação nacional e regional de cada Estado-Membro e identificação por parte de cada Estado-Membro das Regiões Hidrográficas.

2004 - Análise das pressões e dos impactos a que as águas estão expostas, incluindo uma análise económica, por parte de cada Estado-Membro.

2006 - Os programas de monitorização, enquanto base para a gestão das águas, deverão estar operacionais e passíveis de fornecer informações acerca de: caudais e nível das águas superficiais; qualidade ecológica e química das águas superficiais e quantidade e qualidade das águas subterrâneas. Intercalibração das condições de referência, critérios de qualidade e standardização de métodos de recolha e análises.

2008 - Apresentação pública dos Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas.

2009- Publicação dos primeiros Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas.

2012 - Os programas de medidas para o controlo da poluição nas regiões hidrográficas deverão estar operacionais.

2015 - Os objetivos ambientais previstos na DQA deverão ser atingidos, ou seja, as águas deverão estar em “bom estado”.

No que diz respeito às águas de superfície, os objetivos ambientais estabelecidos na DQA consistem na prevenção da deterioração do estado das águas e na obtenção do “bom estado” para todos os meios hídricos de superfície, com exceção dos meios hídricos artificiais ou fortemente modificados. O “bom estado” exige que sejam alcançados o “bom estado químico” e o “bom estado ecológico”. No caso dos meios hídricos artificiais ou fortemente modificados, o objetivo de “bom estado ecológico” é substituído pelo de “bom potencial ecológico”, mantendo-se, no entanto, o objetivo de “bom estado químico”.

Relativamente ao seu enquadramento institucional, a Lei da Água procede à definição do princípio da Região Hidrográfica (RH) como unidade principal de planeamento e gestão, podendo englobar uma ou mais bacias hidrográficas. Deste modo, no quadro da especificidade das bacias hidrográficas, dos sistemas aquíferos nacionais e das bacias partilhadas com Espanha e ainda das características próprias das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, são criadas as regiões hidrográficas tal como se pode observar na figura 3.1.

O Instituto da Água (INAG) assume as funções de regulação e coordenação, enquanto que a Autoridade Nacional da Água e as Administrações das Regiões Hidrográficas (ARH) “herdam” as atuais competências das Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) em matéria de licenciamento e fiscalização de recursos hídricos, passando igualmente a assegurar as funções de planeamento.

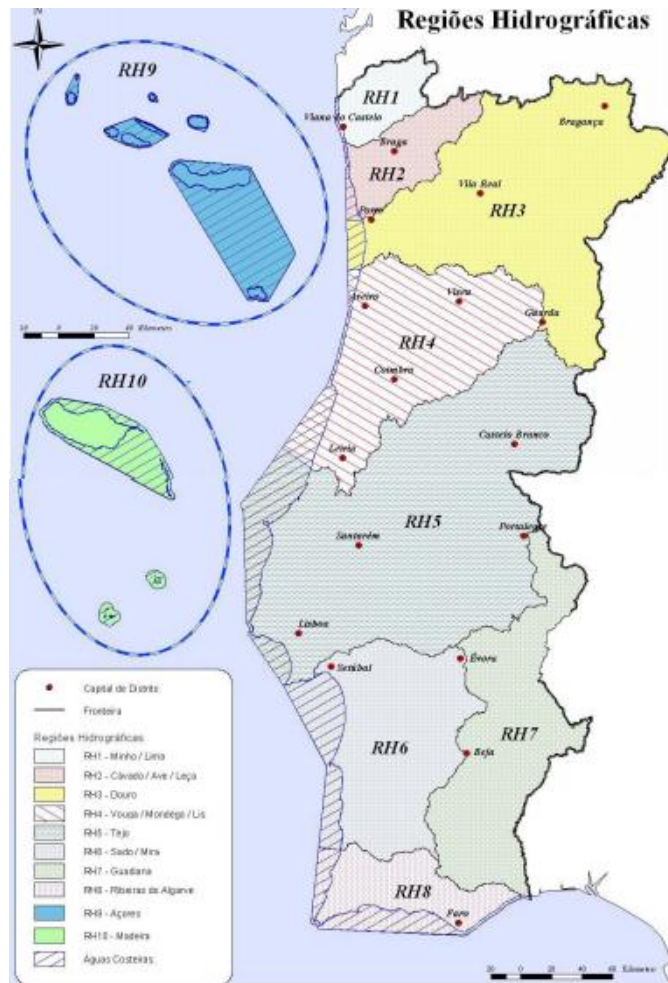


Figura 3.1- Delimitação das regiões hidrográficas (Fonte: INAG, 2005)

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

### 4.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico (Figura 4.1), decorre permanentemente entre a atmosfera e os oceanos e continentes, sendo representado pela circulação da água nas suas três fases, Leonardo da Vinci e Bernard Pallissy contribuíram significativamente para o conceito do ciclo hidrológico tal como hoje o conhecemos.

Diz-se que o ciclo hidrológico é um agente modelador da crosta terrestre devido à erosão e ao transporte e à deposição de sedimentos por via hidráulica. Condiciona a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, a vida na terra (Quintela, 1995).

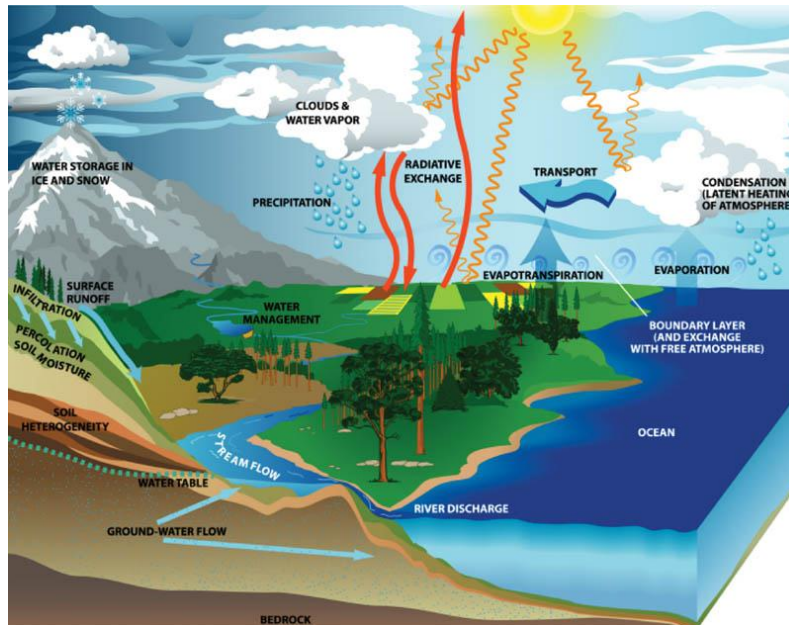


Figura 4.1 - Ciclo Hidrológico (Fonte:climatescience.gov, 2003)

A transferência de água da superfície terrestre para a atmosfera, sob a forma de vapor dá-se o nome de evaporação direta e ocorre por transpiração das plantas e dos animais e, ainda, por sublimação.

A quantidade de água mobilizada por sublimação no ciclo hidrológico é insignificante perante a que é envolvida na evaporação e na transpiração, cujo processo conjunto se designa evapotranspiração (Quintela, 1995).

A precipitação (Figura 4.2), pode ocorrer na fase líquida ou sólida, a água que precipita nos continentes pode seguir vários destinos, podendo ser devolvida diretamente à atmosfera, ou originar escoamento superficial, que se concentra em zonas de vales e dá origem aos cursos de água. Uma parte desta água infiltra-se e pode alimentar aquíferos ou originar o escoamento subterrâneo. Também este escoamento subterrâneo, pode alimentar os cursos de água, lagos, mares e oceanos.

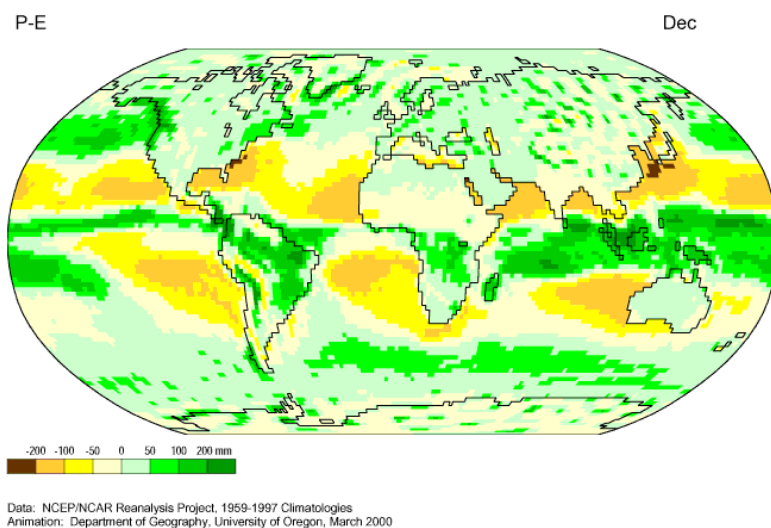


Figura 4.2 - Distribuição da precipitação-evaporação em Dezembro.2000 (Fonte: <http://geography.uoregon.edu>).

Pode dizer que o ciclo hidrológico é constituído por dois ramos, o ramo atmosférico e o ramo terrestre (Peixoto e Kettani, 1973).

## 4.2 Bacia Hidrográfica

Chama-se bacia hidrográfica de um curso de água, numa dada secção, a superfície limitada pelo contorno, no interior da qual a água precipitada se dirige para a secção considerada e designada como secção de referência.

A bacia hidrográfica do curso de água em estudo - ribeira da Líria - localizada na região hidrográfica da bacia do rio Tejo como é possível concluir pela análise das Figuras 4.3 a 4.5. A ribeira da Líria é um dos afluentes do rio Ocreza. O troço em estudo apresenta um comprimento total de aproximadamente 25 km de extensão, nasce nas imediações da vila de Alcains, que se localiza no concelho de Castelo Branco e apresenta declive suave ao longo do seu curso, sendo mais acentuado nos últimos 6 km. As zonas que atravessa são áreas predominantemente agrícolas e florestais e os seus afluentes são de pequena dimensão.

Durante o período mais seco, verifica-se que a água da ribeira da Líria é utilizada para irrigação dos campos marginais, originando uma diminuição da quantidade e da qualidade de água disponível.

A bacia hidrográfica em estudo, possui uma forma alongada e desenvolve-se de NE para SW, possuindo uma área aproximada de 81 km<sup>2</sup>.

A ribeira da Líria, está inserida, como referido, na bacia hidrográfica do rio Tejo - RH5 que é a maior em território nacional (Figura 4.4). Da sua área total de 81000 km<sup>2</sup>, apenas 25000 km<sup>2</sup> se localizam no território nacional.

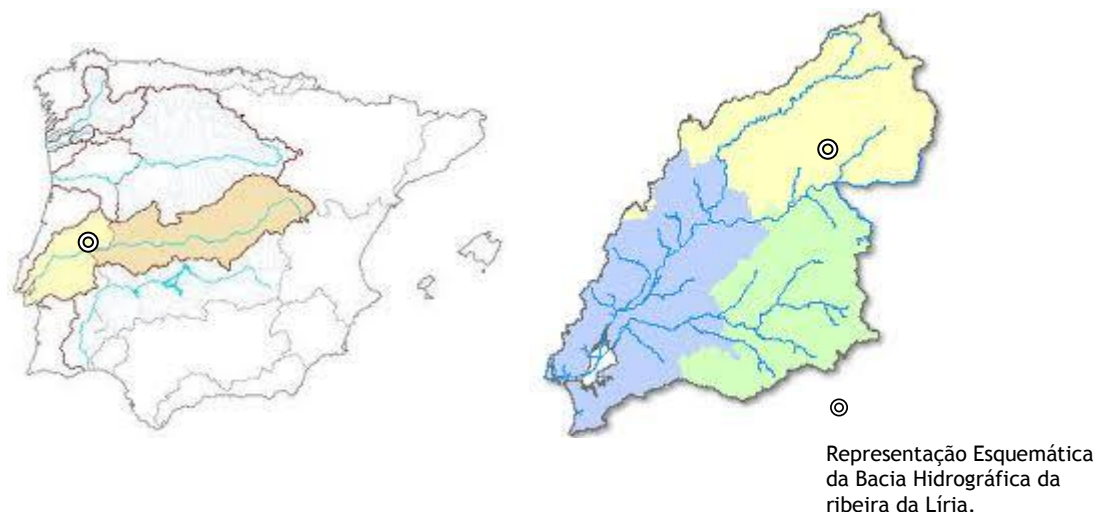


Figura 4.3 - Localização da Bacia Hidrográfica em estudo na península Ibérica e na RH5 (Fonte: CADC, 2007; <http://snirh.inag.pt/>, 2011)

Quanto à bacia do rio Tejo esta, localiza-se, em termos gerais, entre os paralelos 38° e 41° N, cortando longitudinalmente a Península Ibérica. A orientação dominante de este para oeste é fixada pela inclinação da Meseta Ibérica, pela disposição de um dos grandes sistemas orográficos

da Península - a Cordilheira central - e pelos Montes de Toledo e seus prolongamentos para ocidente (PBH do Rio Tejo, 1999).

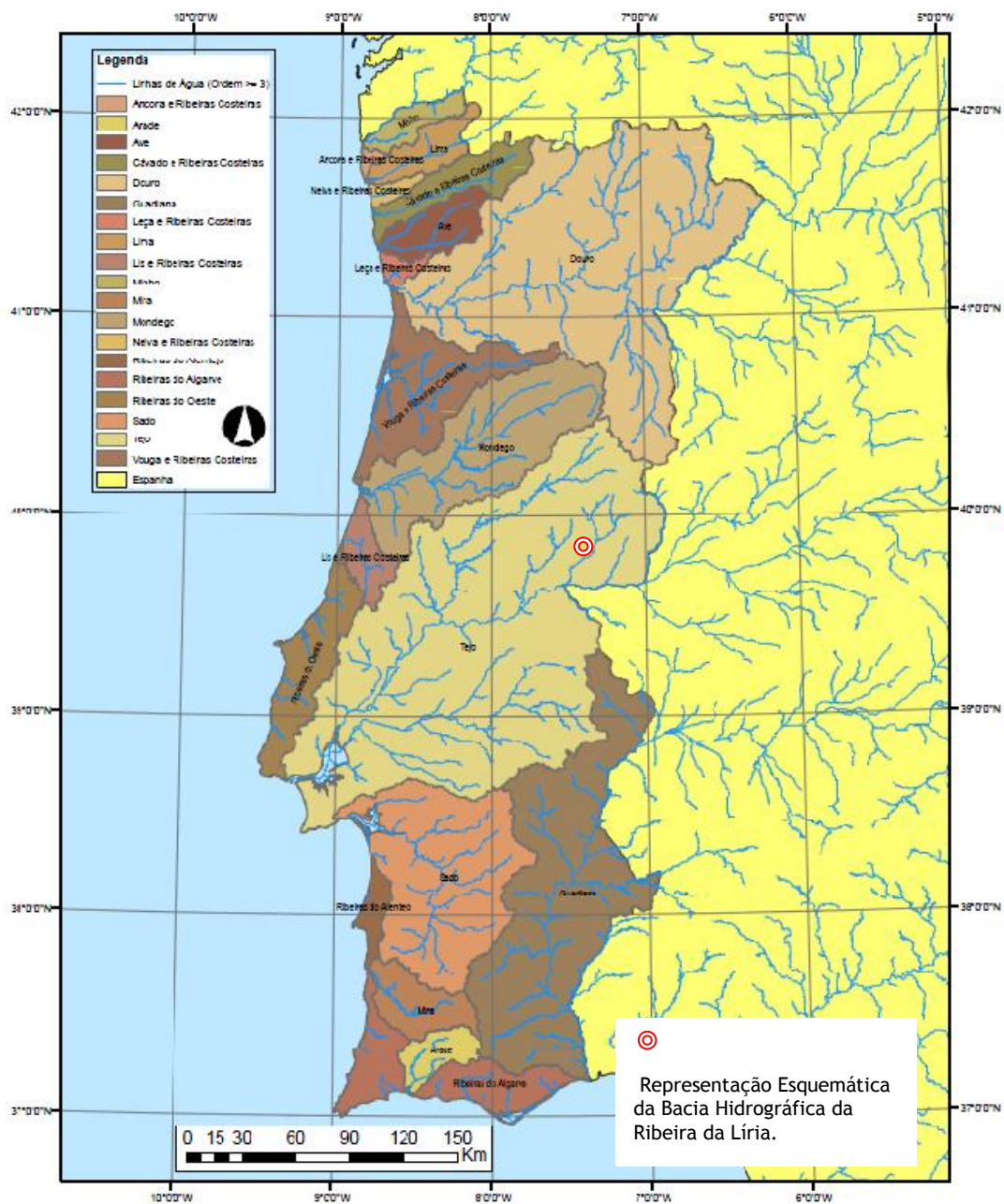


Figura 4.4 - Bacias Hidrográficas em Portugal (Fonte: SNIRH, 2009)



### 4.3 Geologia

A bacia hidrográfica da ribeira da Lória é localizada numa zona dominada por formações graníticas, atravessando uma zona de transição com formações xistosas, onde uma pequena parte da bacia se desenvolve como se pode observar na carta geológica de Portugal (Figura 4.7). Pode dizer-se que a bacia hidrográfica da ribeira da Lória, se localiza em estratos bastante permeáveis devido à intensa fracturação observada nas formações geológicas onde está implantada.

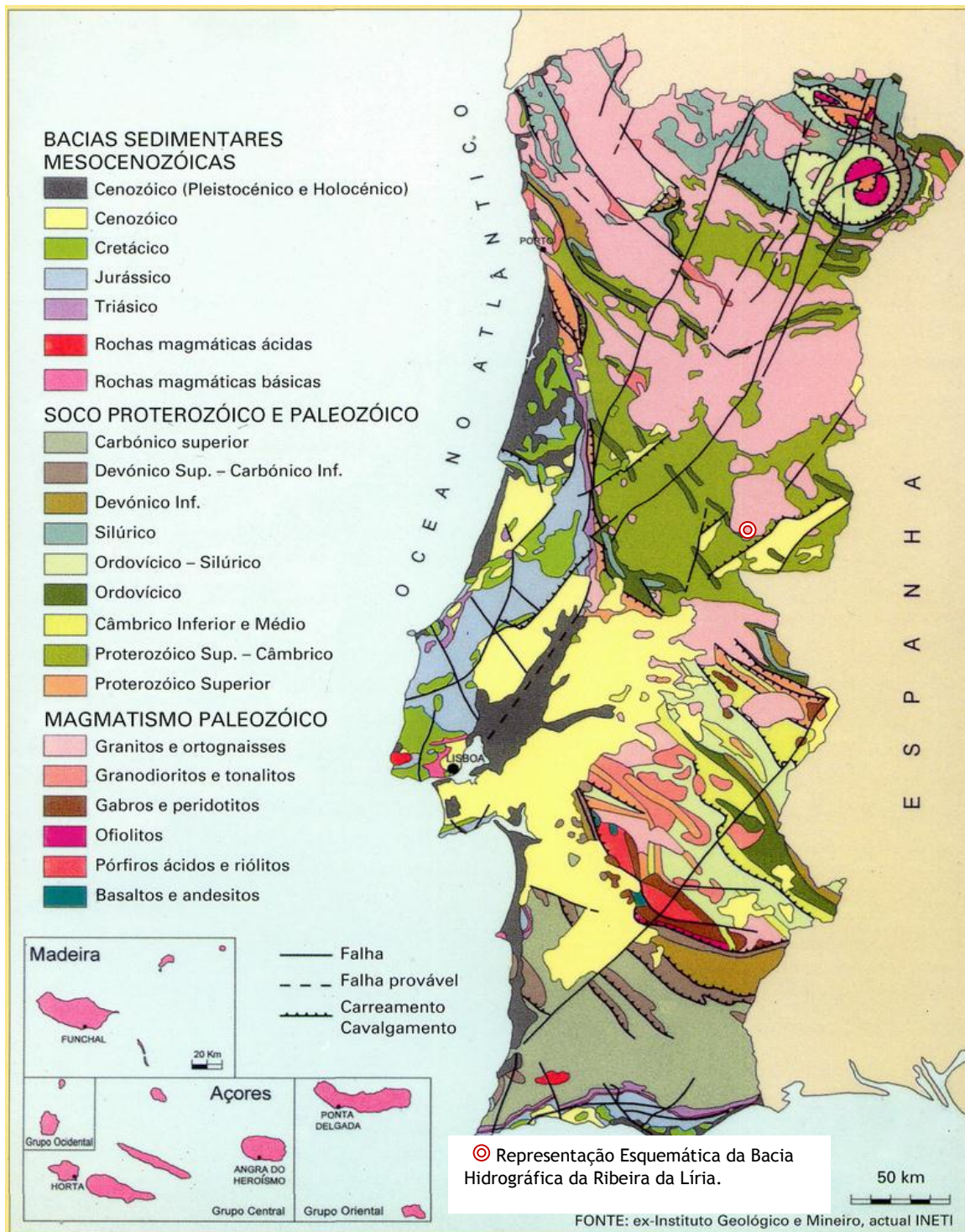


Figura 4.7 -Carta geológica de Portugal (Fonte: INETI, 2010)

A carta geológica da bacia hidrográfica do rio Tejo (Figura 4.8), permite visualizar a distribuição espacial das litologias predominantes, bem como, da respetiva macro fracturação. A macro fracturação, por sua vez, não é significativa na zona da bacia hidrográfica da ribeira da Lória (PBH do rio Tejo, 1999).

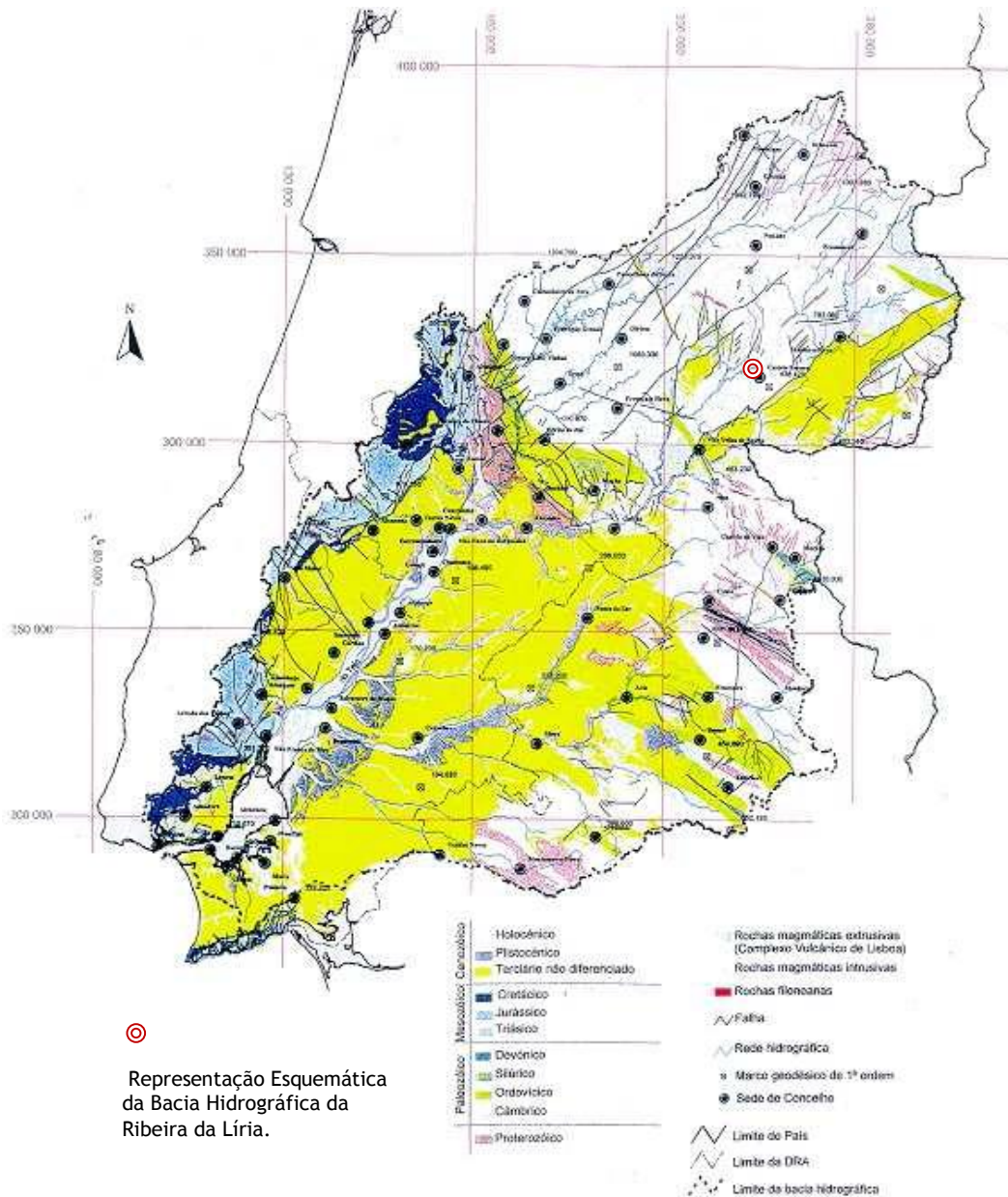


Figura 4.8 -Carta geológica da Bacia hidráulica do Rio Tejo (Fonte: PBH do Rio Tejo, 1999)

#### 4.4 Morfologia do Terreno

Relativamente à morfologia do terreno, a área em estudo encontra-se numa zona pouco acidentada, tal como se pode observar na Figura 4.10, que enquadra a bacia da ribeira da Líria na bacia hidrográfica do Tejo (Figura 4.9), sendo possível concluir, que se desenvolve num patamar de cota altimétrica bastante uniforme, sendo as cotas mais altas de 480m e as mais baixas perto de 272m. Somente na zona final da bacia hidrográfica, se assinala um declive médio mais acentuado (Figura 4.10).

O modelo digital do terreno, foi desenvolvido recorrendo a uma plataforma de Sistemas de Informação Geográfica, tendo como base a altimetria do terreno e dados disponíveis no Instituto Geográfico Português.

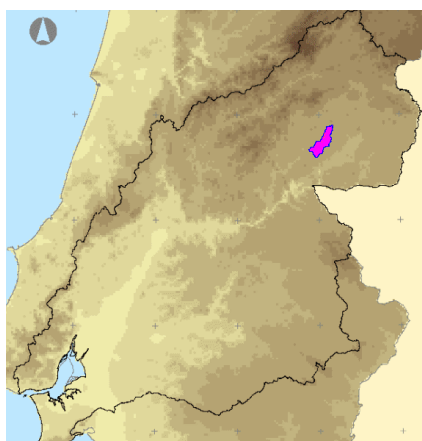


Figura 4.9 - Carta Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011)

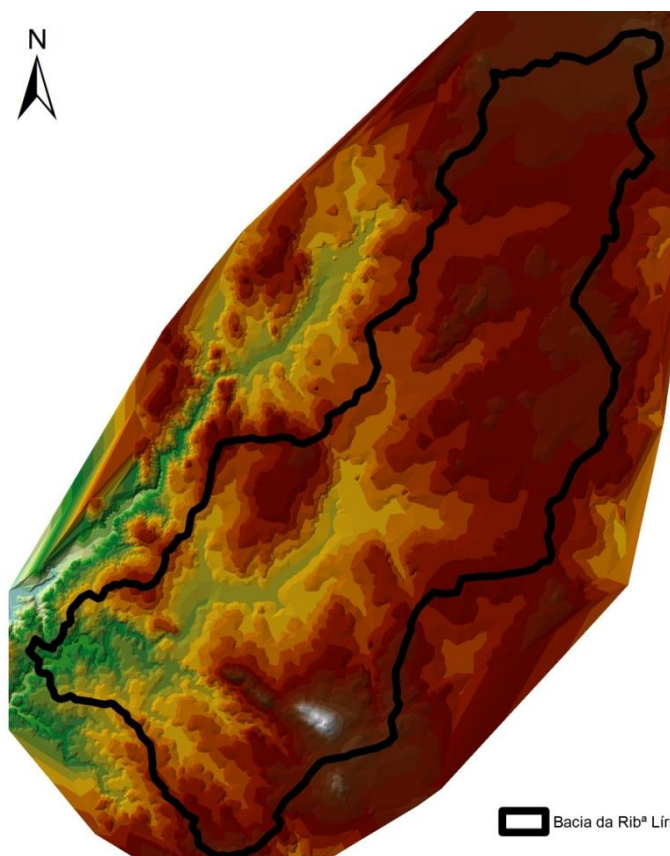
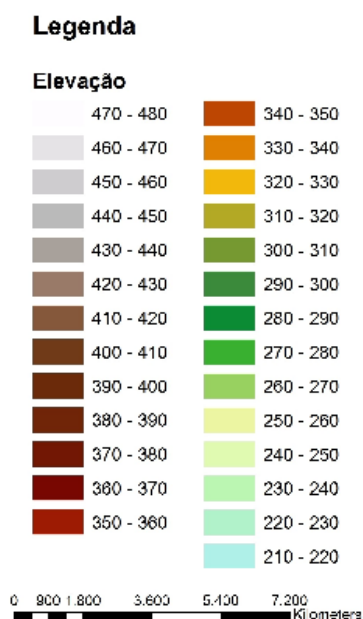


Figura 4.10 - Carta Hipsométrica da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Líria

## 4.5 Hidrografia

A ribeira da Lória caracteriza-se por uma rede hidrográfica bastante densa, constituída por ramificações de várias ordens, não tendo por isso uma grande expressividade nem um caudal significativo. Pode dizer-se que parte destes cursos de água, permanece grande parte do ano praticamente seco. Verifica-se ainda, que nos meses secos até o curso de água principal fica seco, dadas as características desta bacia hidrográfica que apenas permite a observância de caudais significativos nas épocas de chuva.

Os recursos hídricos afluentes são, essencialmente, de origem superficial, sendo de assinalar a construção de represas pontuais, nos tributários, de forma a garantir água nas épocas mais secas.

A bacia da ribeira da Lória apresenta uma rede hidrográfica densa e drenada através de várias sub-bacias, como representado na Figura 4.11.

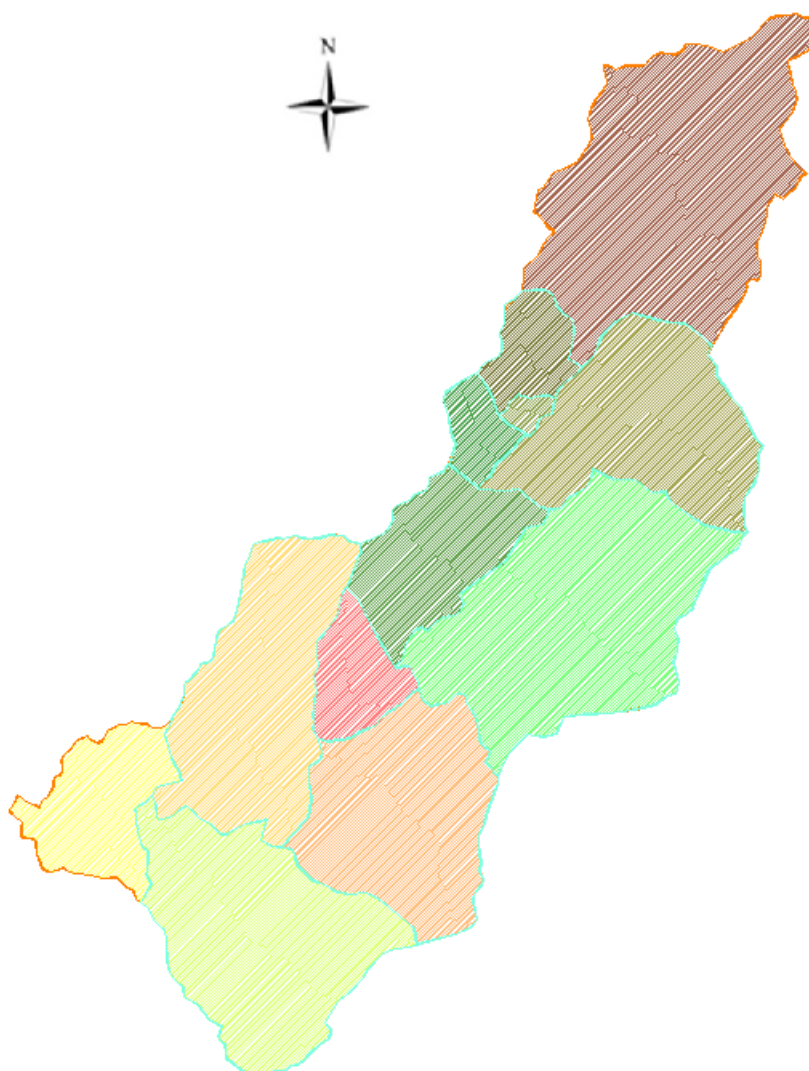


Figura 4.11 - Rede Hidrográfica da Bacia da Ribeira da Lória e principais Sub-Bacias

## 4.6 Clima

O vale do Tejo marca em Portugal a transição entre o Sul, quente e seco, e o Norte, temperado e húmido (Figura 4.12). Com efeito, a latitude e o relevo conjugam-se para criar uma acentuada dissimetria na bacia hidrográfica, com a zona norte (bacias hidrográficas do Zêzere e do Ocreza) a apresentar clima húmido a super-húmido, enquanto que a sul do Tejo, o clima é geralmente do tipo sub-húmido a húmido. No entanto, o efeito da barreira da serra da Estrela influi fortemente no clima a sotavento, de modo que na bacia do rio Ponsul, na margem direita do rio Tejo, junto à fronteira, se observam núcleos de clima sub-húmido a húmido, com baixas precipitações e escoamentos muito reduzidos (PBH do Rio Tejo, 1999).

Os fatores climáticos influenciam diretamente os processos de escoamento de uma bacia hidrográfica. Os que representam maior importância são a intensidade e duração da precipitação e a evapotranspiração (Lencastre e Franco, 1992).

A bacia hidrográfica da ribeira da Liria encontra-se numa região que em termos climáticos gerais, se caracteriza por um clima mediterrânico, com influências continentais, com temperaturas médias entre os 12.5 °C e os 16 °C. No entanto, os verões são bastante quentes e secos, com temperaturas a ultrapassar os 30 °C e os invernos, além de chuvosos, são muito frios, registando-se uma elevada amplitude térmica anual. A precipitação varia entre os valores de 700 a 800mm médios anuais, como valores mais baixos, e os valores mais elevados variam entre 1200 a 1400 mm médios anuais; sendo a gradação de valores ao longo da linha principal e no enquadramento da bacia de NE para SE (Figura 4.13).

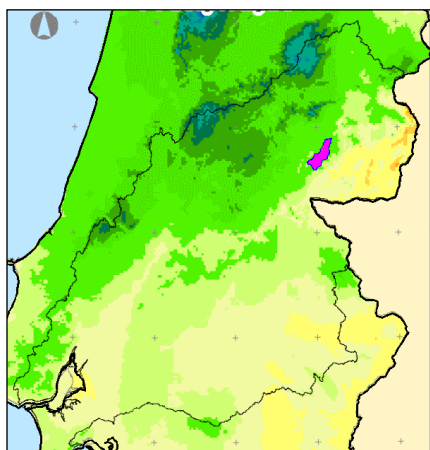
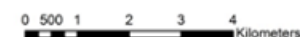


Figura 4.12 - Precipitação média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011)



**Legenda**

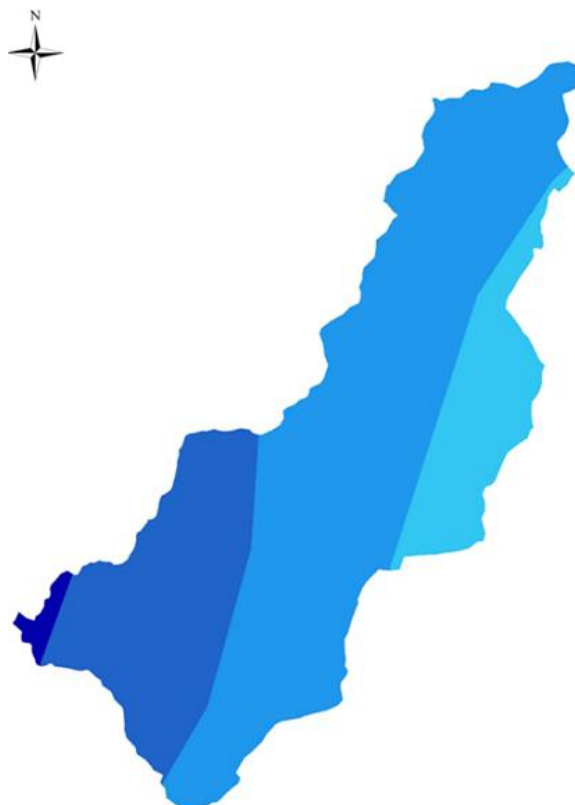


Figura 4.13 - Precipitação média anual na Bacia da Ribeira da Liria

Relativamente à evapotranspiração, este é um fenómeno que compreende a evaporação e a transpiração. Os valores registados nesta bacia hidrográfica são entre 500 e 600mm (Figura 4.14 e 4.15).

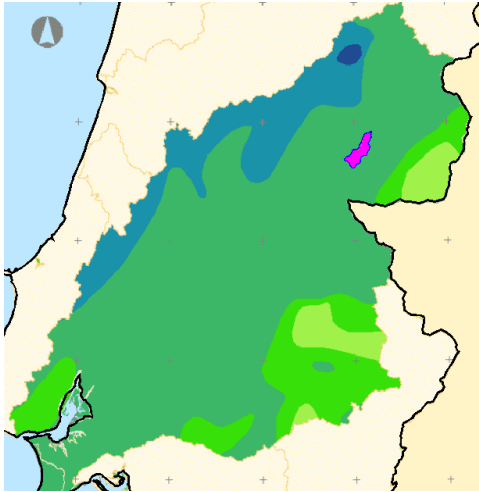


Figura 4.14 - Evapotranspiração média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011)

**Legenda**

Entre 500mm a 600mm

0 500 1 2 3 4 Kilometers



Figura 4.15 - Evapotranspiração média anual na Bacia Hidrográfica da Ribeira da Lória

## 4.7 Ocupação do Solo

O uso do solo na bacia hidrográfica da ribeira da Lória está, na sua grande maioria, afeto a solo florestal e meios semi-naturais, vegetação arbustiva e herbácea e culturas permanentes. Existe, também, uma área agrícola considerável, mas em abandono progressivo (Figura 4.16 e 4.17)

A ocupação florestal, na qual predomina o pinheiro-bravo e o eucalipto, desenvolve-se por uma extensa área da bacia hidrográfica (PBH do Rio Tejo, 1999).

A ocupação urbana pode considerar-se baixas dadas as características gerais da bacia hidrográfica.

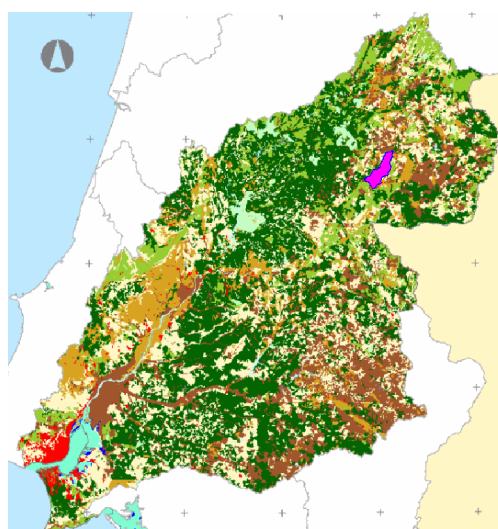


Figura 4.16 - Ocupação do Uso do Solo na Bacia hidráulica do Rio Tejo (Fonte: SNIRH, 2011)

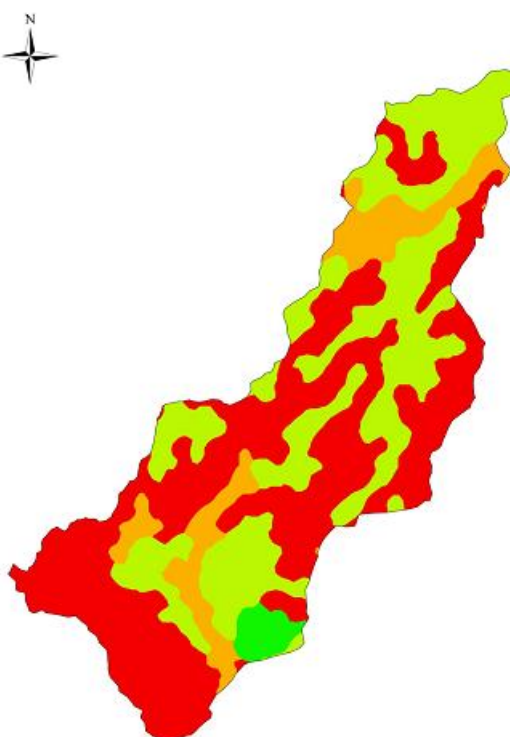
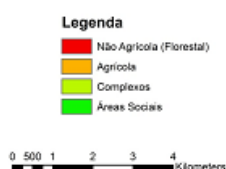


Figura 4.17 - Ocupação do Uso do Solo na Bacia da Ribeira da Lória

A informação apresentada foi desenvolvida com o apoio a ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica e de acordo com informação disponibilizada no site do Snirh.

## 5 QUALIDADE DA ÁGUA

A água é um recurso essencial à vida. Deste modo a sua qualidade deve ser assegurada de forma a não colocar em risco os ecossistemas e o Homem. A rede de monitorização da qualidade de água deve analisar e acompanhar a evolução dos valores dos diversos parâmetros de controlo, assegurando o seu fornecimento para múltiplos usos, de acordo com as definições normativas (Diretiva nº2000/60/CE).

Um elemento fundamental para a avaliação dos recursos hídricos, do ponto de vista qualitativo, passa necessariamente pelo conhecimento das cargas poluentes que são geradas nas bacias hidrográficas, e que traduzem as pressões que se exercem sobre as massas de água em resultado das diferentes atividades socioeconómicas que existem no território. A par das condições naturais existentes nas bacias hidrográficas, são estas pressões que determinam o estado da qualidade das massas de água, e do conseqüente impacto que esse estado pode causar, como por exemplo na saúde pública ou nos ecossistemas (Plano Nacional da Água, 2004).

### 5.1 Controlo da Qualidade da Água

O Controlo da qualidade da água é entendido como o conjunto de ações que visam a caracterização, produção e manutenção da qualidade da água, assumindo cada uma das seguintes formas (Barros et al., 1995);

**Controlo:** conjunto regular de ações levados a cabo pela entidade responsável pela exploração de recursos hídricos, com vista à manutenção permanente da sua qualidade.

**Fiscalização:** conjunto periódico de ações levadas a efeito pelas entidades gestoras dos recursos hídricos, com o objetivo de defender a saúde pública e proteger o ambiente.

**Vigilância Sanitária:** Conjunto de acção de fiscalização realizadas pelos serviços de saúde, nomeadamente no âmbito da exploração técnica dos sistemas de abastecimento de água, para consumo humano.

**Inspeção:** conjunto de ações da responsabilidade da Direção Geral do ambiente (DGA), com vista ao cumprimento, a nível nacional, das normas de qualidade da água.

Utilizam-se, hoje em dia, um conjunto de instrumentos regulamentares como as normas de emissão, licenças, autorizações de descarga e objetivos de qualidade para os meios hídricos recetores.

As principais causas de poluição das águas superficiais são: fontes de poluição de origem urbana, industrial ou agrícola; fenómenos de erosão; transporte e deposição e arrastamento por escorrência superficial.

As descargas de efluentes em águas superficiais devem satisfazer determinadas exigências, independentemente da qualidade da massa de água.

Deve-se atender à auto-depuração dos meios hídricos antes da introdução de substâncias, energia, materiais ou de organismos em massas de água, pois poder ter efeito diversificado sobre os mesmos, função da qualidade e das características do material introduzido, características do meio recetor (características físico-químicas e biológicas, regime hidrodinâmico, perfil profundidade, caudal, médio, etc.) e sua capacidade para reagir à entrada desse material. As

massas de água têm, por natureza, propriedades intrínsecas que lhe permitem lidar com a entrada de materiais no seu meio e, em alguns casos, manter ou voltar a ter as suas características iniciais. A auto-depuração é o processo através do qual a matéria orgânica, presente num meio hídrico, é decomposta biologicamente (por microrganismos presentes na água), originando produtos finais estáveis (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, fosfatos e nitratos).

## 5.2 Monitorização da Qualidade da Água

A Lei nº58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), e o Decreto-Lei nº77/2006, de 30 de março, que transpõem para a ordem jurídica nacional a Diretiva nº2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho (Diretiva-Quadro da Água), estabelecem a necessidade de definir uma monitorização de vigilância e uma monitorização operacional para a avaliação do estado das massas de água das diferentes categorias de massas de água subterrâneas e superficiais (rios, albufeiras, águas costeiras e águas de transição), assim como, quando considerada necessária, a definição de uma monitorização de investigação.

A Monitorização de Vigilância tem como objetivo completar e validar a análise de risco efetuada no âmbito do art.º 5 da Diretiva-Quadro da Água, avaliar as alterações a longo prazo das condições naturais e das atividades antropogénicas, abrangendo massas de água em dúvida e não em risco, assim como fornecer informação para a definição das outras redes de monitorização.

A Monitorização Operacional visa determinar o estado de massas de água identificadas como estando em risco de não atingir os seus objetivos ambientais ou onde são descarregadas substâncias prioritárias em quantidades significativas.

A Monitorização de Investigação é efetuada quando se desconhece o motivo pelos quais a massa de água não atinge os objetivos ambientais e/ou quando se pretende avaliar os efeitos da poluição accidental.

## 5.3 Metodologia de Avaliação da Qualidade da Água

Descrevem-se os princípios gerais aos quais deverá obedecer a avaliação da qualidade de águas superficiais a realizar no âmbito dos planos da bacia hidrográfica (Snirh, 1999). Fornece-se indicações metodológicas no que respeita à inventariação das fontes de poluição, pontual e difusa, levantamento de dados da qualidade da água, estimativa das cargas poluentes afluentes aos recursos hídricos, análise da qualidade da água, classificação da qualidade da água e modelação da qualidade da água.

A abordagem pressupõe a caracterização das cargas poluentes geradas nas bacias hidrográficas e que afluem à rede hidrográfica, a análise da qualidade da água nos meios hídricos e o estudo do comportamento dos meios hídricos face às solicitações a que estão expostos.

O INAG propõe uma metodologia de avaliação da qualidade da água que inclui as seguintes fases:

- 1 - Inventariação da fonte de poluição, pontual ou difusa

- 2 - Levantamento de dados da qualidade da água
- 3 - Estimativa das cargas poluentes afluentes aos recursos hídricos
- 4 - Análise da qualidade da água
- 5 - Classificação da qualidade da água
- 6 - Modelação da qualidade da água

Após a validação da série de dados, deverá proceder-se à análise dos mesmos numa perspetiva da evolução, temporal e espacial, da qualidade da água nos recursos hídricos superficiais. Em todas as estações climatológicas deverá realizar-se uma análise da variação da concentração de cada parâmetro ao longo do tempo, verificando eventuais tendências temporais. A análise da variação espacial da qualidade da água, deverá ser feita caso exista mais de uma estação de qualidade.

Para cada estação, a estimativa das cargas mássicas para os cenários referidos deverá ser feita procurando-se encontrar correlações aceitáveis de valores de caudal médio diário x concentração do parâmetro *versus* o caudal médio diário.

Cartografia de vulnerabilidade/risco para caracterizar o impacte das fontes de poluição.

Caracterizar zonas onde existe possibilidade de descarga de substâncias perigosas, por grupos de substâncias.

A classificação do estado de qualidade da água é proposto com base nos critérios apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 5.1 - Classes de classificação da Qualidade da Água (Fonte: INAG,1998)

CLASSE	NÍVEL DE QUALIDADE
A - Sem Poluição	Águas consideradas como isentas de poluição, aptas a satisfazer potencialmente as utilizações mais exigentes em termos de qualidade.
B – Fracamente Poluído	Águas com qualidade ligeiramente inferior à classe A, mas podendo também satisfazer potencialmente todas as utilizações (equivalente à classe 1B francesa).
C – Poluído	Águas com qualidade “aceitável”, suficiente para irrigação, para usos industriais e produção de água potável após tratamento rigoroso. Permite a existência de vida piscícola (espécies menos exigentes) mas com reprodução aleatória; apta para recreio sem contacto directo.
D - Muito Poluído	Águas com qualidade “mediocre”, apenas potencialmente aptas para irrigação, arrefecimento e navegação. A vida piscícola pode subsistir, mas de forma aleatória..
E - Extremamente Poluído	Águas ultrapassando o valor máximo da Classe D para um ou mais parâmetros. São consideradas como inadequadas para a maioria dos usos e podem ser uma ameaça para a saúde pública e ambiental.

Tabela 5.2 - Tabela de Classificação por Parâmetro (Fonte: INAG, 1998)

PARÂMETRO	CLASSE	A	B	C	D	E
		(sem poluição)	(fracamente poluído)	(poluído)	(muito poluído)	(extremamente poluído)
pH		6,5 - 8,5*	-	6,0 - 9,0	5,5 - 9,5	-
Temperatura	(°C)	<=20	21 - 25	26 - 28	29 - 30	>30
Condutividade	(uS/cm, 20°C)	<=750	751 - 1 000	1 001 - 1 500	1 501 - 3 000	>3 000
SST	(mg/l)	<=25,0	25,1 - 30,0	30,1 - 40,0	40,1 - 80,0	>80,0
Sat OD	(%)	>=90	89 - 70	69 - 50	49 - 30	<30
CBO <sub>5</sub>	(mg O <sub>2</sub> /l)	<=3,0	3,1 - 5,0	5,1 - 8,0	8,1 - 20,0	>20,0
CQO	(mg O <sub>2</sub> /l)	<=10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 80,0	>80,0
Oxidabilidade	(mg O <sub>2</sub> /l)	<=3,0	3,1 - 5,0	5,1 - 10,0	10,1 - 25,0	>25,0
Azoto Amoniacal	(mg NH <sub>4</sub> /l)	<=0,10	0,11 - 1,00	1,10 - 2,00	2,01 - 5,00	>5,00
Nitratos	(mg NO <sub>3</sub> /l)	<=5,0	5,0 - 25,0	25,1 - 50,0	50,1 - 80,0	>80,0
Fosfatos	(mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l)	<0,54	-	<0,94	>0,94	-
Coliformes Totais	(/100 ml)	<=50	51 - 5 000	5 001 - 50 000	>50 000	-
Coliformes Fecais	(/100 ml)	<=20	21 - 2 000	2 001 - 20 000	>20 000	-
Estreptococos Fecais	(/100 ml)	<=20	21 - 2 000	2 001 - 20 000	>20 000	-
Ferro	(mg/l)	<=0,50	0,51 - 1,00	1,10 - 1,50	1,50 - 2,00	>2,00
Manganês	(mg/l)	<=0,10	0,11 - 0,25	0,26 - 0,50	0,51 - 1,00	>1,00
Zinco	(mg/l)	<=0,30	0,31 - 1,00	1,10 - 5,00	-	>5,00
Cobre	(mg/l)	<=0,020	0,021 - 0,05	0,051 - 1,00	-	>1,00
Crómio	(mg/l)	<=0,05	-	-	-	>0,05
Selénio	(mg/l)	<=0,01	-	-	-	>0,01
Cádmio	(mg/l)	<=0,0010	-	0,0011 - 0,0050	-	>0,0050
Chumbo	(mg/l)	<=0,050	-	0,051 - 0,100	-	>0,100
Mercurio	(mg/l)	<=0,00050	-	0,00051 - 0,001	-	>0,001
Arsénio	(mg/l)	<=0,010	0,011 - 0,050	-	0,051 - 0,100	>0,100
Cianetos	(mg/l)	<=0,010	-	0,011 - 0,050	-	>0,050
Fenóis	(mg/l)	<=0,0010	0,0011 - 0,0050	0,0051 - 0,010	0,011 - 0,100	>0,100
Agentes Tensioactivos	(Las-mg/l)	<=0,2	-	0,21 - 0,50	-	>0,50

\* O pH, sendo um parâmetro muito dependente de características geomorfológicas, pode apresentar valores fora deste intervalo, sem contudo significar alterações de qualidade devidas à poluição

## 6 IDENTIFICAÇÃO DE FONTES POLUENTES

### 6.1 Sistema de Águas Residuais da vila de Alcains

A vila de Alcains, é uma freguesia do concelho de Castelo Branco, com 36,98 km<sup>2</sup> de área e cerca de 4929 habitantes (Densidade: 133,00 hab/km<sup>2</sup>). É sede de uma freguesia em que a própria vila é a única localidade que dela faz parte. Foi o pólo industrial mais importante do concelho, até meados da década de 80 do Século XX (Marques, 2010).

A vila de Alcains é atravessada pela ribeira da Lúria, sendo esta, alvo de diversas descargas ocasionais de águas residuais domésticas ou industriais, não tratadas. Os serviços municipalizados de Castelo Branco recebem pontualmente queixas, dando indicação de poluição na água da ribeira, no entanto, estas fontes não estão identificadas, mas dadas as características da linha de água (parcialmente entubada) e pelo facto de atravessar a vila, sofre ocasionalmente descargas indevidas; o que pode acarretar diversos problemas para a qualidade da água.

A vila de Alcains possui uma grande tradição ao nível de produção de queijo, pelo que as queijarias e as explorações agrícolas acessórias deveriam ser alvos de fiscalização pelas entidades responsáveis, de modo a verificar e desmotivar possíveis descargas na ribeira da Lúria.

O Deputado José Luís Ferreira, do Grupo Parlamentar “Os Verdes”, entregou na Assembleia da República uma pergunta em que questiona o Governo, através do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, sobre a descarga de efluentes na ribeira da Lúria, na freguesia de Alcains, concelho de Castelo Branco. Dado que delegação do Partido Ecologista os Verdes, presenciou no local o lançamento de efluentes para a ribeira aparentemente sem qualquer tratamento, perceptível pelas águas turvas, espumosas, gordurosas

e com cheiros nauseabundos. Os agricultores e moradores da zona relataram que esta situação se agrava, em alguns períodos do dia, sendo possível verificar as águas avermelhadas, presumivelmente, em resultado do abate dos animais no matadouro.

Existem fortes queixas sobre o matadouro localizado na vila de Alcains, embora os registos indiquem que o tratamento de águas residuais é efetuado e as descargas na rede pública sejam realizadas dentro dos limites regulamentares. O Serviço de Protecção da Natureza e do Ambiente verificou que a empresa “Oviger” efectua descargas de águas residuais, tendo informado que a empresa possui licença de utilização do domínio público hídrico válida até ao dia 14 de Janeiro de 2012. Recentemente informou, que no dia 13 de Junho de 2011, a empresa Oviger “efectuou o pedido de renovação da licença de utilização dos recursos hídricos à Administração Hidrográfica do Tejo, apresentando também os últimos Auto Controlos (2º trimestre do ano de 2011) em que os valores das análises estão abaixo dos máximos de referência” (<http://www.osverdes.pt>,AUTOR, DATA).

## 6.2 Estação de Tratamento de Águas Residuais

A estação de tratamento de Águas Residuais de Alcains (ETAR) localiza-se nas Coordenadas (datum73): M - 56251; P - 25473, a sul da povoação de Alcains. A Figura 6.1 dá informação sobre a localização da ETAR de Alcains, que recebe efluentes a partir da estação elevatória localizada no interior da vila.

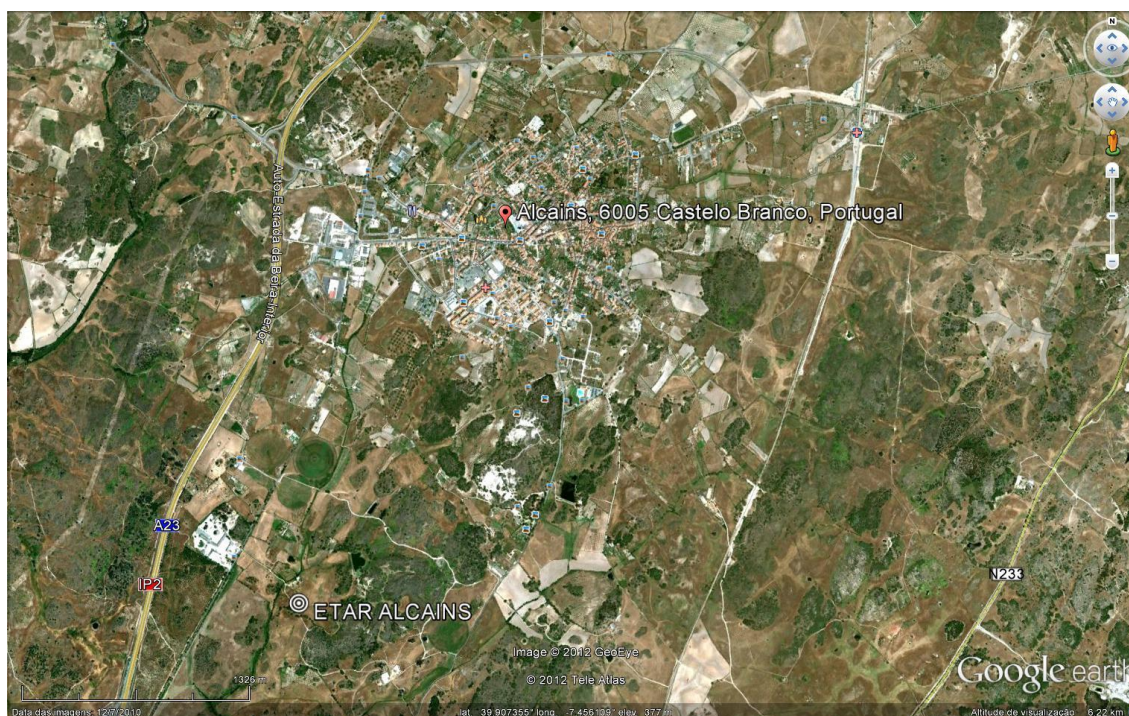


Figura 6.1 - Localização da Estação de tratamento de Alcains (Fonte: Google earth, 2011)

A ETAR de Alcains funciona por um sistema de lamas ativadas em regime de arejamento prolongado, que são dispositivos destinados ao tratamento secundário das águas residuais. O processo de lamas ativadas consiste numa cultura microbiológica de enriquecimento, constituída por um consórcio de micro e macro-organismos que metabolizam substâncias

orgânicas e inorgânicas do afluente, transformando-as em formas ambientalmente aceites. O sistema é composto, de uma forma geral, por um reator biológico (tanque de arejamento) e um decantador secundário. O sucesso deste processo assenta na rápida e completa separação física (gravidade) entre a fase líquida e a biomassa celular, designada por lama e que aparece sob a forma de flocos no decantador secundário.

A ETAR foi dimensionada para 4698 habitantes e tem uma capacidade de tratamento de 292 m<sup>3</sup>/h.

A Figura 6.2 apresenta a disposição dos órgãos de tratamento e a sua proximidade à ribeira da Líria, assim como, a localização dos pontos de recolha de água neste local e envolvente.

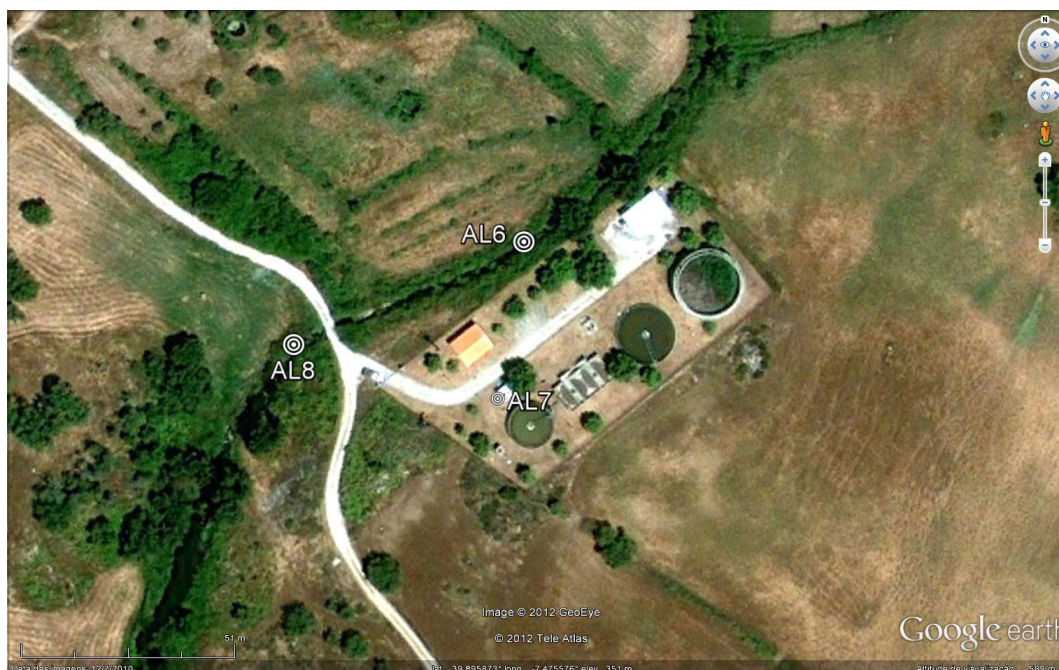


Figura 6.2 - Implantação da Estação de tratamento de Alcains (Fonte: Google earth, 2011)

A tabela 6.1 representa os valores obtidos para os parâmetros qualitativos determinados na ETAR de Alcains, durante as três campanhas de recolha de amostras.

Tabela 6.1 - Valores registados para CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, Nt e Pt na ETAR de Alcains

PONTO_CAMPANHA	CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	AZOTO TOTAL (mg/L N)	Fósforo total (mg/L P)
AL7 _ I	30	112	24	13	<2(l.q.)
AL7 _ II	10	38	3	11	0.01
AL7 _ III	6	20	15	5	<2(l.q.)

De seguida, apresenta-se uma notação utilizada para atribuição de uma classificação da qualidade da água do efluente final, que não foi aplicado neste estudo dado que apenas se realizaram três recolhas de efluente; o que não fornece informação suficiente para aferir sobre a capacidade de tratamento da ETAR, devendo proceder-se a recolhas diárias para aplicação da metodologia descrita nas tabelas seguintes.

Para avaliação do sub-índice de qualidade Final ( $I_{SQ}$ ) que é determinado mediante a avaliação do peso atribuído a cada parâmetro afeto à classificação relativa à classe.

São estabelecidas quatro classes para os vários parâmetros analisados, apresentadas na Tabela 6.2, de acordo com os seguintes pressupostos:

1- Os limites da classe I, para os vários parâmetros, correspondem aos valores exigidos pelo Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho (Diário da República, 1997);

2- Os limites da classe II, correspondem aos valores limites de emissão (VLE) na descarga de águas residuais apresentados no Anexo XVIII do Decreto-Lei nº236/98 (Diário da República, 1998);exceto no que se refere ao azoto cujo valor é o mesmo no Decreto-Lei nº 152/97 (Diário da República, 1997);

3- O valor máximo da classe III, corresponde à emissão de duas vezes o VLE referido no Anexo XVIII do Decreto-Lei nº236/98 (Diário da República, 1998);

4- No caso das lagoas de estabilização, dado que os limites de emissão relativos ao parâmetro SST são mais permissivos, as classes estabelecidas são diferentes.

A cada classe, associou-se uma classificação de 1 a 4, correspondendo a classe com classificação 4 (classe I) à mais favorável.

Tabela 6.2 - Componentes para a construção do sub-índice de qualidade do efluente final (PBH Ribeiras do Algarve, 2000)

Sub-Índice da Qualidade do Efluente Final						
Classes	Classificação	Concentrações (mg/l)				
		CBO5	CQO	SST	Ntotal	Ptotal
I	4	< 25	< 125	< 35	< 15	< 2
II	3	25 - 40	125 - 150	35 - 60	15 - 20	2 - 10
III	2	40 - 80	150 - 300	60 - 120	20 - 40	10 - 15
IV	1	> 80	> 300	> 120	> 40	> 15
Lagoas de estabilização	4	< 150				
	3	150 - 175				
	2	175 - 200				
	1	> 200				
Pesos relativos dos parâmetros para zonas sensíveis		2	2	4	4	5
Pesos relativos dos parâmetros para zonas não sensíveis		2	2	3	0,5	0,5

Para avaliação do sub-índice de eficiência global de tratamento Final ( $I_{SE}$ ) também foram definidas quatro classes de eficiência, apresentadas na Tabela 6.3, de acordo com os seguintes pressupostos:

1- A classe I é limitada pelas eficiências mínimas de tratamento exigidas pelo Decreto-Lei nº 152/97 (Diário da República, 1997);

2- Os valores máximos para a classe IV correspondem à eficiência relativa ao tratamento primário para os diferentes parâmetros;

3- Relativamente às classes II e III consideraram-se valores intermédios.

Para cada classe, definiu-se uma classificação de 1 a 4, correspondendo a classe com classificação de 4 (classe I); à classificação mais favorável.

Tabela 6.3 - Componentes para a construção do sub-índice de eficiência global de tratamento (PBH Ribeiras do Algarve, 2000)

Sub-Índice da Eficiência Global de Tratamento						
Classes	Classificação	Limites das classes de eficiência (% de remoção)				
		CB05	CQO	SST	Ntotal	Ptotal
IV	1	0 - 30	0 - 30	0 - 60	0 - 10	0 - 20
III	2	30 - 50	30 - 52.5	60 - 75	10 - 55	20 - 60
II	3	50 - 70	52.5 - 75	75 - 90	55 - 80	60 - 80
I	4	70 - 100	75 - 100	90 - 100	80 - 100	80 - 100
Pesos relativos dos parâmetros para zonas sensíveis		2	2	4	4	5
Pesos relativos dos parâmetros para zonas não sensíveis		2	2	4	0,5	0,5



Figura 6.3 - limites das classes para avaliação do  $I_{SE}$  e o  $I_{SQ}$  (PBH Ribeiras do Algarve, 2000)

Na Figura 6.3 representa-se a gama de valores para os quais se classifica posteriormente o  $I_{SE}$  e o  $I_{SQ}$ , valores que permitem ter uma noção sobre o funcionamento geral da ETAR de Alcains. A instalação de sistemas de tratamento de águas residuais urbanas tem vindo a ser objeto de crescentes investimentos. As cargas poluentes encontradas nas águas afluentes às ETARs apresentam resultados de concentrações no esgoto bruto incompatíveis com a escala de variação natural da composição de esgotos domésticos. Estas concentrações só são explicáveis pela mistura com águas residuais de outras proveniências, cuja quantidade e composição determina a composição final do efluente bruto; verificando-se casos de extrema diluição, em paralelo com outros de concentrações muito elevadas.

Deste modo, as ETARs estão muitas vezes a funcionar "fora dos limites de projeto", isto, é são alimentadas com águas residuais cuja composição é muito distinta daquela para que foram dimensionadas, embora a predominância do desvio da norma seja na zona das concentrações baixas (PBH Ribeiras do Algarve, 2000).

### 6.3 Poluição de Origem Difusa

A contaminação proveniente de fontes não pontuais ou difusas caracteriza-se, por um lado, pelo elevado número de pontos de descarga no terreno e, por outro lado, pela dificuldade de localização precisa das zonas onde se produzem essas mesmas descargas. As medidas de controlo associadas a estas fontes são de difícil identificação.

A contaminação difusa das águas superficiais e subterrâneas tende a adquirir uma importância crescente, já que o peso relativo é tanto maior quanto maior for o grau de depuração e de limitação das descargas.

As principais fontes de contaminação difusa estão relacionadas com uma série de atividades, fundamentalmente agro-pecuárias, que se desenvolvem sobre grandes extensões do território e que provocam a contaminação das águas através de escoamentos superficiais que

arrastam e dissolvem as substâncias que foram depositadas no solo. As escorrências superficiais provenientes da rede rodoviária e das zonas urbanas constituem também uma importante fonte de contaminação, em particular no que respeita a certas substâncias perigosas.

As substâncias mais comuns, que se encontram nas águas sujeitas a contaminação difusa, pertencem ao grupo dos pesticidas e fertilizantes usados na agricultura, acrescido das matérias orgânicas e substâncias tóxicas ligadas à pecuária. Também a ter em conta, a poluição pelos efluentes urbanos ou produzidos por determinadas atividades industriais.

Para a avaliação das cargas provenientes da poluição difusa foram selecionados no estudo o azoto total e o fósforo total, por serem as substâncias mais representativas da contribuição para a qualidade das águas superficiais.

A tabela 6.4 dá uma ideia sobre carga poluente difusa estimada na bacia hidrográfica do Rio Tejo (Guerreiro et al, 2002).

Tabela 6.4 - Carga poluente difusa estimada na bacia Hidrográfica do Rio Tejo (PHB do Rio Tejo, 1999)

Bacia	Área Km <sup>2</sup>	Agro- Florestal		Total por hectare	
		Ntotal (ton-ano)	Ptotal (ton-ano)	Ntotal (kg/ano/ha)	Ptotal (kg/ano/ha)
Tejo	24635	400	147	0.16	0.06






## 7 PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA

### 7.1 Seleção dos Locais de Amostragem

Na tabela seguinte encontram-se os pontos de recolha, para as três campanhas, com a indicação da respetiva localização e possíveis fontes de poluição.

Local	Imagem	Possível Fonte Poluição
Ribeira da Líria Alcains Zona de Lazer Ponto: AI 1  39° 54.816'N 7° 28.073'O		 Estação elevatória de Alcains
Estação Elevatória de Alcains Alcains Zona de Lazer Ponto: AI 2  39° 54.828'N 7° 28.046'O		Aguas Residuais Urbanas
Caixa de Visita do Colector Residual Ponto: AI 3  39° 54.843'N 7° 28.087'O		Possibilidade de conter água residual proveniente do matadouro de Alcains
Ribeira da Líria Alcains Zona de Lazer Ponto: AI 4  39° 54.692'N 7° 28.199'O		Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas

Local	Imagem	Possível Fonte Poluição
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Quinta do Cabeço do Carvão</p> <p>Ponto: Al 5</p> <p>39° 54.046'N 7° 28.439'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Montante da ETAR de Alcains</p> <p>Ponto: Al 6</p> <p>39° 53.777'N 7° 28.525'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>
<p>Caixa de visita na ETAR de Alcains</p> <p>Ponto: Al 7</p> <p>39° 53.758'N 7° 28.518'O</p>		 <p>ETAR de Alcains</p>
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Jusante ETAR de Alcains</p> <p>Ponto: Al 8</p> <p>39° 53.751'N 7° 28.576'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>

Local	Imagem	Possível Fonte Poluição
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Alvarinhos Santa Apolónia</p> <p>Ponto: AI 9</p> <p>39° 52.570'N 7° 29.285'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Ponte E.N.18 ao Km 100+800</p> <p>Ponto: AI 10</p> <p>39° 51.998'N 7° 29.611'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Parque de Campismo</p> <p>Ponto: AI11</p> <p>39° 51.560'N 7° 29.776'O</p>		<p>ETAR de Alcains</p>
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Ponte E.N. 112 - Km 92+400</p> <p>Ponto: AI 12</p> <p>39° 50.973'N 7° 30.618'O</p>		<p>ETAR norte de Castelo Branco</p>
<p>Ribeira da Lória</p> <p>Ponte E.N. 112 - Km 92+400</p> <p>Ponto: AI 13</p> <p>39° 50.964'N 7° 30.654'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>

Local	Imagem	Possível Fonte Poluição
<p>Ribeira da Lória Quinta da Lória Ponto: Al 14 39° 50.943'N 7° 31.379'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>
<p>Ribeira da Lória Quinta da Barreira Ponto: Al 15 39° 50.329'N 7° 32.482'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>
<p>Ribeira da Seta Quinta da Barreira Ponto: Al16 39° 50.390'N 7° 33.147'O</p>		<p>ETAR Sul de Castelo Branco</p>
<p>Ribeira da Lória Barroco do Formigo Ponto: Al 17 39° 50.160'N 7° 33.938'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>
<p>Ribeira da Lória Ponte E.N. 233 - Km 16+400 Ponto: Al 18 39° 48.722'N 7° 36.257'O</p>		<p>Aguas Residuais Urbanas ou fontes difusas</p>

A seleção dos locais de amostragem e a recolha de amostras obedeceu a critérios definidos na legislação e foi realizada a recolha com o apoio de um técnico de laboratório credenciado.

Os locais foram definidos pelo grupo de estudo de modo a obter uma boa malha regular e representativa do estado da água, assim como reveladora de eventuais pontos definidos no estudo como pontos particulares, dada a sua localização ou a possibilidade de contágios por meios poluentes difusos ou pontuais.

Na figura 7.1, apresenta-se a localização de cada um dos pontos sobre a carta militar, na escala 1:25 000, onde foram efetuadas as recolhas e medições dos diversos parâmetros. A definição de áreas das bacias hidrográficas realizou-se com apoio a ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica.

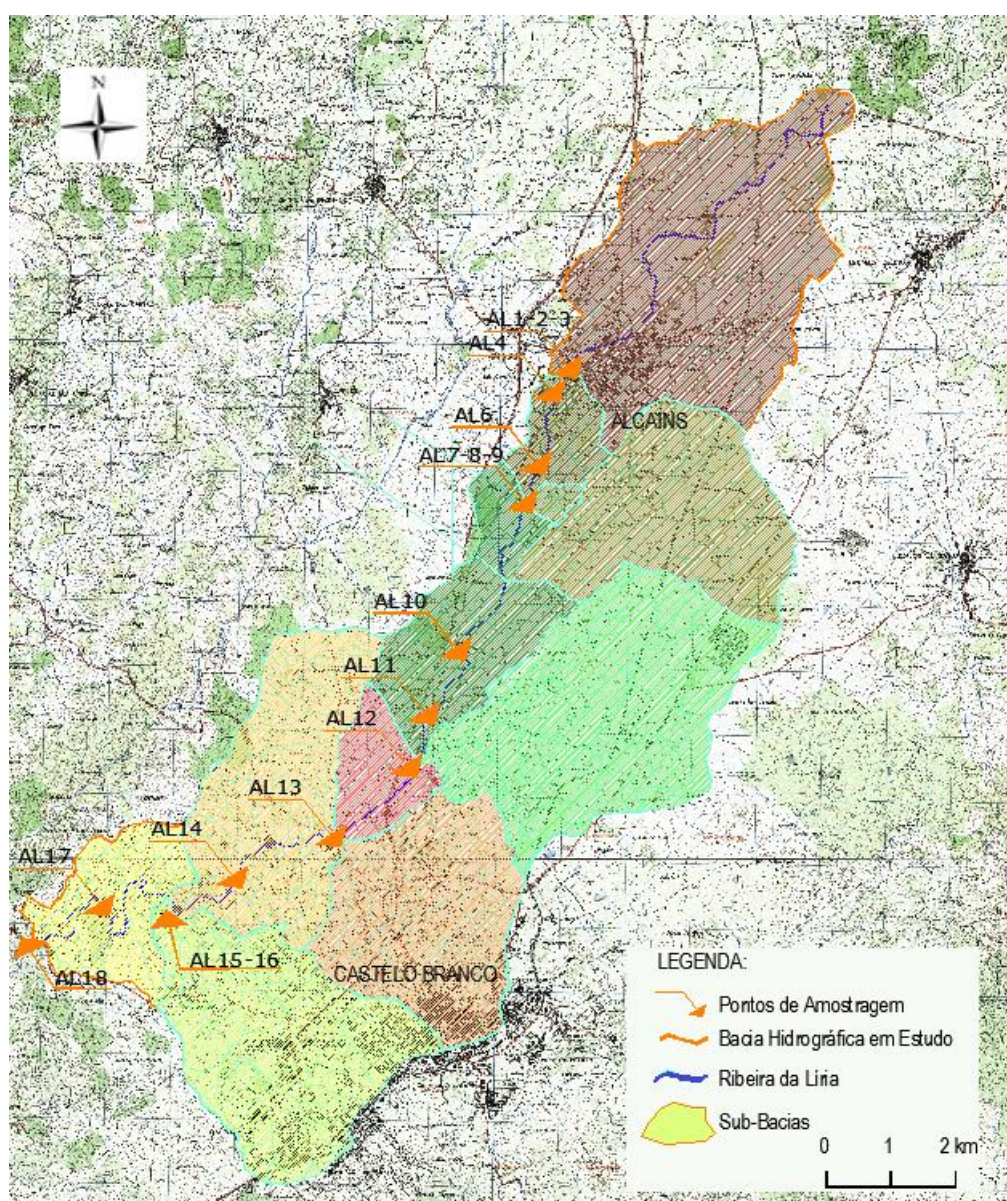


Figura 7.1 - Localização dos pontos de amostragem na ribeira da Liria (Adaptado da sobre carta militar 1:25000)

## **7.2 Parâmetros avaliados**

### **7.2.1 Parâmetros Físico-Químicos**

São estes parâmetros que permitem um conhecimento sobre a qualidade da água e sobre os condicionamentos que estes podem causar no meio onde estão inseridos.

#### **7.2.1.1 Temperatura da Água**

Este parâmetro permite analisar as oscilações de temperatura que são responsáveis pela destruição de ecossistemas naturais devido ao choque térmico, pequenas variações podem desencadear reações ou aumentar a velocidade das reações químicas, biológicas e influir na solubilidade dos gases na água.

As descargas de águas residuais podem ser responsáveis por uma alteração da temperatura da água do meio recetor.

Normalmente associado a uma subida de temperatura, manifesta-se uma diminuição do oxigénio dissolvido, que pode ser acompanhado por um aumento da velocidade das reações de degradação da matéria orgânica.

No Dec. Lei n.º 236/98 (Diário da República, 1998), o valor limite de emissão (VLE) é definido em termos da alteração provocada pela descarga de águas residuais no meio recetor, medida a 30m do ponto de descarga, que não poderá ultrapassar os 3º C.

A temperatura da água é avaliada laboratorialmente mediante o método analítico PAFQ07 baseado no documento normativo (NP 410 : 1966), as unidades de medida são °C e o limite paramétrico é de 25°C, sendo o Valor Máximo Recomendado de 22°C.

No estudo adotaram-se os valores medidos "in situ".

#### **7.2.1.2 pH**

O pH de uma determinada água varia conforme varia a sua composição e temperatura. O pH é característico de determinadas águas.

A temperatura influencia o pH da água na medida em que afeta os coeficientes de dissolução dos ácidos e da solubilidade do CO<sub>2</sub>. Geralmente, o pH diminui cerca de 0,1 unidades quando a temperatura aumenta de 20°C (Sawyer et al., 2003).

O pH da água é avaliado laboratorialmente mediante o método analítico PAFQ07 baseado no documento normativo (NP 410 : 1966), é adimensional, sendo o Valor Máximo Recomendado de 6.5 - 8.5.

No estudo adotaram-se os valores medidos "in situ".

#### **7.2.1.3 Sólidos Suspensos Totais**

Os sólidos suspensos totais (SST) agrupam o material sólido em suspensão não sedimentável e os sólidos sedimentáveis.

O teor em sólidos de uma água reflete o seu contacto com materiais geológicos diversos. A erosão que ocorre numa bacia hidrográfica de um curso de água pode promover alterações das quantidades de sólidos presentes na água.

A presença de SST pode ter um impacto estético e pode apresentar dificuldades na filtração para a que se possa promover a sua utilização para consumo humano, a presença de SST nos meios hídricos dificulta ainda a entrada de luz.

Os SST são avaliados laboratorialmente mediante o método analítico PAFQ09 baseado no documento normativo (NP 410 : 1966), são medidos em mg/L, sendo o Valor Máximo Recomendado de 25 mg/L.

#### 7.2.1.4 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica ou condutância específica, é a medida da atividade iónica numa solução, em termos da sua capacidade de transmitir corrente elétrica e reflete a quantidade de sais dissolvidos ionizados presentes nessa solução. Está diretamente relacionada com os SDT.

Os fatores que afetam a condutividade são a natureza das substâncias presentes na água e a sua concentração.

Caso se verifique a presença de substâncias orgânicas que são más condutoras pode não se obter uma boa condutividade elétrica embora a concentração destes elementos possa ser elevada. Mas a existência de sais inorgânicos, ácidos ou bases, provoca o aumento da condutividade elétrica. Quanto maior for a condutividade da corrente, maior será o seu estado de poluição. É um dos principais parâmetros para determinar o teor de matéria orgânica numa água. A sua determinação ocorreu por electrometria, determinada “*in situ*” e é expressa em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### 7.2.1.5 Oxigénio Dissolvido

É a quantidade de oxigénio existente numa amostra de água, em determinadas condições de pressão e temperatura. Aplica-se a todo o tipo de águas.

Os valores podem variar desde próximo de zero (águas poluídas) até cerca de 16 mg/l.

Os principais fatores que afetam a quantidade de  $\text{O}_2$  presente em águas residuais são a sua composição, solubilidade do gás, pressão parcial da atmosfera, temperatura e teor em sólidos dissolvidos e em suspensão.

O teor de oxigénio dissolvido depende da atividade física, química e bioquímica que se verifica numa massa de água. A solubilidade deste varia com a temperatura, com a pressão da atmosfera e com a salinidade.

A variação da concentração de oxigénio dissolvido fornece informações muito importantes quanto ao estado da qualidade de um curso de água. Uma brusca diminuição dessa concentração, pode indicar a presença de poluição de origem orgânica, resultante da atividade microbiológica induzida, originada por descargas de águas residuais.

Quanto maior for a quantidade de oxigénio dissolvido disponível numa massa de água, maior será a sua capacidade de autodepuração (Albuquerque, 1997).

A sua determinação ocorreu por eletrometria e é expresso em % de saturação, com um valor Máximo Admissível acima de 50% (Diário da República, 1998).

### 7.2.1.6 Carência de Oxigénio

Para se verificar se um meio recetor suporta uma dada descarga, é necessário determinar a carência de oxigénio dessa água. Para essa determinação, os métodos mais utilizados são a Carência Bioquímica de Oxigénio, medida em 5 dias (CBO<sub>5</sub>), utilizada para resíduos orgânicos, obtida através da medição da quantidade de matéria orgânica presente na água através da quantidade de oxigénio consumido na degradação por ação microbiológica da matéria presente, e a Carência Química de Oxigénio (CQO), que calcula a quantidade necessária de oxigénio para oxidar quimicamente a matéria orgânica presente numa água (Albuquerque, 1997).

Os resultados obtidos na determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio resultam de um conjunto de ações químicas e bioquímicas, pelo que não possuem o carácter rigoroso e sem ambiguidade dos que se obtêm através de um método químico, envolvendo processos bem determinados, como a Carência Química de Oxigénio. No entanto, fornecem-nos uma indicação que permite avaliar a qualidade duma água.

O CBO<sub>5</sub> foi medido laboratorialmente pelo método de volumetria de precipitação, e é expresso em mg/l. Os valores acima de 3 mg/l ultrapassam os Valores Máximos Admissíveis (Diário da República, 1998).

O CQO também foi medido laboratorialmente e pelo método manométrico e é expresso em mg/l. Os valores superiores a 2000mg/l são indicativos de águas muito poluídas (Diário da República, 1998).

### 7.2.1.7 Potencial de Oxidação-Redução

O potencial de oxidação-redução é a espontaneidade ou a tendência de uma espécie química adquirir eletrões, ou seja, uma reação oxidação-redução é toda aquela em que existe transferência de eletrões entre espécies reagentes. Esta transferência de eletrões traduz-se pela variação de oxidação dos diferentes elementos participantes da reacção.

Conhecer o potencial de oxidação-reação de um corpo de água pode ajudar a definir quais as formas dos metais que estão presentes em maior concentração nesse corpo, uma vez que a biodisponibilidade de uma série de metais está associada ao seu estado de oxidação (Albuquerque, 1997).

### 7.2.1.8 Fósforo

O fósforo encontra-se na água em geral na forma de ortofosfatos e polifosfatos, resultando essencialmente da atividade humana (descarga de águas residuais e industriais e fertilização de campos agrícolas). A maior parte do fósforo nas águas residuais é proveniente dos polifosfatos utilizados para o fabrico de detergentes. Os polifosfatos, em solução aquosa, são hidrolisados à forma de ortofosfatos. Numa água residual doméstica, cerca de 25% do fósforo está na forma orgânica e 75% na forma inorgânica. A presença de níveis elevados de fósforo pode implicar a deterioração da qualidade da água, tornando-a imprópria para vários usos e podendo ocorrer fenómenos de eutrofização da água (Albuquerque, 1997).

O fósforo total foi medido laboratorialmente pelo método de espectrometria de absorção molecular e é expresso em mg/L de P, sendo valores acima de 1 mg/L considerados acima dos Valores Máximos Admissíveis (Diário da República, 1998).

#### **7.2.1.9 Azoto Total**

O azoto é um elemento que se encontra presente nos sistemas biológicos em elevadas quantidades, sendo essencial para estes sistemas, de tal forma que o tratamento biológico de águas residuais não pode ocorrer se não existir azoto suficiente para o desenvolvimento dos microrganismos.

A presença de azoto numa água pode identificar-se por determinação do teor em nitratos, em azoto amoniacal e do valor do azoto total, correspondendo este último à soma das formas de azoto orgânico e de azoto amoniacal.

O azoto é um indicador da qualidade da água, uma vez que águas com concentrações elevadas de azoto total são consideradas recentemente poluídas, constituindo um problema para a saúde pública (Albuquerque, 1997).

O azoto total foi medido laboratorialmente com recuso a métodos analíticos de cálculo, e é expresso em mg/L de N, e os valores acima de 1 mg/L são considerados não admissíveis (Diário da República, 1998).

#### **7.2.1.10 Sólidos Totais**

Os sólidos totais compreendem toda a matéria, dissolvida ou em suspensão, que se mantém como resíduo após secagem a 105° C. Os sólidos numa água residual resultam da presença de compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos ou em suspensão. Os sólidos totais incluem uma fração dissolvida (SDT) e uma fração em suspensão (SST).

Numa água residual doméstica cerca de 70% dos sólidos são SDT e 30 % são SST. São também um indicador da carga poluente veiculado numa água residual (Albuquerque, 1997).

#### **7.2.1.11 Salinidade**

A salinidade é a quantidade de sais existentes numa massa de água causada pela dissolução de minerais das rochas, do solo e da decomposição vegetal.

O nível de salinidade numa ribeira depende dos ambientes geológicos e climáticos através dos quais a ribeira passa. A salinidade aumenta a jusante, uma vez que os sais são continuamente adicionados através de processos naturais e antrópicos, tais como a atividade mineira, indústria e agricultura. Os níveis desta tendem a aumentar nas épocas mais quentes e secas devido à maior evaporação da água. Por outro lado, verifica-se uma ligeira redução através de intervenções tecnológicas ou diluídas pelas chuvas.

### **7.2.2 Parâmetros Biológicos e Bacteriológicos**

#### **7.2.2.1 Coliformes Fecais**

São bactérias patogénicas que estão presentes em grandes quantidades nos intestinos dos animais de sangue quente, sem lhes causar danos. Estas reproduzem-se à temperatura de 44 °C.

Podem contaminar a água através das fezes dos animais, ou por meio dos efluentes das ETARs em que não foi realizado um tratamento adequado destes.

Por si só não representam um perigo para a saúde, mas são usados como indicadores da qualidade da água e da presença de outros organismos causadores de problemas para a saúde.

O teor de coliformes fecais foi determinado em laboratório, por recurso a métodos analíticos PAB11, e é expresso em UFC/100 ml, e o valor máximo admissível é 20 (Diário da República, 1998).

### **7.2.2.2 Caudal**

Segundo Chow et al. (1988), os factores condicionantes do escoamento podem ser separados em dois grupos, os climáticos e os fisiográficos, cuja classificação se apresenta:

Climáticos:

Precipitação - Modalidade (chuva, neve, granizo, orvalho, neblina ou geada), distribuição no tempo e no espaço, frequência de ocorrência, direcção dominante das tempestades, precipitação precedente e humidade do solo.

Evaporação - Temperatura, vento, pressão atmosférica, natureza e superfície de evaporação.

Transpiração - Temperatura, radiação solar, vento, humidade do ar e do solo e tipo de vegetação.

Fisiográficos:

- Características da bacia hidrográfica:

Geométricas: - forma, tamanho, declive, orientação e elevação.

Físicas:

- Cobertura e utilização do solo, tipo de solo, infiltração, permeabilidade, topografia e capacidade de formar toalhas subterrâneas.

- Características dos cursos - capacidade de escoamento: dimensão e forma da secção transversal, declive, rugosidade, características da rede hidrográfica e comprimento do curso de água.

- Capacidade de armazenamento.

Para aferir a capacidade de armazenamento da bacia hidrográfica é importante conhecer o tempo de concentração caracterizador da bacia e os caudais em determinados troços.

De modo, a permitir efectuar o calculo dos caudais, realizou-se o seccionamento da bacia em sub-bacias nos pontos mais relevantes para o efeito: ponto Al1, Al8, Al9, Al11, Al13 e Al17 (Figura 7.1).

Compreende-se que o tempo de concentração,  $t_c$ , de uma bacia hidrográfica, numa dada secção de um curso de água, é o tempo para que a totalidade da bacia contribua para o escoamento superficial na secção considerada. Pode, também, ser definido como o tempo necessário para que uma gota de água caída no ponto hidraulicamente mais afastado da bacia atinja a secção considerada.

Segundo Lencastre e Franco (1992), o tempo de concentração é considerado uma característica constante da bacia hidrográfica, sendo independente das características das

chuvadas. O tempo de concentração é aplicado na determinação do caudal de ponta de cheia quando se utilizam expressões cinemáticas, que entram em linha de conta com as características do movimento da água na bacia hidrográfica.

Giandotti propôs a seguinte expressão para determinar o tempo de concentração:

$$t_c = \frac{4 \times \sqrt{A_{sb}} + 1,5L_{sb}}{0,80 \times \sqrt{H}}$$

$t_c$  - tempo de concentração (h);

$A_{sb}$  - área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>);

$L_{sb}$  - comprimento do curso de água principal da bacia (km);

$H$  - altura média da bacia (m).

Para o caudal, a formula de Giandotti é definida por:

$$Q_p = \frac{\lambda A_b h_{max}}{t_c}$$

$A_b$  - Área da bacia hidrográfica (Km<sup>2</sup>);

$h_m$ - Altura de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração e um período de retorno (mm);

$\lambda$  - Parâmetro em função da área;

$t_c$  - Tempo de concentração(h).

Assim após a determinação das áreas das sub-bacias, determinação do comprimento das linhas de água e das diferenças de cota, foi possível com base nas equações de cálculo obter os valores de  $t_c$  e caudais para as três campanhas, tal como está explícito nas tabelas 7.1, 7.2 e 7.3.

Tabela 7.1 - Cálculo de caudais para primeira campanha (Janeiro de 2010)

Janeiro	Area (m2)	Area (km2)	Comprimento (m)	Comprimento (km)	Diferença de Cota (m)	Tempo de concentração (horas)	Precipitação (mm/h)	Caudal (m3/s)
Al1	15298308	15.298308	6000	6	50	5.788627305	2.622580645	2.398130221
Al8	349720	0.34972	950	0.95	35	0.934592226	2.622580645	0.339549626
Al9	8650990	8.65099	4400	4.4	50	3.777179832	2.622580645	2.078275407
Al11	13350474	13.350474	6000	6	60	4.812774047	2.622580645	2.517132999
Al13	8830340	8.83034	3900	3.9	100	2.643109633	2.622580645	3.031567195
Al17	10654975	10.654975	4900	4.9	80	3.471053904	2.622580645	2.785454235

Tabela 7.2 - Cálculo de caudais para segunda campanha (Abril de 2010)

Abril	Area (m2)	Area (km2)	Comprimento (m)	Comprimento (km)	Diferença de Cota (m)	Tempo de concentração (horas)	Precipitação (mm/h)	Caudal (m3/s)
Al1	15298308	15.298308	6000	6	50	5.788627305	2.033333333	1.859312934
Al8	349720	0.34972	950	0.95	35	0.934592226	2.033333333	0.263258853
Al9	8650990	8.65099	4400	4.4	50	3.777179832	2.033333333	1.611323819
Al11	13350474	13.350474	6000	6	60	4.812774047	2.033333333	1.951577902
Al13	8830340	8.83034	3900	3.9	100	2.643109633	2.033333333	2.350427866
Al17	10654975	10.654975	4900	4.9	80	3.471053904	2.033333333	2.159612119

Tabela 7.3 - Cálculo de caudais para terceira campanha (Junho de 2010)

Junho	Area (m2)	Area (km2)	Comprimento (m)	Comprimento (km)	Diferença de Cota (m)	Tempo de concentração (horas)	Precipitação (mm/h)	Caudal (m3/s)
Al1	15298308	15.298308	6000	6	50	5.788627305	0.343333333	0.313949561
Al8	349720	0.34972	950	0.95	35	0.934592226	0.343333333	0.044451905
Al9	8650990	8.65099	4400	4.4	50	3.777179832	0.343333333	0.272075989
Al11	13350474	13.350474	6000	6	60	4.812774047	0.343333333	0.329528728
Al13	8830340	8.83034	3900	3.9	100	2.643109633	0.343333333	0.396875525
Al17	10654975	10.654975	4900	4.9	80	3.471053904	0.343333333	0.364655817

### 7.3 Recolha de Amostras e Medições

De acordo com o plano de amostragem previamente estabelecido apresentam-se, de seguida os parâmetros medidos e analisados mediante o uso de uma sonda multipâmetros portátil, modelo HI 9828 da HANNA INSTRUMENTS, medidos por eletrometria:

- Temperatura da amostra (T, °C)
- Potencial hidrogeniónico (pH, escala de Sorënsen)
- Condutividade Elétrica (C,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- Oxigénio Dissolvido (OD, mg/L)
- Potencial de Oxidação-Redução (ORP)
- Sólidos Totais Dissolvidos (SDT, ppm) e Salinidade (mg/L)

Os parâmetros determinados em laboratório foram por métodos analíticos:

- Sólidos Suspensos Totais (SST, mg/L)
- Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>, mg/L O<sub>2</sub>)
- Carência Química de Oxigénio (CQO, mg/L O<sub>2</sub>)
- Azoto Total (N-total, mg/L N)
- Fósforo Total (P-total, mg/L P)
- Coliformes Fecais (CF, UFC/100 mL).

Estes parâmetros não foram, para as diferentes campanhas, medidos à mesma hora, pelo que na tabela 7.4 se indica o período do dia em que se determinaram os parâmetros e por que ordem foram realizadas as recolhas ao longo do curso de água.

Tabela 7.4 - Hora das colheitas de amostras para as três campanhas de amostragem

Ponto de Recolha	1ª Campanha 15-01-2010	2ª Campanha 09-04-2010	3ª Campanha 04-06-2010
AL1	09:51:03	15:36:55	17:10:24
AL2	10:05:49	15:49:20	n.d
AL3	10:16:03	16:02:22	n.d
AL4	11:13:22	n.d	n.d
AL5	11:32:16	16:33:30	16:30:55
AL6	11:51:35	16:49:54	16:19:43
AL7	12:01:59	17:00:04	n.d
AL8	12:09:13	17:09:26	n.d
AL9	12:23:53	17:21:04	15:50:23
AL10	12:33:47	17:31:33	15:37:26
AL11	12:49:44	17:41:11	15:26:26
AL12	13:22:04	17:59:42	n.d
AL13	13:29:13	18:04:54	n.d
AL14	14:57:07	18:21:07	14:51:17
AL15	15:51:25	18:54:16	14:22:34
AL16	16:13:35	19:03:08	14:29:25
AL17	16:53:19	19:32:56	13:55:36
AL18	17:11:42	19:45:22	13:44:46

### 7.3.1 Dados Obtidos para os diversos parâmetros

Os valores dos parâmetros obtidos nas campanhas são apresentados na Tabela 7.5, sendo apresentadas as três campanhas e os respetivos registos. As designações, para os pontos de recolha, foram definidas de modo a que se torne perceptível a campanha e o mês correspondente. Assim AL1-01-I, corresponde à recolha efetuada no 1.º ponto de amostragem AL1, tendo a recolha sido efetuada no mês de Janeiro 2010; correspondente à primeira campanha de amostragem.

Tabela 7.5 - Tabela de Observações

Ponto de Recolha / Campanha	Temperatura (°C)	pH (Escala Sorensen)	Sólidos suspensos totais (mg/L)	CBO5 (mg/L O2)	Fósforo total (mg/L P)	Coliformes fecais 44°C (UFC/100mL)	OD (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	CQO (mg/L O2)	AZOTO TOTAL (mg/L N)	ORP	Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)
Al1_01_I	7.54	6.53	5	4	2	150	9.03	123	9	5	199.7	61
Al1_04_II	19.1	8.81	3	6	0.02	8700	11.21	180	36	11	65.7	90
Al1_06_III	29.69	8.57	4	4	2	21	12.26	403	13	5	-39.4	201
Al2_01_I	11.3	6.66	10	4	2	2000	8.56	405	9	9	233.2	202
Al2_04_II	16.61	7.65	59	140	0.03	460000	3.76	441	360	18	-55.6	220
Al2_06_III	27.2*	nd	87	140	5	320000	nd	nd	285	28	nd	nd
Al3_01_I	11.42	6.51	8	7	2	380	8.69	1080	26	29	113.6	540
Al3_04_II	15.88	7.63	200	750	0.09	110000	4.62	1932	1560	79	-64	966
Al3_06_III	26.8*	nd	99	210	8	41000	nd	nd	420	53	nd	nd
Al4_01_I	8.71	7.29	11	4	2	280	9.73	214	9	7	134.5	107
Al4_04_II	nd	nd	200	700	0.08	400000	nd	nd	1520	67	nd	nd
Al4_06_III	26.6*	nd	290	300	10	23000	nd	nd	600	67	nd	nd
Al5_01_I	7.67	8.16	3	4	2	110	9.82	133	9	5	58.1	67
Al5_04_II	23	8.08	4	6	0.01	20	9.65	191	22	10	8.8	95
Al5_06_III	30.2	7.95	15	12	2	82	4.2	518	40	5	-28.8	259
Al6_01_I	8.23	8.94	4	4	2	260	8.97	148	9	5	32.2	74
Al6_04_II	22.38	7.5	3	5	0.01	160	8.9	174	20	7	24.2	87
Al6_06_III	26.7	7.61	3	7	2	120	4.95	269	23	5	-26.7	135
Al7_01_I	10.99	9.29	24	30	2	202	8.81	333	112	13	7.2	166
Al7_04_II	15.53	7.91	3	10	0.01	170000	4.46	455	38	11	-12.8	227
Al7_06_III	22.7	7.8	15	6	2	410	4.5	605	20	5	nd	nd
Al8_01_I	8.31	7.68	5	5	2	2400	10.36	157	16	5	37.3	78
Al8_04_II	19.65	7.78	5	8	0.01	500000	6.06	320	31	11	-16	160
Al8_06_III	25.8	nd	1500	130	9	18000	nd	nd	265	28	nd	nd
Al9_01_I	7.86	9.2	4	4	2	300	10.57	120	9	5	17.9	60
Al9_04_II	18.29	7.21	2	6	0.01	4000	7.73	223	24	13	37.7	111
Al9_06_III	25.9	7.94	5	17	2	160	5.51	549	57	5	-31.3	274
Al10_01_I	7.83	9.29	5	4	2	130	11.04	115	12	5	12.9	57
Al10_04_II	16.66	7.58	2	12	0.01	6900	9.28	208	40	14	31.6	104
Al10_06_III	23.31	7.94	3	7	2	86	5.37	415	23	5	-36.6	208
Al11_01_I	7.87	8.89	4	4	2	190	11.3	96	12	5	22.6	48
Al11_04_II	16.08	7.41	2	14	0.01	160	9.44	160	48	7	33.1	80
Al11_06_III	22.9	7.55	2	4	2	60	4.48	345	13	5	-16	173
Al12_01_I	8.04	9.16	5	4	2	160	16.47	101	12	5	5.8	50
Al12_04_II	16.54	7.62	2	11	0.01	5900	7.84	153	39	14	28.2	76
Al12_06_III	22.8*	nd	1	5	2	180	nd	nd	17	5	nd	nd
Al13_01_I	8.8	9.04	5	4	2	80	10.25	159	12	5	-1.4	80
Al13_04_II	15.78	7.65	6	10	0.01	1200	5.54	309	36	14	-55	154
Al13_06_III	22.5	7.8	8	20	2	25000	7	710	60	5	nd	nd
Al14_01_I	9.22	8.92	5	4	2	420	9.55	143	12	5	-44	71
Al14_04_II	15.54	7.58	4	12	0.01	1006	5.24	283	43	11	-30.5	141
Al14_06_III	21.9	7.94	6	7	2	3600	1.34	549	23	5	-79.9	275
Al15_01_I	9.31	8.11	5	6	2	90	10.46	144	14	5	-5	72
Al15_04_II	16.76	7.92	3	11	0.02	11000	6.28	247	43	16	2.6	123
Al15_06_III	23.91	7.98	4	85	5	21000	4.48	596	19	22	-30.2	298
Al16_01_I	10.36	9.42	10	4	2	120	10.59	225	9	5	-41.9	113
Al16_04_II	19.93	8.83	31	23	0.02	1700	8.6	710	84	17	-26.6	355
Al16_06_III	26.9	8.25	9	9	2	1600	8.33	972	33	5	-41	486
Al17_01_I	9.22	7.74	6	4	2	110	10.76	148	9	5	20.8	74
Al17_04_II	17.35	7.85	4	6	0.01	550	7.84	287	23	16	-8.2	143
Al17_06_III	22.91	7.66	9	9	2	2800	5.25	599	33	5	-31	299
Al18_01_I	9.2	8.83	5	4	2	60	10.75	147	9	5	-31.9	73
Al18_04_II	17.57	7.87	3	13	0.01	390	8.25	308	46	18	-6.8	154
Al18_06_III	25.53	7.62	9	9	2	1600	7	584	33	5	-11.3	292

Alguns valores para os quais se apresenta a notação nd (não determinado), significa que nesse local foi impossível determinar o respetivo parâmetro dadas as características observadas no local que impediam a colocação dos aparelhos de medição.

## 8 TRATAMENTO DE DADOS

As metodologias estatísticas constituem uma das mais poderosas ferramentas de análise de dados. A simplificação dos dados de partida, por redução da dimensão do espaço de representação, permite explicar e classificar matrizes, por vezes, demasiado complexas e vastas, tornando a sua interpretação possível. O cálculo de estatísticos descritivos é sempre o primeiro passo de todo o tratamento de dados, permitindo avaliar e filtrar, previamente os dados de partida, e definir as metodologias mais adequadas para as etapas subsequentes (Murteira, 1990).

Na tabela 8.1, representam-se os estatísticos básicos efetuados para a totalidade das amostras recolhidas em todas as campanhas. Na tabela 8.2, 8.3 e 8.4 representam-se os valores, para os mesmos estatísticos, para a 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> e 3.<sup>a</sup> campanha, respetivamente.

Tabela 8.1 - Valores de cálculo para a globalidade das amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão)

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Temp	7.540	30.200	16.182	6.842
pH	6.510	9.420	8.034	0.728
SST	2.000	200.000	11.500	29.950
CQO	9.000	1560.000	67.652	231.107
CBO5	4.000	750.000	28.630	111.112
Nt	5.000	79.000	10.587	11.735
Pt	0.010	5.000	1.333	1.109
ColifT	20.000	500000.000	28701.239	101706.051
ORP	-79.900	233.200	7.735	61.820
OD	1.340	16.470	8.121	2.835
μS	96.000	1932.000	355.891	324.566
SDT	48.000	966.014	177.850	162.313

A análise destes valores permite-nos verificar que a dispersão em torno do valor central é grande. A variabilidade observada ao longo do curso de água, para a generalidade dos valores e das campanhas, revela um meio bastante heterogéneo.

Tabela 8.2 - Valores de cálculo para a 1.<sup>a</sup> campanha de amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão)

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Temp	7.540	11.420	8.993	1.264
pH	6.510	9.420	8.314	1.016
SST	3.000	24.000	6.889	4.849
CQO	9.000	112.000	17.167	24.030
CBO5	4.000	30.000	5.778	6.103
Nt	5.000	29.000	7.111	5.840
Pt	2.000	2.000	2.000	0.000
ColifT	60.000	2400.000	413.444	661.485
ORP	-44.000	233.200	42.867	78.305
OD	8.560	16.470	10.317	1.758
μS	96.000	1080.000	221.722	228.709
SDT	48.000	540.000	110.722	114.368

Pode concluir-se que a variabilidade dos valores, assim como os seus limites, são menos assimétricos quando analisados apenas dados constantes de uma única campanha, ainda assim parâmetros como os coliformes fecais, os SDT e a condutividade elétrica apresentam uma grande variabilidade ao longo da ribeira da Lória.

Tabela 8.3 - Valores de cálculo para a 2.ª campanha de amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão)

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Temp	15.530	23.000	17.803	2.299
pH	7.210	8.830	7.816	0.432
SST	2.000	200.000	19.765	48.715
CQO	20.000	1560.000	146.647	372.734
CBO5	5.000	750.000	61.353	180.272
Nt	7.000	79.000	16.882	16.363
Pt	0.010	0.090	0.018	0.020
ColifT	20.000	500000.000	75393.294	159348.366
ORP	-64.000	65.700	-2.565	36.716
OD	3.760	11.210	7.335	2.135
µS	153.000	1932.000	387.118	421.899
SDT	76.336	966.014	193.418	210.992

Para a segunda campanha, é evidente a existência de valores com oscilações ao longo da ribeira da Lória que pode apontar para valores anómalos, como é o caso dos coliformes fecais (Tabela 8.3). A variabilidade associada aos parâmetros Sólidos Totais Dissolvidos, Carência Química de Oxigénio, Carência Bioquímica de Oxigénio e Condutividade Elétrica é, igualmente, grande.

Tabela 8.4 - Valores de cálculo para a 3.ª campanha de amostras (mínimo, máximo, média e desvio-padrão)

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Temp	21.900	30.200	25.441	2.773
pH	7.550	8.570	7.910	0.304
SST	2.000	15.000	6.273	3.875
CQO	13.000	57.000	28.182	12.906
CBO5	4.000	85.000	15.455	23.351
Nt	5.000	22.000	6.545	5.126
Pt	2.000	5.000	2.273	0.905
ColifT	21.000	21000.000	2829.909	6155.371
ORP	-79.900	-11.300	-33.836	17.725
OD	1.340	12.260	5.743	2.771
µS	269.000	972.000	527.182	184.357
SDT	135.000	486.000	263.636	92.044

Na terceira campanha, observa-se uma grande variabilidade no que respeita aos valores em coliformes fecais (Tabela 8.4). A variabilidade associada aos outros parâmetros analisados é menor do que no caso das campanhas anteriores (Janeiro e Abril, respectivamente estação húmida e temperada; Tabela 8.2 e 8.3).

Contudo, a análise estatística tende a negligenciar muitos dados que carecem de uma análise mais pormenorizada, porque podem representar situações pontuais mas nem por isso menos importantes ou relevantes no contexto da avaliação da qualidade da água numa rede de monitorização. Desta forma, a avaliação dos outliers deverá ser conduzida com algum cuidado, tendo sempre de entender a sua origem e causas prováveis.

A utilização de metodologias da estatística multivariada permitem caracterizar as relações existentes entre os diferentes parâmetros analisados nos pontos amostrados. Permite, ainda, estabelecer padrões de comportamento entre os diferentes pontos amostrados e, desta forma, caracterizar a evolução da dispersão ao longo da linha de água. Desta forma, constitui uma poderosa ferramenta para o esclarecimento da incerteza sempre presente na gestão dos recursos hídricos e dos problemas ambientais, no âmbito das bacias hidrográficas (Ghosh e Mujumdar, 2006).

Pode afirmar-se que a análise multivariada é a área da análise estatística que se preocupa com as relações entre variáveis e como tal apresenta duas características principais: os valores das diferentes variáveis devem ser obtidos sobre os mesmos indivíduos e as mesmas devem ser interdependentes e consideradas simultaneamente.

No presente trabalho utilizaram-se sequencialmente duas metodologias: a Análise em Componentes Principais - para a descrição do quadro de partida - e a Classificação Hierárquica Ascendente - para a classificação dos dados e agrupamento em unidades significativas.

## **8.1 Análise em Componentes Principais**

É o mais antigo método de ordenação, o mais conhecido e com mais exemplos de aplicação em matrizes com variáveis de partida quantitativas. A Análise em Componentes Principais parte do cálculo dos autovalores e correspondentes autovectores de uma matriz de variâncias-covariâncias, ou de uma matriz de coeficientes de correlação, entre as variáveis do quadro de partida. Quando as variáveis, devido a diferentes escalas de representação, não podem ser diretamente comparadas, torna-se necessário padronizar os dados, de modo a que as variáveis, assim transformadas, passem a ter médias zero e variância unitária. O método mais utilizado para padronizar matrizes complexas de dados, implica a subtração da média e a divisão pelo desvio padrão correspondente, para todos os parâmetros em análise. Nesses casos, com variáveis padronizadas, a matriz de variâncias-covariâncias e a de coeficientes de correlação tornam-se idênticas. Como tal, a padronização acarreta uma forte influência na estrutura da matriz de variâncias-covariâncias e, conseqüentemente, nos resultados da análise, pelo que a sua utilização deve ser criteriosa levando sempre em conta a natureza dos dados em estudo e o enfoque que se pretende dar (Chatfield et al., 1980).

A Análise em Componentes Principais é, portanto, uma técnica de transformação de variáveis. Se cada variável medida pode ser considerada como um eixo de variabilidade, estando usualmente correlacionada com outras variáveis, esta análise transforma os dados de tal modo permite descrever a variabilidade existente, com um nível de significância aceitável e com uma redução significativa do espaço de projeção. Graficamente pode ser descrita como a rotação de

pontos existentes num espaço multidimensional originando eixos, ou componentes principais, que dispostos num espaço a duas (ou mais, consoante a percentagem da variabilidade total que se pretende representar) dimensões representem a variabilidade suficiente para a interpretação simultânea de parâmetros e indivíduos. O algoritmo da Análise em Componentes principais inicia-se com o cálculo dos autovalores e correspondentes autovectores, partindo de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de correlações entre variáveis (matriz de inércia). O primeiro autovalor a ser determinado corresponderá à maior percentagem da variabilidade total presente e assim sucessivamente. Geralmente, os dois ou três primeiros autovectores encontrados explicarão a maior parte da variabilidade presente. Quando o primeiro autovector já explica 90 a 95% da variabilidade isso deve ser encarado com cuidado e verificado se não estão presentes variáveis com valores de magnitudes muito maiores que as demais (Reis, 1997).

Os autovectores correspondem às componentes principais e são o resultado do contributo das variáveis originais para cada um deles. Tais contributos podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável em relação às componentes principais, e os respetivos sinais, se positivos ou negativos, indicam relações diretas ou inversamente proporcionais (Chatfield et al, 1980).

A representação gráfica dos componentes principais selecionados com a projeção dos atributos originais, no novo espaço assim construído, permite mostrar a relação entre as variáveis de partida e ainda destas com os valores experimentais estudados.

## **8.2 Classificação Hierárquica Ascendente (Cluster Analysis)**

A Classificação Hierárquica Ascendente é uma técnica, da estatística multivariada, cujo propósito fundamental é classificar, os valores de uma matriz de dados, num número discreto de grupos de máxima semelhança (Reis, 1997).

Segundo Tversky (1977), a técnica pode ser utilizada quando se deseja explorar as similaridades entre indivíduos (modo Q) ou entre variáveis (modo R) definindo-os em grupos, considerando simultaneamente, no primeiro caso, todas as variáveis medidas em cada indivíduo e, no segundo, todos os indivíduos nos quais foram feitas as mesmas mensurações. Segundo este método, desenvolvido inicialmente em Zoologia por taxinomistas numéricos, procura-se construir agrupamentos homogêneos partindo de atributos representados num espaço n-dimensional, um número conveniente de grupos de máxima semelhança quantificada pela aplicação de coeficientes de similaridade ou de proximidade.

A forma gráfica mais usada para representar o resultado final dos diversos agrupamentos é o dendograma. Nele estão dispostas linhas, ligadas segundo os diferentes níveis de similaridade ou distância. Como este gráfico é uma simplificação em duas dimensões de uma relação n-dimensional é inevitável que algumas distorções, quanto à similaridade, possam surgir. A medida de tal distorção pode ser obtida por um coeficiente de correlação (Hamer e Cunningham, 1981).

## 9 RESULTADOS

### 9.1 Análise Estatística Descritiva - avaliação de valores anómalos

Tanto a média como o desvio padrão podem não ser medidas adequadas para representar um conjunto de valores, uma vez que são afectadas, de forma exagerada, por valores extremos. Além disso, apenas com estas duas medidas não é evidente a assimetria da distribuição dos valores. Para solucionar estes problemas, pode ser utilizada a BoxPlot (Figura 9.1). Para construí-la, é desenhada uma “caixa” com um nível superior dado pelo terceiro quartil ( $Q_3$ ) e o nível inferior pelo primeiro quartil ( $Q_1$ ). A mediana ( $Q_2$ ) é representada por um traço no interior da caixa e segmentos de recta são colocados da caixa até os valores máximos e mínimo, que não sejam observações discrepantes. O critério para decidir se uma observação é discrepante pode variar.

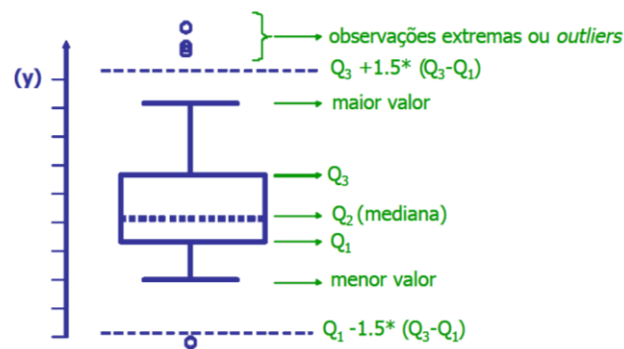


Figura 9.1 - Representação esquemática de uma Box Plot

A análise realizou-se seguindo uma metodologia para a deteção de valores anómalos que consistiu na observação global dos valores da amostragem para as três campanhas realizadas, em período húmido, temperado e seco. Uma segunda análise, com a exclusão dos pontos onde se verificaram valores mais externos de modo a concluir sobre o peso dos mesmos na análise; excluindo-se os pontos dentro do aglomerado urbano AL1, AL2, AL3 e o ponto de amostragem realizado na ETAR de Alcains (AL7). A terceira abordagem foi efetuada com todos os pontos das três campanhas de amostragem, incluindo os pontos AL1, AL2, AL3 e AL7 e sem os mesmos.

A figura 9.2 representa o comportamento dos valores da temperatura para as três campanhas realizadas; não sendo revelador de valores anómalos significativos.

a) Janeiro

b) Abril

c) Junho

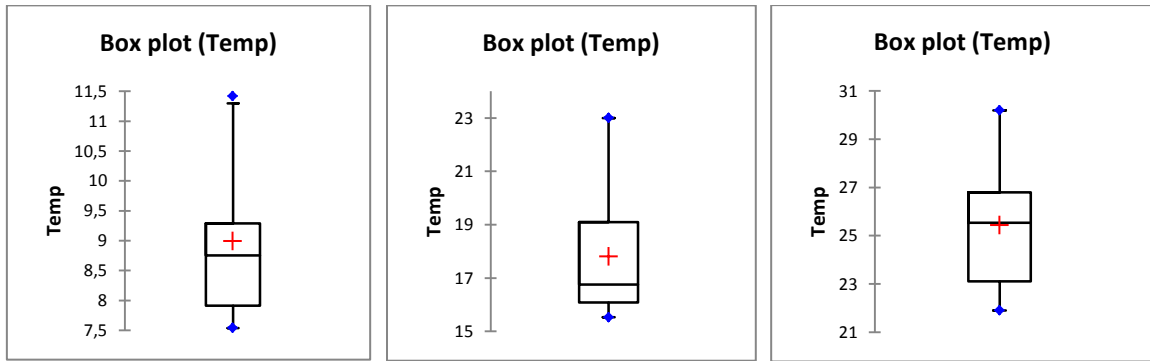


Figura 9.2 - Boxplot para a Temperatura obtida nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

A figura 9.3, representa o comportamento dos valores da temperatura para as três campanhas de amostragem realizadas, não sendo revelador de valores anómalos significativos onde se excluíram os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7 que representam em geral anómalos severos para diversos parâmetros.

d) Janeiro

e) Abril

f) Junho

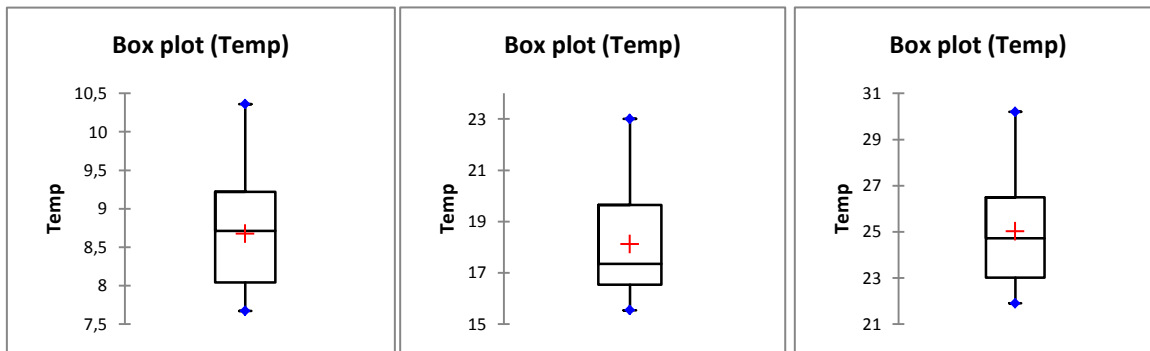


Figura 9.3 - BoxPlot para a Temperatura realizada nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Pela análise da figura 9.4, observa-se uma representação dos valores máximos e mínimos e dos valores extremos, verificando-se alguma uniformidade na distribuição dos valores, ao longo do curso de água, considerando as três campanhas em conjunto quer com ou sem a contribuição dos pontos AL1,AL2,AL3 e AL7.

g) Todas as Campanhas e pontos

h) Todas as campanhas sem AL1,AL2,AL3 e AL7

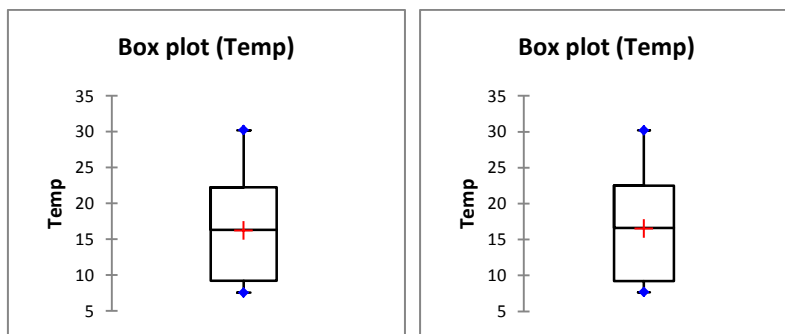


Figura 9.4 - BoxPlot para a Temperatura realizada nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010): g) com todos os pontos, h) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.5 e 9.6 representam o comportamento dos valores do pH para as três campanhas realizadas, não sendo revelador de valores anómalos significativos na primeira campanha. Contudo, alguns valores anómalos obtidos na segunda e terceira campanhas de amostragem, poderá estar relacionado com o facto destas campanhas não se terem realizado durante o mesmo período do dia e deste modo existir uma maior variabilidade de valores ao longo do curso de água.

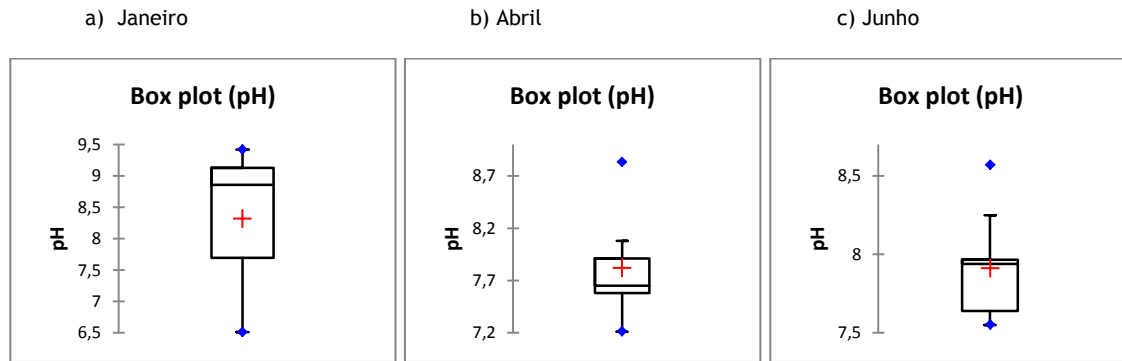


Figura 9.5 - Boxplot para o pH realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

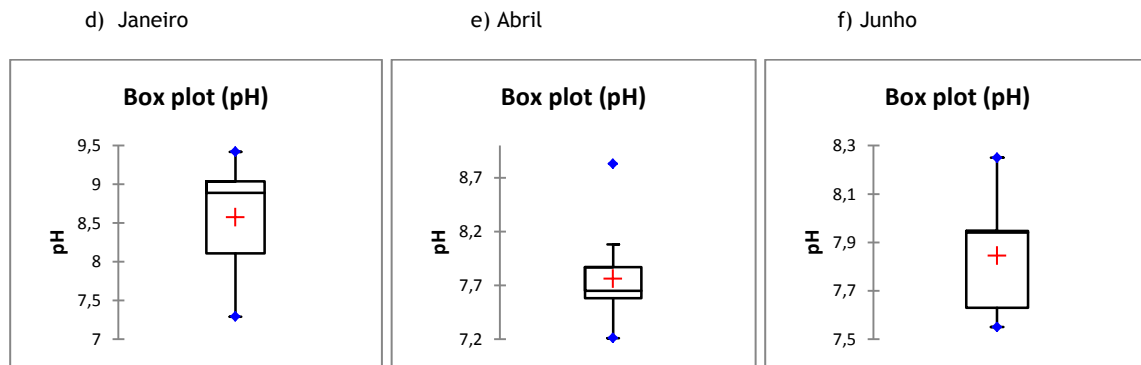


Figura 9.6 - BoxPlot para o pH realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Verifica-se na figura 9.7 que os valores em geral aproximam-se mais dos valores mínimos verificados.

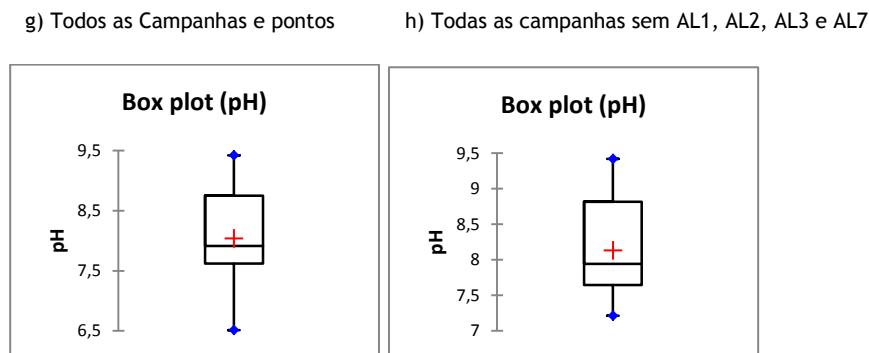


Figura 9.7 - BoxPlot para o pH realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010): g) com todos os pontos; h) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.8 e 9.9, representam o comportamento dos valores dos SST para as três campanhas sendo revelador de valores anómalos significativos na primeira e segunda campanha realizadas. Apontando para grande heterogeneidade do meio.

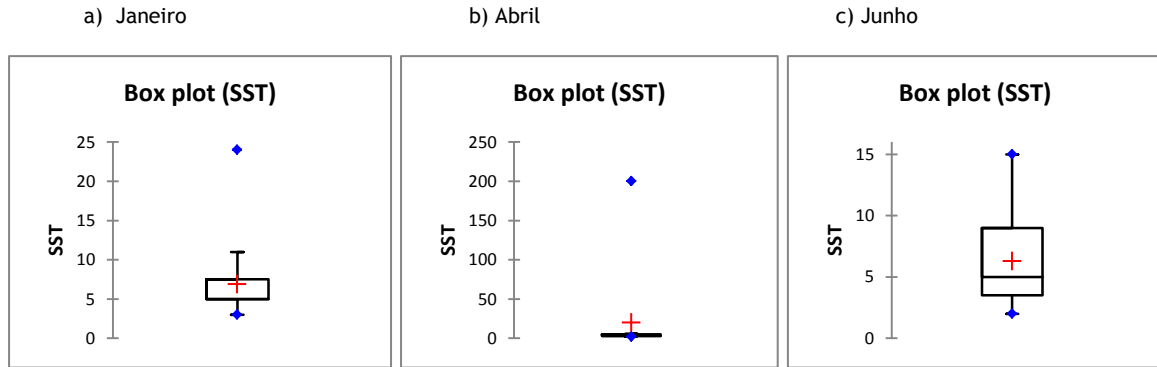


Figura 9.8 - Boxplot para o SST realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

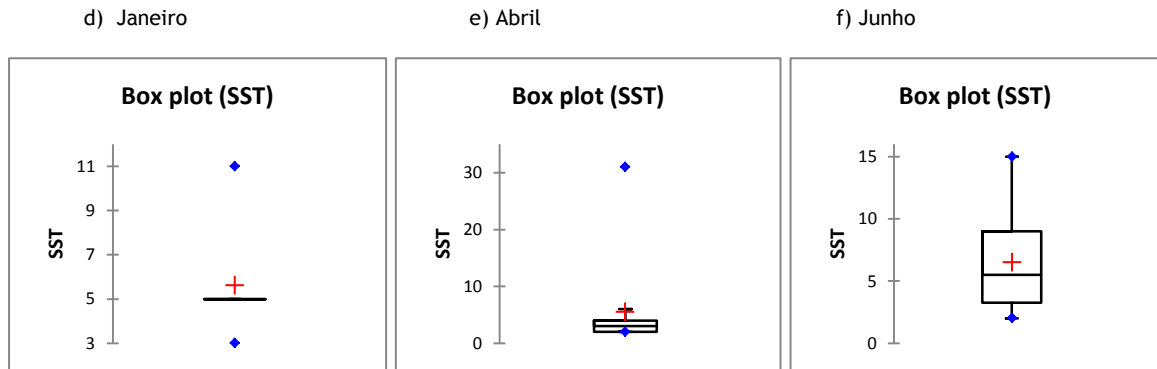


Figura 9.9 - BoxPlot para o SST realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Verifica-se um peso significativo de valores extremos, pelo que a análise dos valores em conjunto perde expressividade (Figura 9.10).

g) Todos as Campanhas e pontos

h) Todas as campanhas sem AL1,AL2,AL3 e AL7

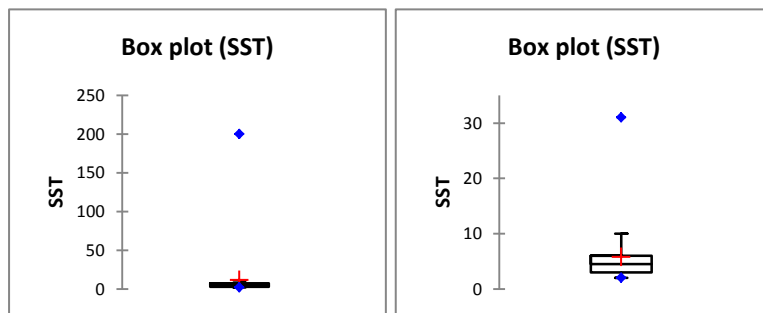


Figura 9.10 - BoxPlot para o SST realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010): g) com todos os pontos; h) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.11 e 9.12, representam o comportamento dos valores do parâmetro CQO, estudado para as três campanhas sendo revelador de valores anómalos significativos na primeira e segunda campanhas de amostragem. Revelando a análise, que sem a consideração dos valores de AL1,AL2,AL3 e AL7 se atenua o peso dos valores anómalos significativamente.

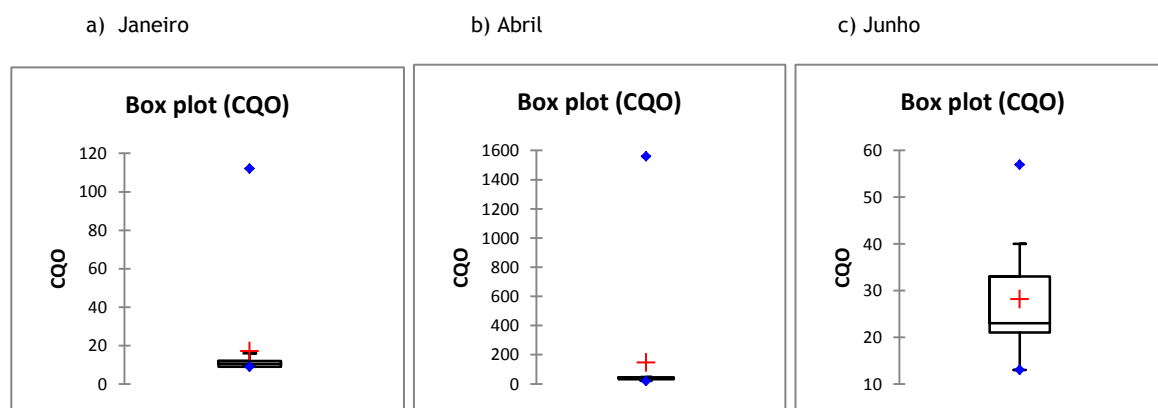


Figura 9.11 - Boxplot para o CQO realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

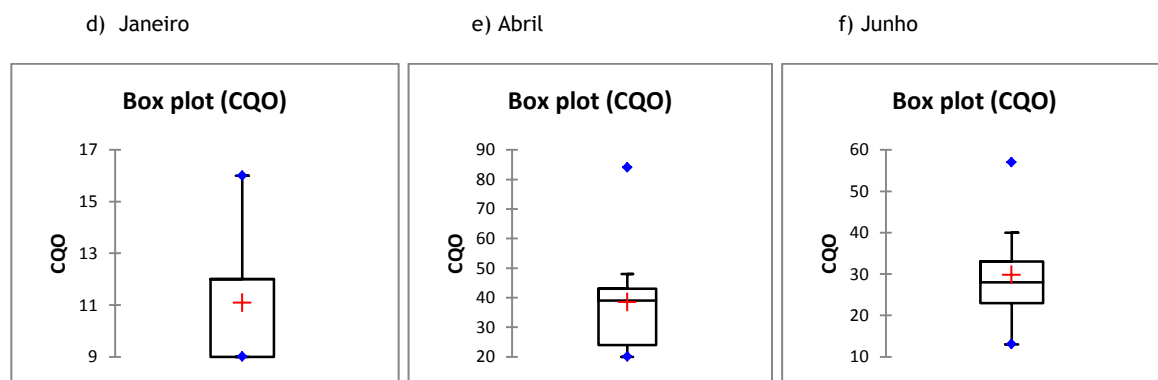


Figura 9.12 - BoxPlot para o CQO realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Na figura 9.13, observa-se como se pode atenuar a presença dos valores anómalos excluindo os pontos AL1, AL2, AL3 e AL7 que são considerados pontos de alta contribuição de poluição para o meio.

- g) Todos as Campanhas e pontos      h) Todas as campanhas sem AL1,AL2,AL3 e AL7

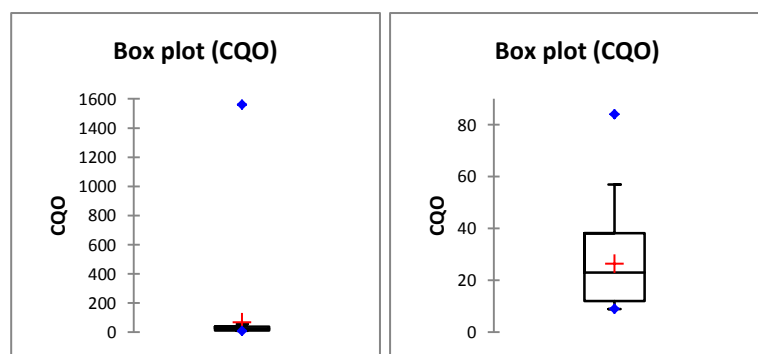


Figura 9.13 - BoxPlot para o CQO realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010): g) com todos os pontos; h) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.14 e 9.15, representam o comportamento dos valores do parâmetro  $CBO_5$ , estudado para as três campanhas sendo revelador de valores anómalos significativos em todas as campanhas de amostragem, ainda que exista um peso significativo dos pontos AL1,AL2,AL3 e AL7 pois na figura 9.15 e) obtêm-se uma atenuação significativa dos valores anómalos.

a) Janeiro

b) Abril

c) Junho

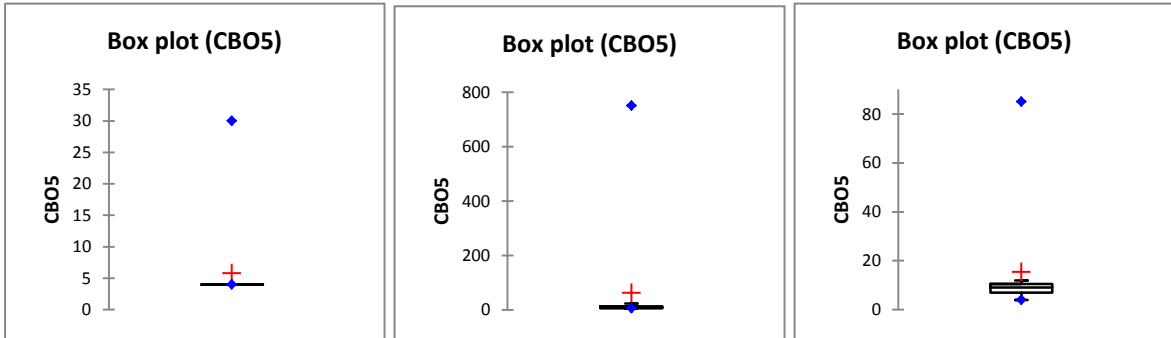


Figura 9.14 - Boxplot para o  $CBO_5$  realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

d) Janeiro

e) Abril

f) Junho

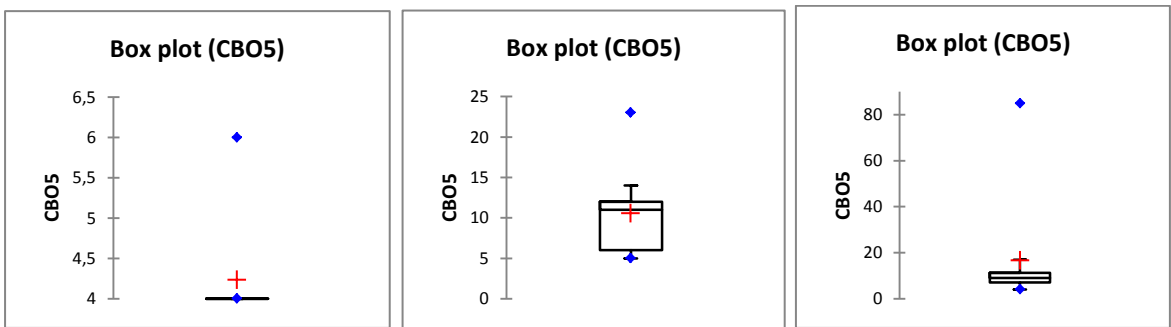


Figura 9.15 - BoxPlot para o  $CBO_5$  realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Verificou-se que o valor do  $CBO_5$ , apresenta valores anómalos em todas as campanhas, sendo mais evidente na segunda campanha. Na figura 9.16 verifica-se que a presença de valores anómalos ocorre ainda que se tenha procedido à eliminação dos pontos particulares do estudo.

g) Todos as Campanhas e pontos

h) Todas as campanhas sem AL1,AL2,AL3 e AL7

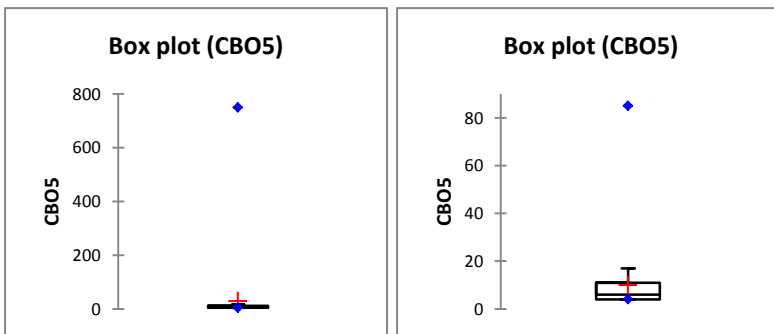


Figura 9.16 - BoxPlot para o  $CBO_5$  realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010): g) com todos os pontos; h)sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.17 e 9.18 representam o comportamento dos valores do parâmetro Nt, estudado para as três campanhas sendo revelador de valores anómalos significativos em todas as campanhas, ainda que exista um peso significativo dos pontos 1,2,3 e 7 pois na figura 9.18 e) obtêm-se uma atenuação significativa dos valores anómalos.

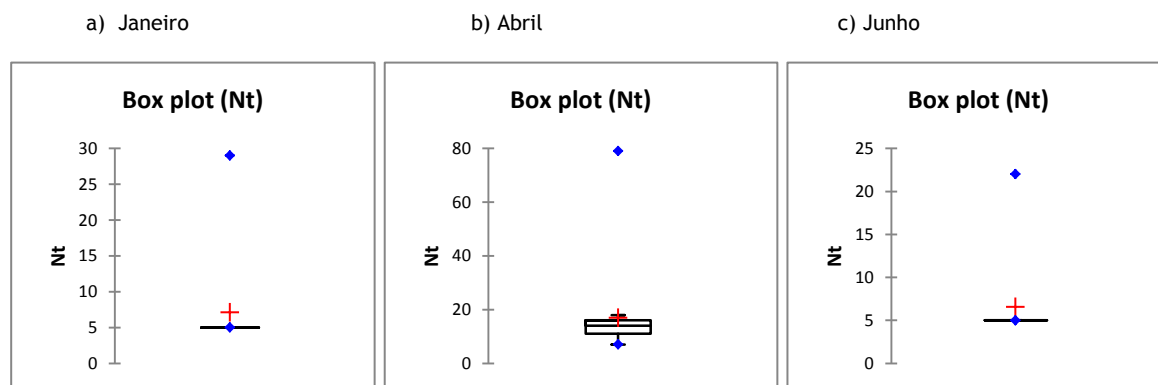


Figura 9.17 - Boxplot para o Nt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho)

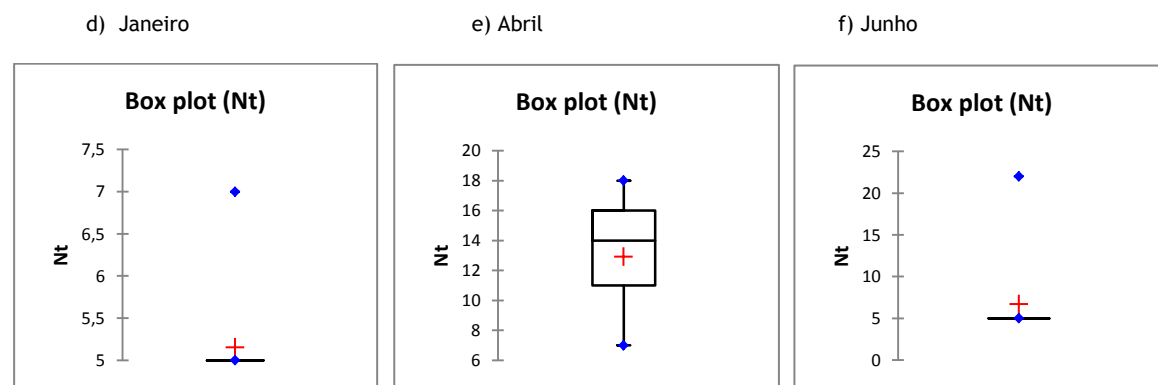


Figura 9.18 - BoxPlot para o Nt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Relativamente às concentrações de azoto total, revela-se uma grande variabilidade para todas as campanhas. Verificando-se o peso dos valores anómalos nos pontos particulares do estudo (Figura 9.19).

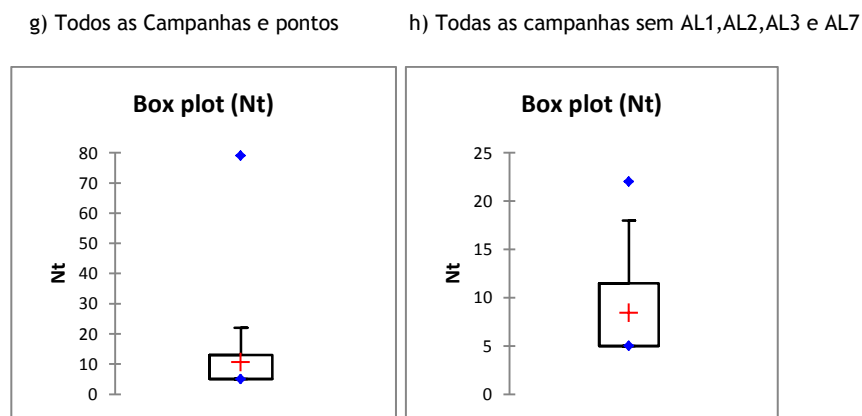


Figura 9.19 - BoxPlot para o Nt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010): g) com todos os pontos; h)sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.20 e 9.21, representam o comportamento dos valores do parâmetro Pt, estudado para as três campanhas sendo revelador de valores anómalos significativos na segunda e terceira campanhas de amostragem.

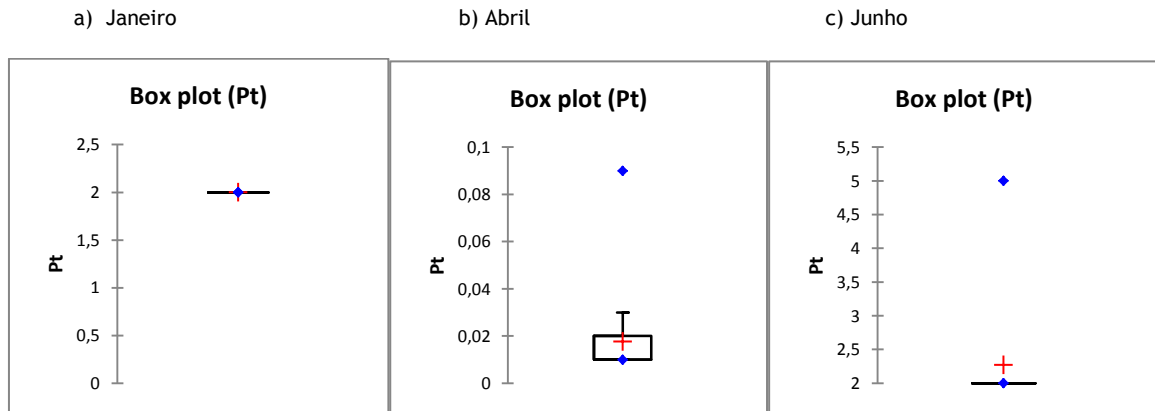


Figura 9.20 - Boxplot para o Pt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

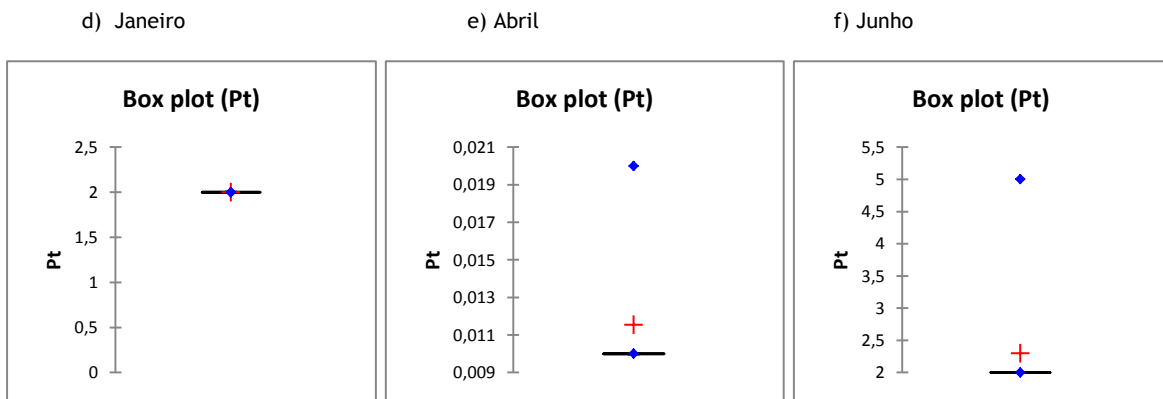


Figura 9.21 - BoxPlot para o Pt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Na análise do parâmetro fósforo total para todo o universo da amostragem, verifica-se uma grande presença de valores anómalos com tendência geral dos valores para os valores mínimos observados denotando a presença de fontes difusas de contribuição ao longo do curso (figura 9.22).

g) Todos as Campanhas e pontos                      h) Todas as campanhas sem AL1,AL2,AL3 e AL7

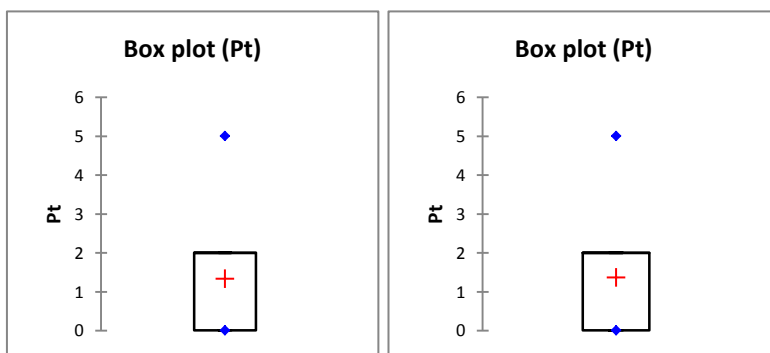


Figura 9.22 - BoxPlot para o Pt realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010): g) com todos os pontos; h)sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.23 e 9.24, representam o comportamento dos valores do parâmetro coliformes fecais, estudado para as três campanhas sendo revelador de valores anómalos significativos em todas as campanhas realizadas, concluindo-se que este é um parâmetro com um peso significativo para a degradabilidade da qualidade das águas.

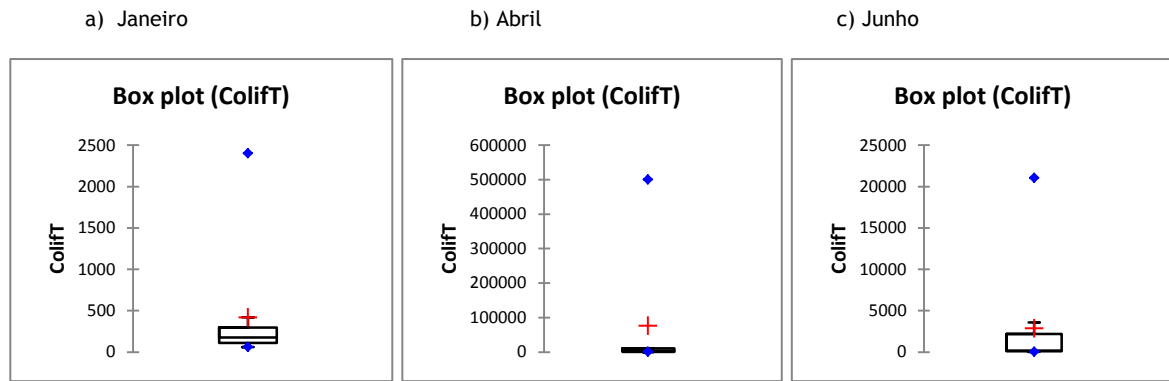


Figura 9.23 - Boxplot para os coliformes fecais realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

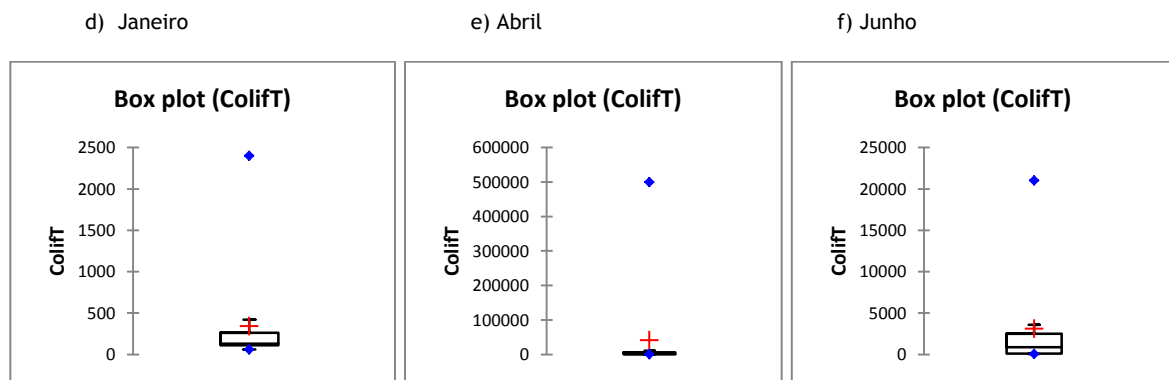


Figura 9.24 - BoxPlot para os coliformes fecais obtido nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

A presença de anómalos severos, em todas as campanhas indica a presença de um parâmetro extremamente variável ao longo do curso de água, mesmo quando o estudo é efetuado avaliando a totalidade dos valores obtidos (Figura 9.25).

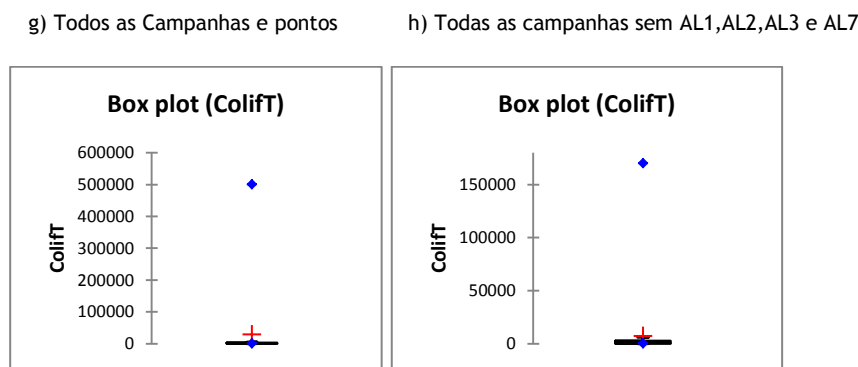


Figura 9.25 - BoxPlot para os coliformes fecais obtidos nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.26 e 9.27, representam o comportamento dos valores obtidos para as três campanhas sendo revelador de valores anómalos significativos para o oxigénio dissolvido principalmente nas primeira e terceira campanhas de amostragem.

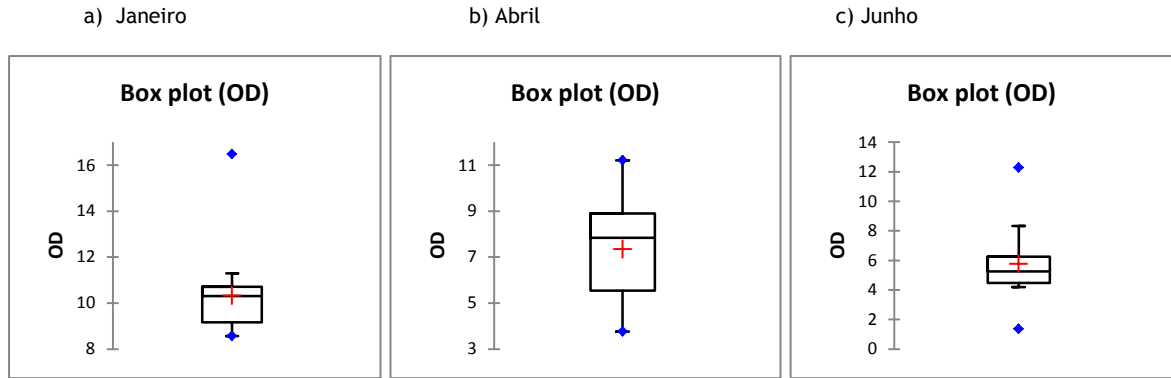


Figura 9.26 - Boxplot para o OD realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010)

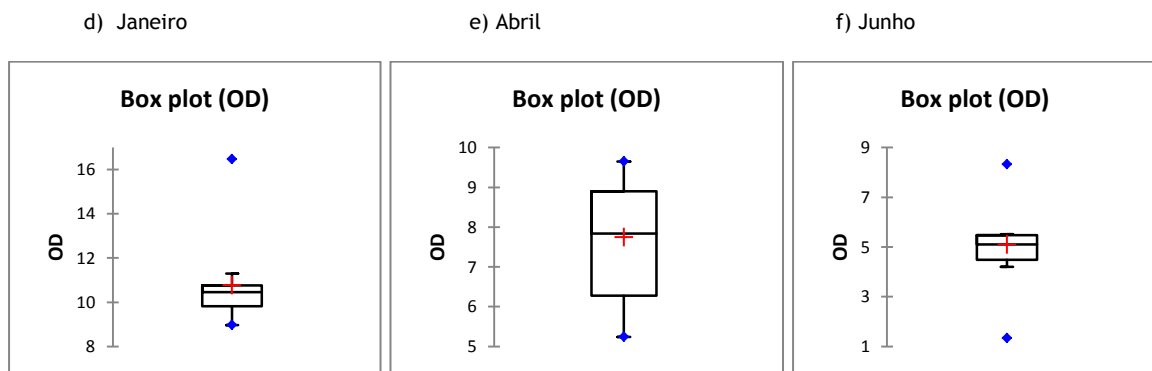


Figura 9.27 - BoxPlot para o OD realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Os valores para o oxigénio dissolvido apresentam a presença de valores extremos, embora a tendência mais geral aponte para proximidade com os valores mínimos registados, tal como se pode observar na figura 9.28.

g) Todos as Campanhas e pontos      h) Todas as campanhas sem AL1,AL2,AL3 e AL7

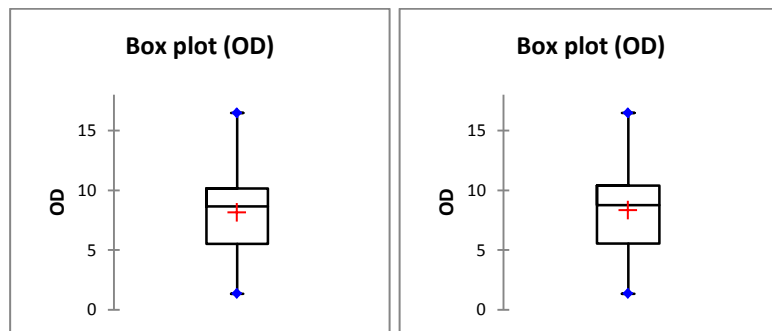


Figura 9.28 - BoxPlot para o OD realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

As figuras 9.29 e 9.30, representam o comportamento dos valores do parâmetro condutividade elétrica ( $\mu\text{s}$ ), estudado para as três campanhas; sendo revelador de valores anómalos significativos principalmente nas primeira e segunda campanhas realizada, mas atenuado o peso dos anómalos quando se removeram do estudo os pontos AL1, AL2, AL3 e AL7, o que permite concluir sobre o peso dentro do aglomerado urbano e na zona de ETAR de Alcains.

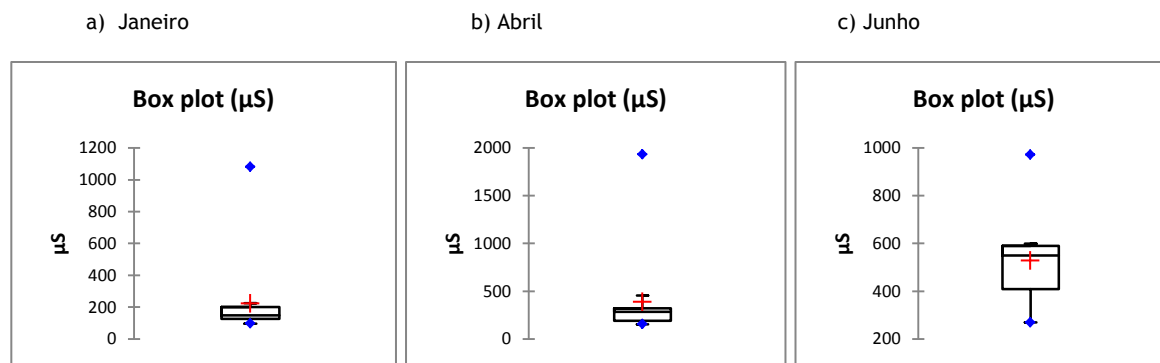


Figura 9.29 - Boxplot para a  $\mu\text{S}$  realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho)

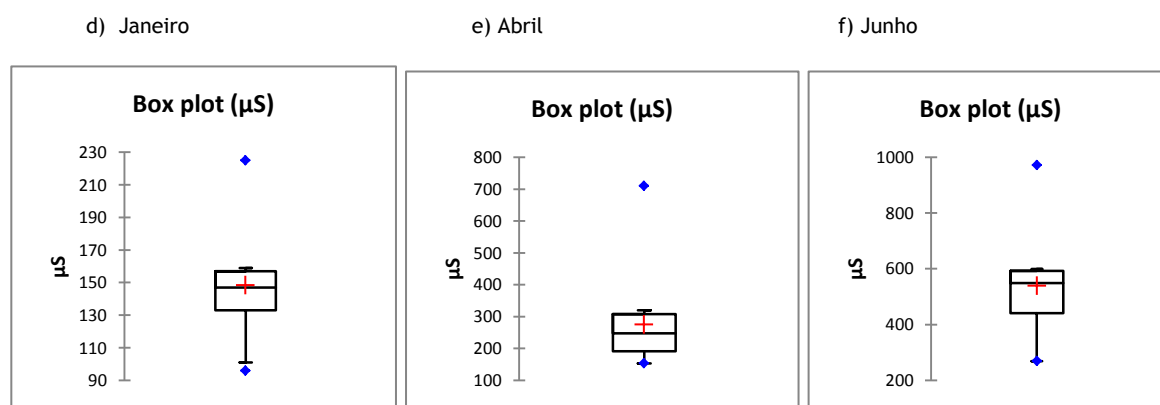


Figura 9.30 - BoxPlot para a  $\mu\text{S}$  realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

Os valores para a condutividade elétrica apresentam a presença de valores extremos, embora a tendência mais geral aponte para proximidade com os valores mínimos (Figura 9.31).

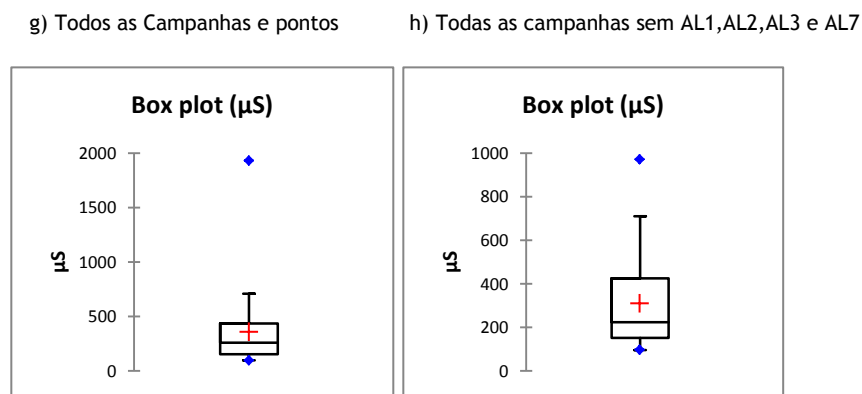


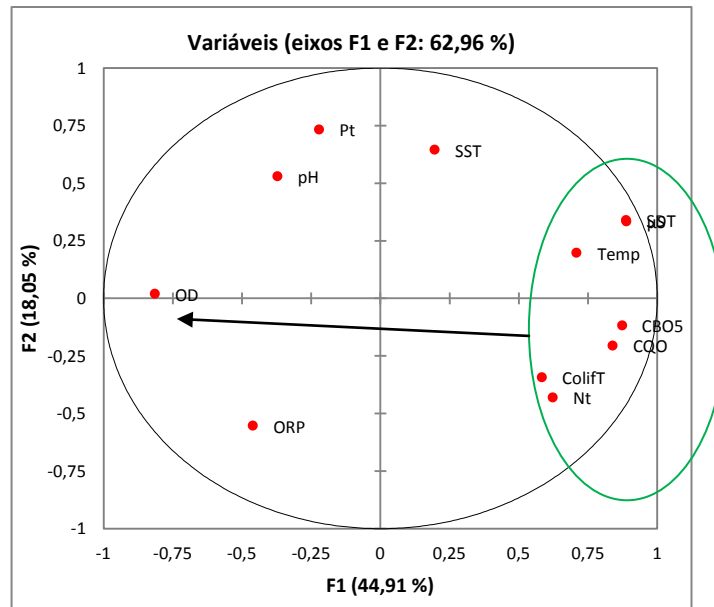
Figura 9.31 - BoxPlot para a  $\mu\text{s}$  condutividade elétrica realizado nas três campanhas (Janeiro, Abril e Junho 2010) sem os pontos AL1,AL2, AL3 e AL7.

## 9.2 Análise em componentes principais (ACP)

A matriz de partida, constituída pelos atributos (Pt, pH, OD, SST, ORP, Colif, Nt, CBO<sub>5</sub>, Temp,  $\mu$ s e SDT) e pelos indivíduos (AL1 a AL18), foi sujeita a uma Análise em Componentes Principais. De forma a padronizar os dados de partida e, desta forma, diminuir o peso dos valores anómalos, selecionou-se a técnica de correlação de Spearman. Escolheu-se, para análise futura, o plano fatorial constituído pelos dois primeiros eixos (F1 e F2). A variabilidade explicada é de aproximadamente 63%, o que se considera suficiente para a descrição de dados pretendida.

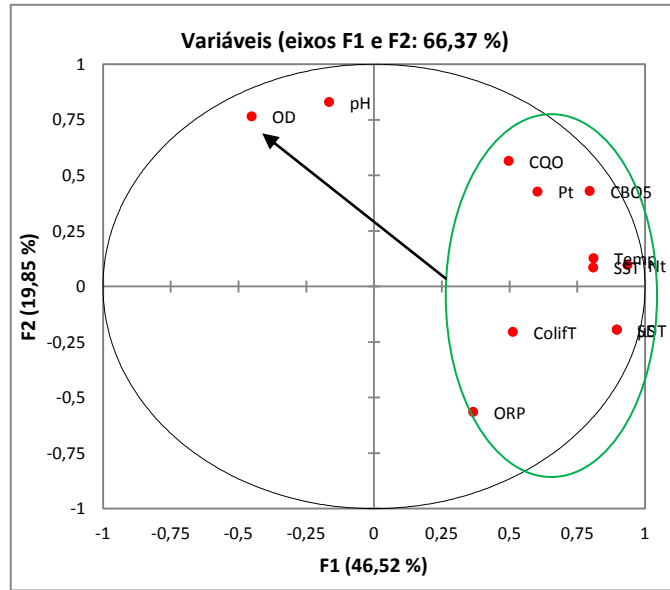
A análise do círculo de correlações (Figura 9.32 a), considerando as três campanhas de amostragem simultaneamente, permite-nos as seguintes reflexões:

As variáveis CBO<sub>5</sub>, CQO, SDT,  $\mu$ s Coliformes e Nt constituem um grupo (grupo 1). Por outro lado, o oxigénio dissolvido (OD) apresenta um comportamento inversamente proporcional ao dos parâmetros do grupo 1, o que poderá significar que existem uma forte relação entre a presença dos componentes do grupo 1 e a capacidade de degradação do curso de água.

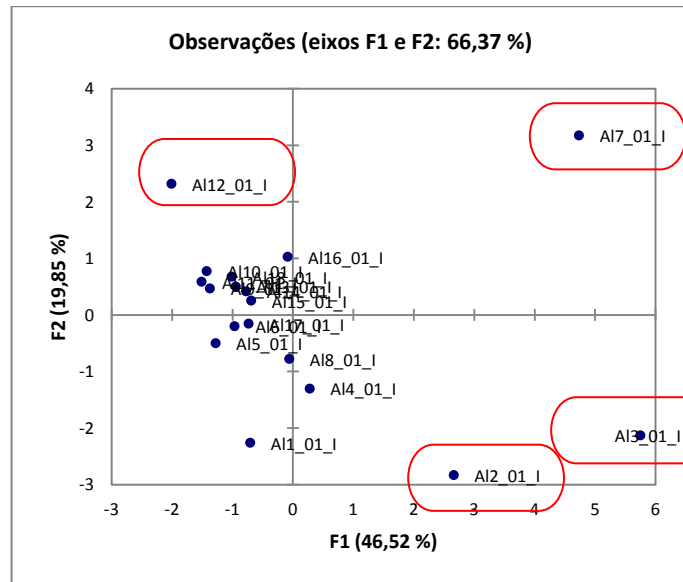


a)





a)



b)

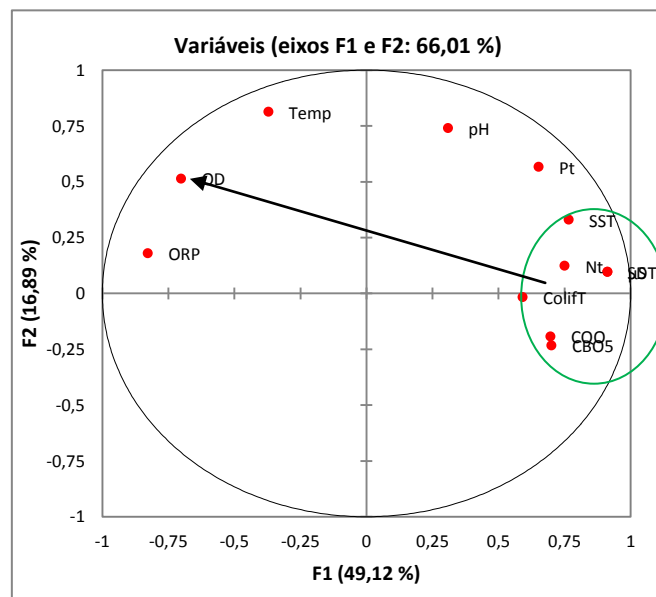
Figura 9.33 -Representação das amostras realizadas na 1ª campanha: a) Circulo de Correlação; b) diagrama de observações

Os pontos AL2, AL3, AL7 e AL12 têm um comportamento anômalo tal como se pode observar na Figura 9.33 b), tendo pela análise do Boxplot uma grande contribuição dos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, SST,  $\mu$ s, Coliformes fecais, Pt e Nt, sendo os pontos identificados zonas onde são efectuadas descargas provenientes de diversas fontes poluentes; tais como a estação elevatória, a ETAR de Alcains e a ETAR Sul de Castelo Branco. Assim como, a caixa de visita localizada dentro do aglomerado urbano correspondente ao ponto AL3 (Figura 7.1).

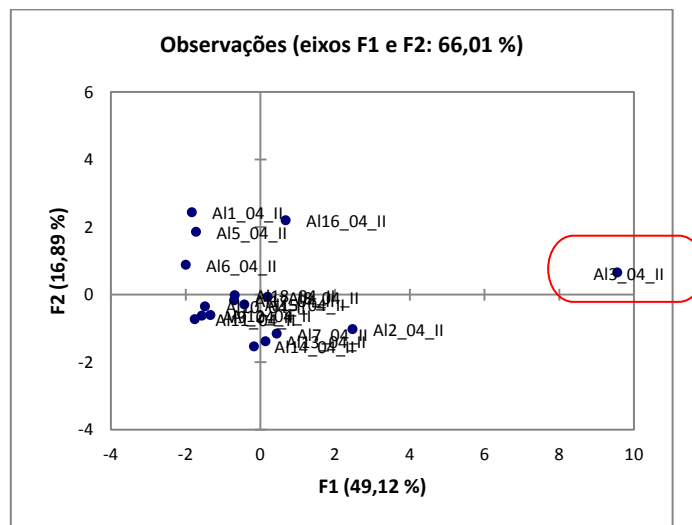
O círculo de correlações Figura 9.37 a), para o primeiro plano factorial, para a segunda campanha, realizada no mês de Abril 2010, sintetiza cerca de 66% da variabilidade total e permite considerar:

O grupo 1, constituído pelos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, SDT,  $\mu$ s, Coliformes fecais e Nt mantêm-se, mas agora, e ao contrário do observado na campanha da época húmida, a relação inversamente proporcional, com o oxigénio dissolvido (OD) evidente quando considerada a totalidade dos dados, não se verifica. Este comportamento pode ser explicado pela elevada saturação do meio, o que não permite uma relação de degradação da poluição inversamente proporcional à ação de contaminação dada a incapacidade de degradar as grandes cargas poluentes presentes no meio.

O ponto AL3\_04\_II corresponde a uma observação anómala tal como se pode observar na Figura 9.34 b), tendo pela análise do Boxplot uma grande contribuição dos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, SST,  $\mu$ s, Coliformes fecais, Pt e Nt, deste modo verificamos que existem zonas de forte contaminação, não controlada, pelo que se recomenda a verificação da real contribuição para a água da ribeira da Líria nestes pontos particulares.



a)



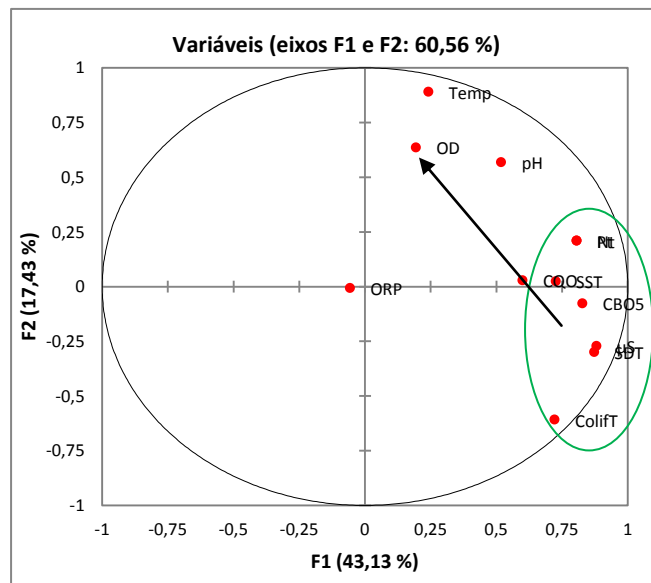
b)

Figura 9.34 -Representação das amostras realizadas na 2ª campanha: a) Circulo de Correlação; b) diagrama de observações

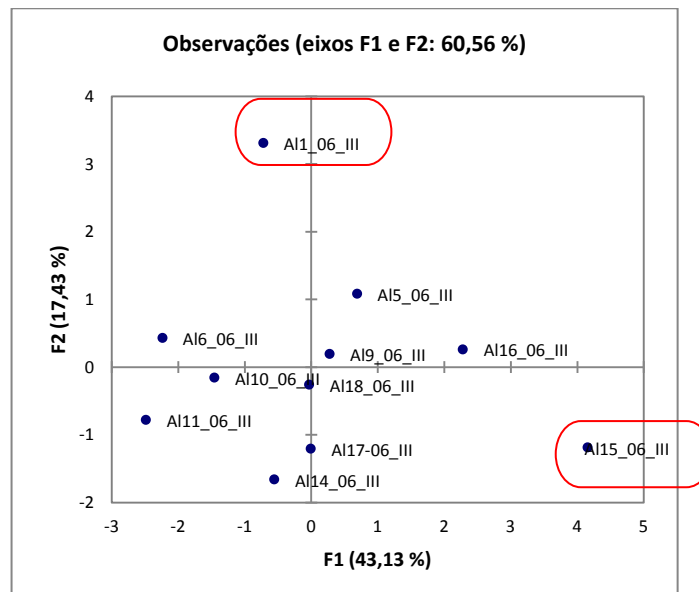
O círculo de correlações, para o primeiro plano factorial (Figura 9.35 a), para a terceira campanha, realizada no mês de Junho 2010, sintetiza cerca de 61% da variabilidade total e permite-nos considerar:

O grupo 1, constituído pelos parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, SDT,  $\mu$ s, Coliformes fecais e Nt mantêm-se. O oxigénio dissolvido (OD) não está muito bem explicado no plano, no entanto, a relação com o grupo 1 volta a não se verificar. Ou seja, só na estação húmida se verifica uma relação inversamente proporcional entre o grupo 1 e o oxigénio dissolvido (OD).

Os pontos AL1 e AL15 são pontos anómalos tal como se pode observar na Figura 9.35 b), que têm uma forte contribuição de acordo com a análise dos Boxplot dos parâmetros CBO<sub>5</sub>, Nt, Pt e coliformes fecais; o que indica a possibilidade de estarem localizados em zonas de descargas não controladas.



a)



b)

Figura 9.35 -Representação das amostras realizadas na 3ª campanha: a) Circulo de Correlação; b) diagrama de observações

### 9.3 Classificação Hierárquica Ascendente

Aplica-se na organização de entidades (amostras), em grupos onde a similaridade interna é maximizada (Reis, 1997). É aplicado onde não existem grupos definidos à priori, sintetiza a análise para apenas alguns grupos, identifica “outliers” e sintetiza as informações de um único grupo de variáveis.

A análise do dendograma (Figura 9.36), no espaço dos indivíduos, permite classificar os dados em dois grandes grupos. Os pontos: AL4\_01\_I, correspondente a uma recolha efetuada no ponto AL4, em Janeiro; também as observações realizadas no ponto AL12\_01\_I, em Janeiro se encontram isolados, apresentando características que os separam de todos os outros, no conjunto das três campanhas realizadas. Os pontos AL1, AL6, AL8, AL10, AL11 e AL17 da primeira campanha constituem um grupo e os restantes pontos, para as outras duas campanhas, o segundo grupo. Na verdade, a campanha da estação húmida, apresenta características claramente diferenciadoras, para o comportamento da dispersão dos poluentes, de épocas temperadas e secas.

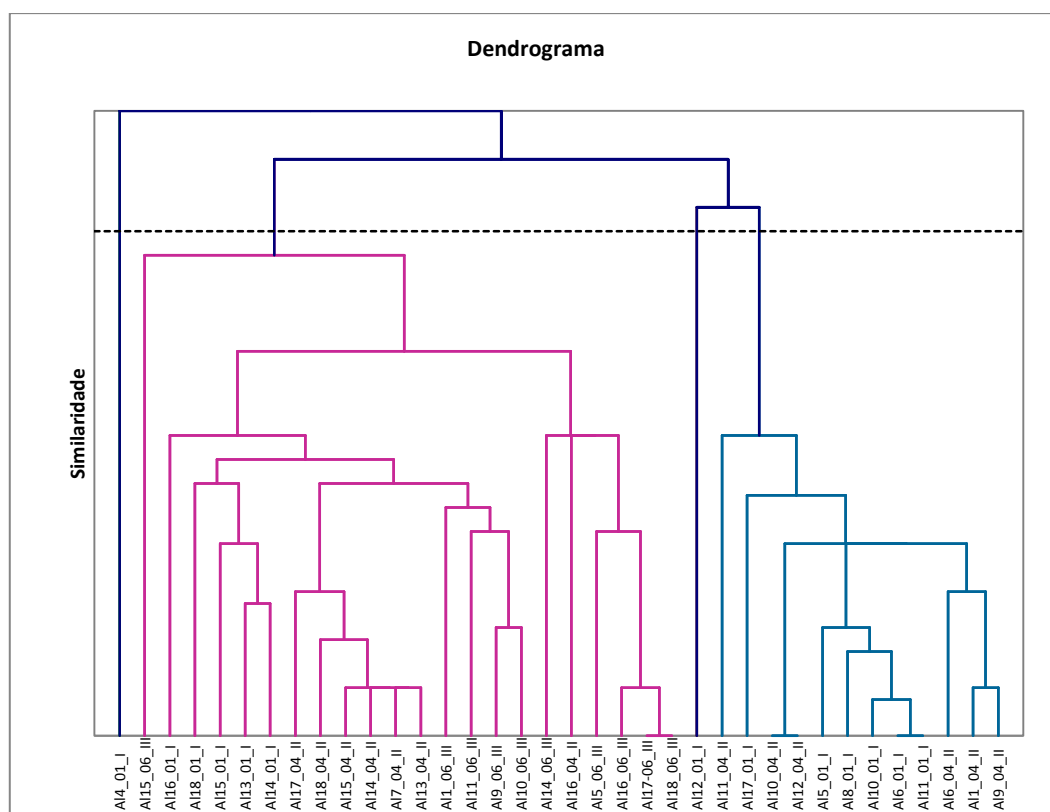


Figura 9.36 -Classificação Hierárquica ascendente para todas as amostras (Janeiro, Abril e Junho 2010)

Verifica-se pela análise da representação gráfica da classificação hierárquica ascendente para todas as amostras (Figura 9.37), o agrupamento em 4 classes de similaridade, sendo a classe 3 e classe 4 grupos de vários pontos com características semelhantes e o grupo 1 e 2 apenas constituídos por pontos individuais.

A classe 1 pode indicar um ponto onde o curso de água já apresenta alguma capacidade de regeneração e daí a diferenciação com os restantes. O ponto AL12, que corresponde ao local onde se faz a descarga da ETAR Norte de Castelo Branco (Figura 7.1), apresenta também características que o diferenciam dos restantes. A classe 3 apresenta um agrupamento de pontos, tal como as anteriores, correspondentes à recolha de amostras na época húmida indicadores de concentrações mais baixas dos diversos parâmetros analisados. Agrupados na classe 4 aparecem todos os restantes pontos da primeira campanha e os valores dos parâmetros avaliados nas segunda e terceira campanhas, ou seja indicadores de pontos com maior concentração de elementos poluentes.

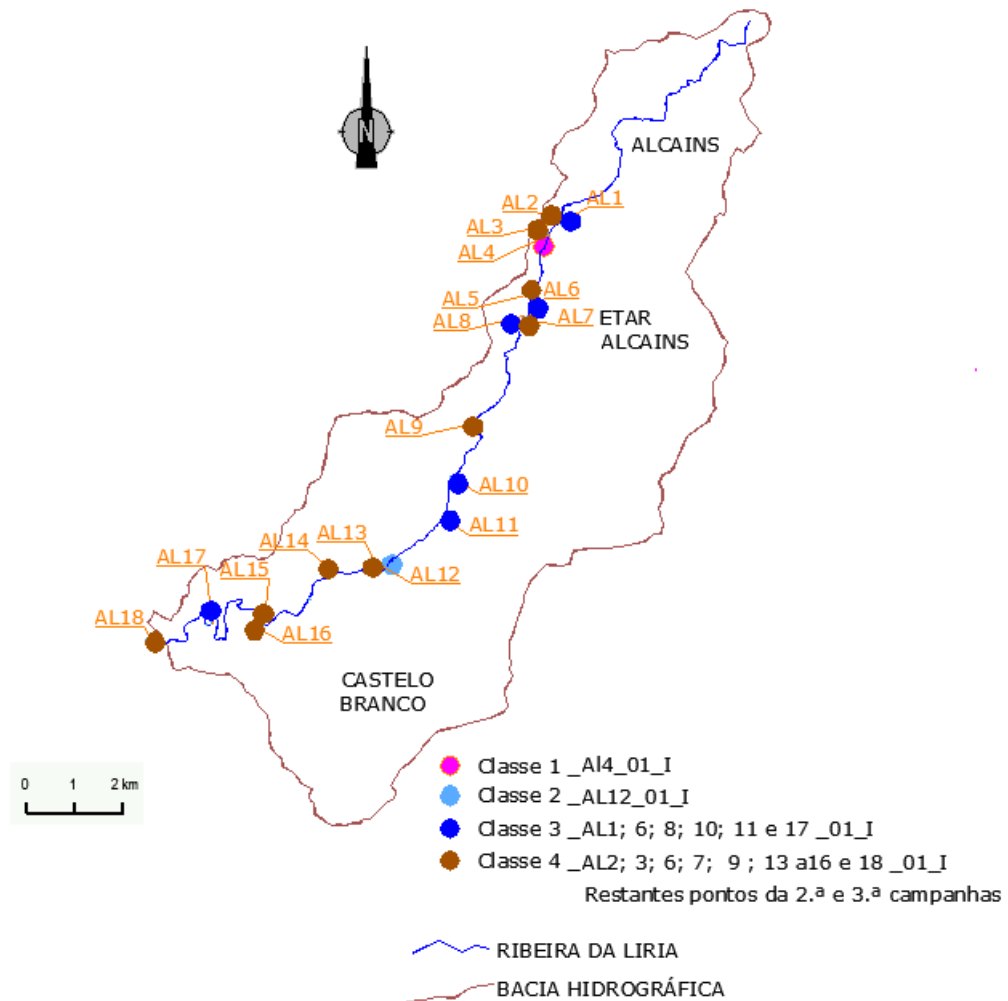


Figura 9.37 - Representação Gráfica de Classificação Hierárquica ascendente para todas as amostras (Janeiro, Abril e Junho 2010)

Classificando agora de acordo com as três campanhas, individualmente, pode verificar-se que para a primeira campanha, correspondente à época húmida:

Pela análise do dendrograma (Figura 9.38), verifica-se que os Pontos AL1, AL5, AL6, AL8 a AL11 e AL17, estão agrupados na mesma classe, os pontos AL13 a AL16 e o AL18 estão agrupados em outra classe e os pontos restantes, ou seja o AL2, AL3, AL4, AL7 e AL12 não se agrupam, pertencendo cada um a sua classe.

Nesta campanha verifica-se um claro agrupamento dos pontos onde são efetuadas descargas, o ponto AL2, AL3, AL4, AL7 e AL12, correspondendo a pontos de recolha dentro da localidade de Alcains, na ETAR de Alcains e na confluência com a descarga da ETAR Norte de Castelo Branco (Figura 7.1).

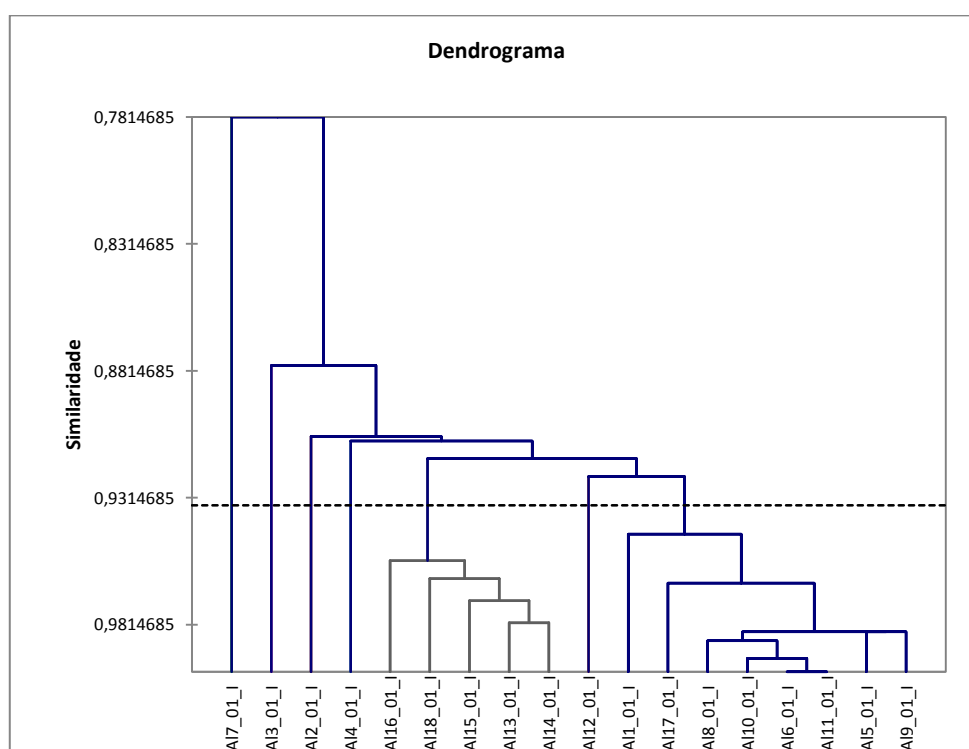


Figura 9.38 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da1ª campanha (Janeiro 2010)

Verifica-se pela análise da representação gráfica da classificação hierárquica ascendente, para as amostras correspondentes isoladamente à primeira campanha (Figura 9.39), o agrupamento em 3 classes de similaridade sendo a classe 3 indicadora de pontos com elevadas cargas poluentes, a classe 2, que apresenta os pontos com melhores valores ao longo do curso de água no que diz respeito à capacidade de depuração. E os pontos agrupados na classe 1 são pontos em termos de concentrações de carga poluentes intermédios entre a classe 2 e 3.

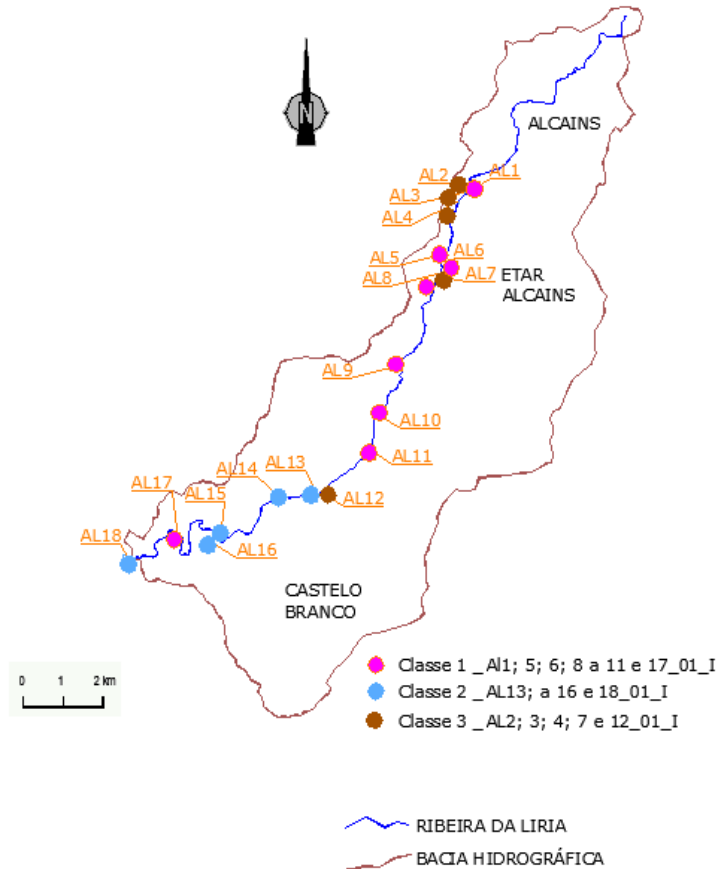


Figura 9.39 - Representação Gráfica de Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 1ª campanha (Janeiro 2010)

Para a segunda campanha, correspondente à época temperada, pode verificar-se:

Pela análise do dendograma (Figura 9.40), verifica-se que os Pontos AL1, AL6 e dos pontos AL9 ao AL12 pertencem a um grupo, o ponto AL5 está isolado e os restantes pontos constituem outro grupo de máxima semelhança.

No primeiro grupo, encontram-se os pontos característicos de zonas onde ocorrem concentrações mais baixas de poluentes e se verifica, de um modo geral, um melhor estado da qualidade da água. Os restantes pontos correspondem aos locais de descarga ao longo da linha de água.

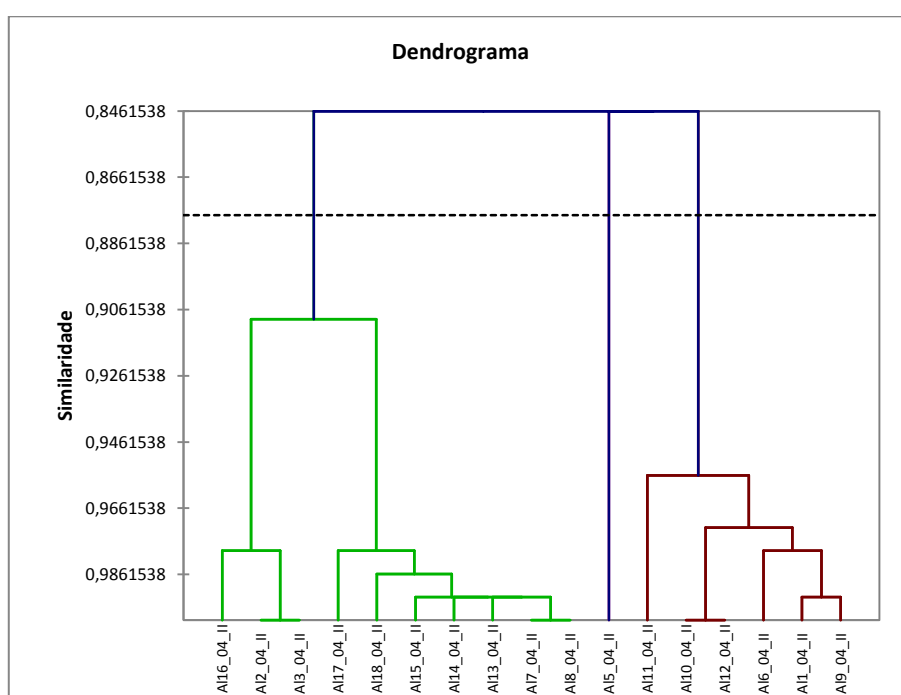


Figura 9.40 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 2ª campanha (Abril 2010)

A análise da representação gráfica da classificação hierárquica ascendente para as amostras correspondentes isoladamente à segunda campanha (Figura 9.41), ou seja período de clima mais temperado, revela que se podem estabelecer três classes de similaridade. Sendo a classe 1 que agrupa os pontos com valores mais baixos, em termos de carga poluente, e a classe 3, a que reúne os pontos com concentrações de carga poluentes mais elevadas. O ponto 5 pode ser indicador de fontes de poluição difusa dado que se apresenta diferenciado dos restantes e agrupado isoladamente na classe 2.

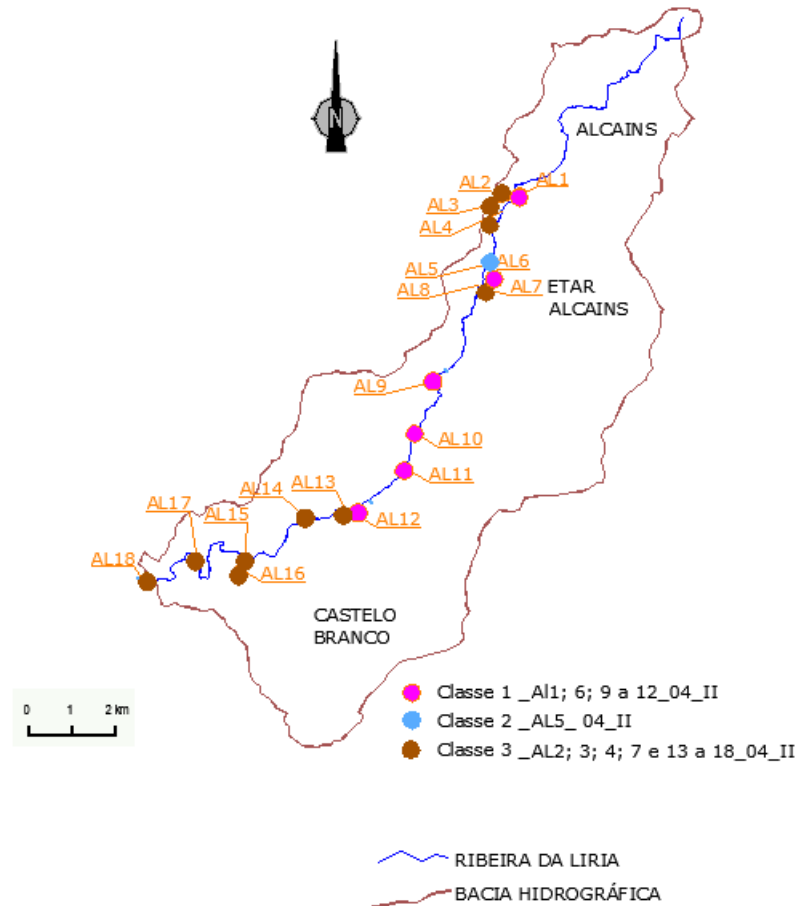


Figura 9.41 - Representação Gráfica de Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 2ª campanha (Abril 2010)

Para a última campanha, correspondente à época seca, pode concluir-se:

Verifica-se que tal como para a segunda campanha (Figura 9.42), os pontos AL1, AL6, AL9, AL10 e AL11 pertencem a um grupo. Nesta campanha, o ponto AL5 aparece agrupado com os pontos AL16, AL17 e AL18, o que poderá indicar a capacidade de regeneração do curso de água após as zonas de descarga nesse local. No caso dos pontos AL14 e AL15, individualmente, apresentam um comportamento diferenciado dos restantes sendo um possível explicação a proximidade de possíveis fontes de descarga e da ribeira da Seta.

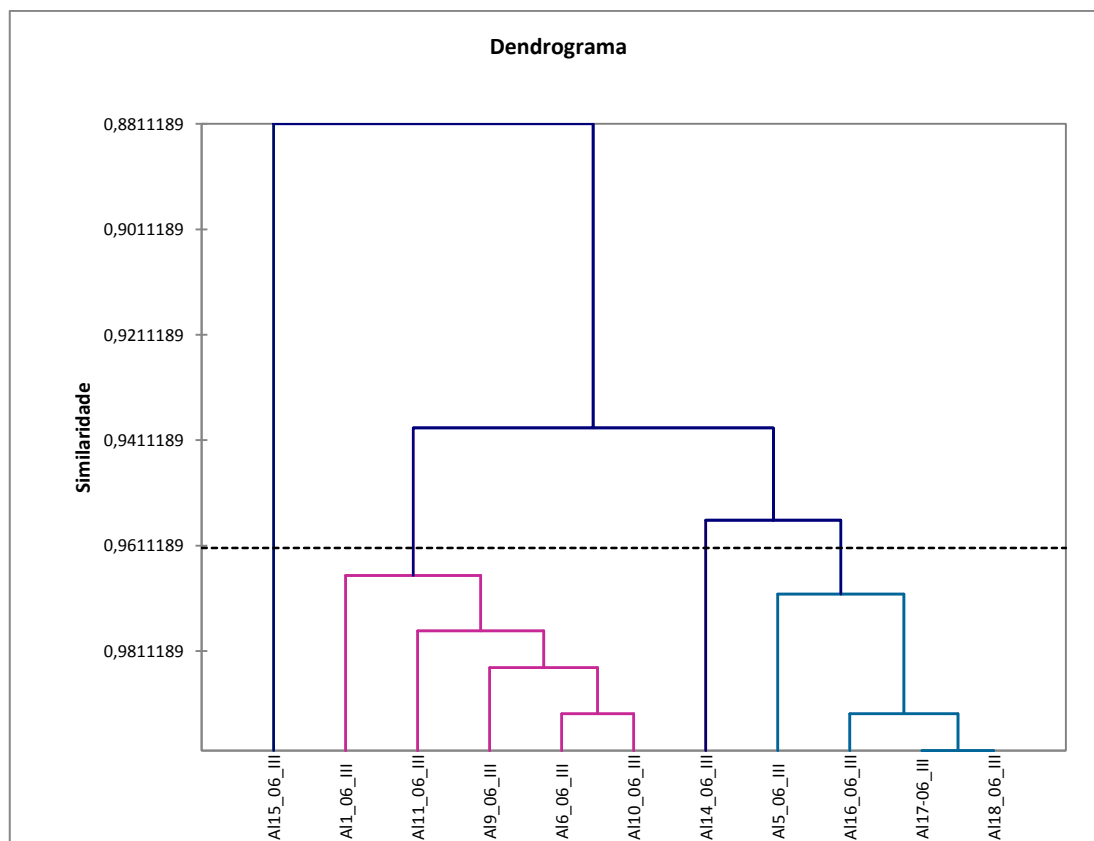


Figura 9.42 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 3ª campanha (Junho 2010)

É revelado pela análise da representação gráfica da classificação hierárquica ascendente para as amostras correspondentes isoladamente à terceira campanha (Figura 9.43), ou seja período de clima mais seco, uma maior heterogeneidade ao longo do curso de água. Sendo de notar que por dificuldades de recuperação e obtenção de amostras, alguns pontos não foram considerados nesta análise, como é o caso dos pontos AL2, AL3, AL4, AL8 e AL12. Sendo a classe 1 que agrupa os pontos com valores elevados em termos de carga poluente, a classe 3 a que reúne os pontos com menores concentrações de carga poluentes. Os pontos AL14 e AL15 podem ser indicadores de fontes de poluição difusa dado que se apresentam diferenciados entre si e dos restantes, estando agrupados isoladamente na classe 2 e 4.

A análise em componentes principais e a classificação hierárquica ascendente permitiram visualizar a distribuição espacial de grupos que poderão indiciar a existência de fontes de poluição difusa a incluir em desenvolvimentos futuros deste trabalho.

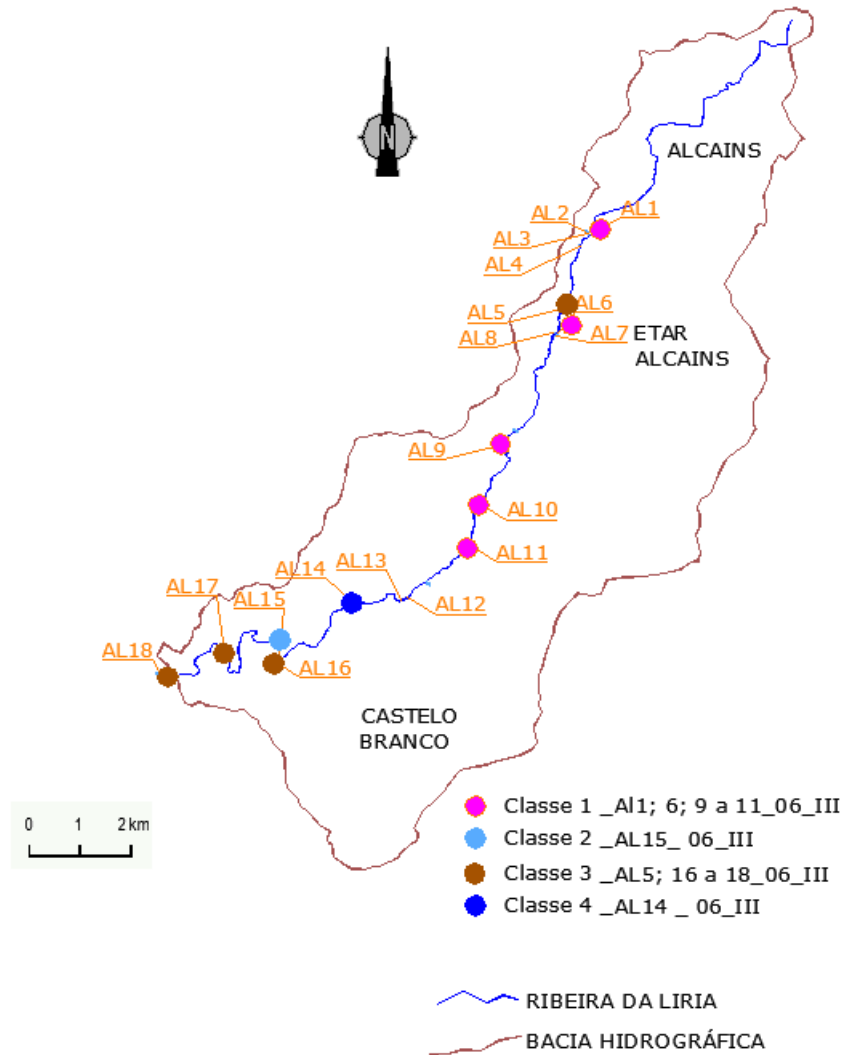


Figura 9.43 -Classificação Hierárquica ascendente para amostras da 3ª campanha (Junho 2010)

## 10 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DOS PARÂMETROS AO LONGO DA RIBEIRA DA LÍRIA - APLICAÇÃO DO SOFTWARE O RESICAD

A distribuição dos parâmetros da qualidade ao longo da ribeira da Lória, corrobora o estudo anterior (Silva et al., 2011) onde a calibração dos parâmetros recorrendo ao software QUAL2k<sub>w</sub> (Pelletier e Chapra, 2006), apresentou boa ou satisfatória calibração para os atributos analisados). Desta forma, foram construídos diagramas de representação espacial adaptando o programa RESICAD (Zanet, 2005) -software utilizado para o cálculo de redes de esgotos - que permitiu a representação espacial estimada, ao longo da ribeira da Lória, para os diversos parâmetros estudados. A classificação da qualidade adotada foi a desenvolvida pelo INAG e que se encontra descrita no capítulo 5, deste trabalho.

### 10.1 Temperatura

Pode-se concluir pela análise da representação gráfica da variação da temperatura da água ao longo da ribeira da Lória para as três campanhas realizadas no mês de Janeiro, Abril e Junho de 2010 (Figura 10.1), que há ao longo do curso algumas variações significativas sendo de notar que:

Verifica-se que nos pontos situados dentro do aglomerado urbano há uma maior variabilidade nos valores e que, posteriormente ao longo do curso de água, há uma tendência para a regularização da temperatura até que se atinge o ponto AL16, local onde aflui a ribeira da Seta (Figura 7.1), onde há uma alteração significativa para as três campanhas.

Destaca-se também a variação registada na ETAR de Alcains (AL7), situação que se verifica para as três campanhas.

Sendo de notar que em Janeiro de 2010, a temperatura é mais elevada na água proveniente da ETAR do que na ribeira da Lória, sendo observado o inverso durante as duas campanhas realizadas em meses mais quentes (Figura 10.1).

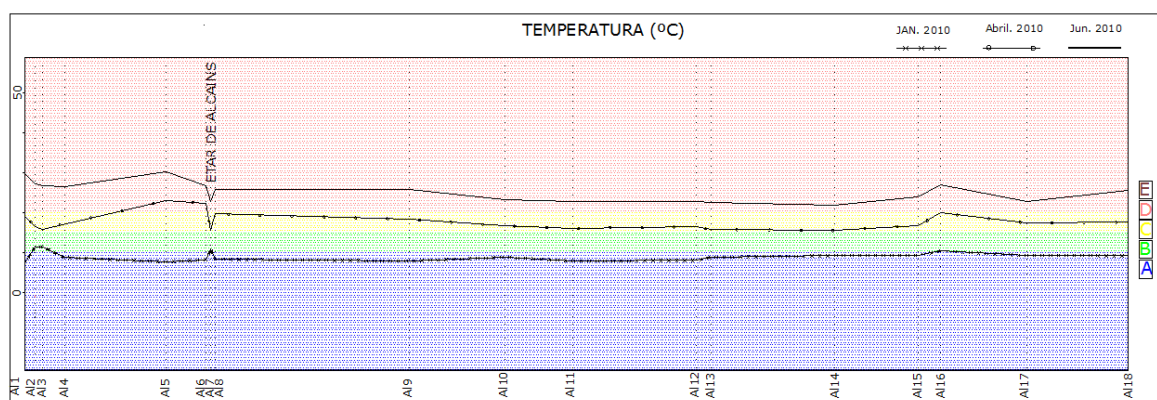


Figura 10.1 - Perfil de variação da Temperatura ao longo da ribeira da Lória em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Quanto à qualidade da água, pode aferir-se pelo gráfico que durante os meses mais frios, como é o caso de Janeiro de 2010, e em que se registou elevada precipitação, a temperatura

segue dentro dos parâmetros de qualidade sugeridos na metodologia apresentada pelo INAG (Tabela 5.2), indicando uma água não poluída, incluída na classe "A".

Nos meses mais secos representados neste estudo pelas recolhas realizadas no mês de Abril de 2010, conclui-se que a qualidade da água relativamente ao parâmetro temperatura se encontra entre duas gamas nas classes "B" e "C", correspondendo a águas fracamente poluídas ou poluídas, respectivamente (Figura 10.1 e Tabela 5.2).

Para os meses mais quentes que corresponde à recolha realizadas durante o mês de Junho de 2010, verifica-se que quanto à temperatura ao longo de todos os troços estudados se obtiveram valores numa escala correspondente a muito poluído, ou seja na classe "D" (Figura 10.1 e Tabela 5.2).

Sendo de referir que a tabela de classificação não apresenta intervalo para águas extremamente poluídas correspondentes à classe "E".

Face ao disposto no Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto, no anexo XXI onde se definem os valores dos objectivos ambientais em termos de qualidade mínima de águas superficiais verifica-se que o valor máximo recomendável (VMR) para a temperatura é de 30°C (Diário da República, 1998), valor que nunca foi atinjido ao logo das campanhas realizadas (Figura 10.1).

## 10.2 pH

Pode-se concluir pela análise da representação gráfica dos valores do pH da água, ao longo da ribeira da Líria, para as três campanhas realizadas no mês de Janeiro, Abril e Junho de 2010 (Figura 10.2) que existem valores bastante diversos ao longo do curso, assinalando-se o seguinte:

Relativamente à primeira campanha, realizada em Janeiro 2010, e de acordo com a notação definida pelo INAG para a classificação das águas superficiais, verificam-se valores mais baixos dentro do aglomerado urbano, ou seja, água mais acida e sendo neutralizada ao longo do curso de água. Verifica-se uma redução do pH nas águas recolhidas dentro da ETAR de Alcains (AL7) e junto à intersecção com a ribeira da Seta (AL15). Na campanha de Abril 2010, verifica-se uma menor variabilidade dos valores ao longo do curso de água, embora tenha alguma similaridade com os valores obtidos na primeira campanha de recolha de amostras. Durante o período seco, ou seja em Junho 2010, verifica-se uma menor variabilidade dos valores mesmo nos pontos particulares de recolha (Figura 10.2).

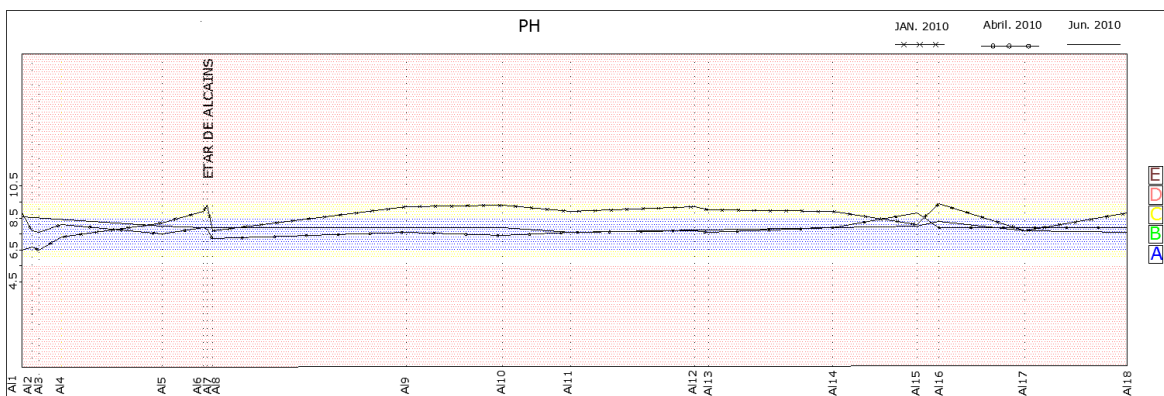


Figura 10.2 - Perfil de variação dos valores de pH ao longo da ribeira da Líria em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Quanto à qualidade da água, verifica-se que apenas se obtêm valores fora da gama da classe "A", nos meses mais chuvosos, podendo eventualmente contribuir para estas alterações a infiltração de águas de escorrência dos terrenos adjacentes à linha de água principal, assim como o acréscimo de caudal por contribuição das águas de precipitação que chegam à ribeira da Líria através de diversos cursos secundários.

Nos meses mais secos representados neste estudo, pelas recolhas realizadas no mês de Abril 2010, conclui-se que a qualidade da água relativamente ao parâmetro pH se encontra dentro da classe sem poluição "A", e apenas sai fora desta gama junto ao ponto AL16, local onde se intersecta a ribeira da Seta (Figura 7.1).

Para os meses mais quentes, correspondentes à recolha realizadas durante o mês de Junho 2010, verifica-se que quanto ao valor do pH ao longo de todos os troços estudados, se obtiveram valores numa escala correspondente a sem poluição ou seja, classe "A".

Face ao disposto no Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto, no anexo XXI onde se definem os valores dos objectivos ambientais em termos de qualidade mínima de águas superficiais verifica-se que o VMR para o pH deve estar entre 5 e 10 (Diário da República, 1998). Os valores obtido nunca estiveram fora dentro deste intervalo.

### 10.3 Sólidos Suspensos Totais

Uma análise geral, aos valores obtidos de sólidos suspensos totais, por mg/l, nas águas da ribeira da Líria, indicaria a presença de valores anómalos, dada a variabilidade ao longo do curso de água. No entanto, os resultados indicados pela Análise em Componentes Principais mostra grande similaridade com os valores de Sólidos Suspensos Totais, verificando-se a existência de pontos de recolha onde se obtêm valores muito acima do aceitável para uma água superficial não poluída.

Na representação gráfica, verificam-se valores mais elevados nos pontos AL3, AL8 e AL16, correspondentes a pontos particulares do estudo, nomeadamente, ponto recolhido numa caixa de visita de um coletor residual (AL3), pontos localizado na ETAR de Alcains (AL8) e o último ponto de recolha já na ribeira da Seta (AL16) (Figura 10.3).

A acentuada variabilidade observada para a campanha de Abril 2010 poder-se-á justificar com possíveis descargas realizadas na rede, fora dos parâmetros regulamentares admissíveis e particularmente sensível no ponto AL3 (Figura 10.3).

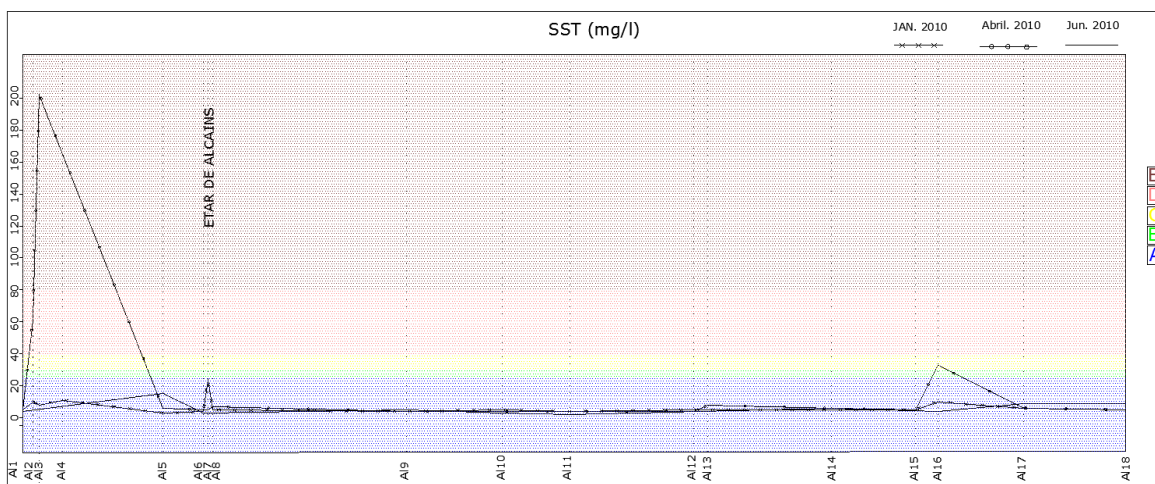


Figura 10.3 - Perfil de variação dos valores de SST ao longo da ribeira da Lória em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Relativamente à qualidade da água, segundo a classificação sugerida pelo INAG, para este parâmetro, tanto na primeira campanha como na terceira, os valores encontram-se na gama da classe "A"; indicando uma água sem poluição. Apenas na segunda campanha, se obtêm valores fora deste intervalo, observando-se no ponto AL3 valores indicadores de água extremamente poluída, incluída na classe "E". No ponto AL16, os valores apontam para a classificação de uma água poluída, na classe "C".

A eutrofização da ribeira da Lória e o regime de escoamento lento observado, implica a deposição de partículas sólidas observando-se a sua depuração nos pontos a jusante, onde não se observam alterações significativas, na ordem de grandeza dos valores medidos, permitindo concluir que o impacte é pontual e, desta forma, circunscrito.

#### 10.4 Carência Química de Oxigénio

Pode concluir-se, pela observação da representação gráfica dos valores do CQO presentes na água ao longo da ribeira da Lória, para as três campanhas realizadas, que existem locais onde se registou uma acentuada alteração na ordem de grandeza dos valores observados (Figura 10.4). Destacando-se os seguintes aspectos:

Relativamente à primeira campanha, Janeiro 2010, verificam-se valores mais elevados em pontos localizados a jusante das descargas da ETAR de Alcains e nos pontos de recolha dentro do aglomerado populacional (A1, A2, A3). Pode, assim, concluir-se que existe uma redução do oxigénio necessário para a degradação da matéria orgânica, nesses locais. Na campanha de Abril 2010, verifica-se uma grande variabilidade dos valores ao longo do curso de água, embora se mantenha a tendência da primeira campanha. Durante o período seco, ou seja na campanha realizada no mês de Junho 2010, verifica-se uma menor variabilidade nos valores medidos de CQO, mesmo nos pontos particulares. Verifica-se que os picos se encontram nas amostras recolhidas no ponto AL3 e AL7, respectivamente, localizados em caixas de visita de um coletor residual e na ETAR de Alcains (Figura 10.4).

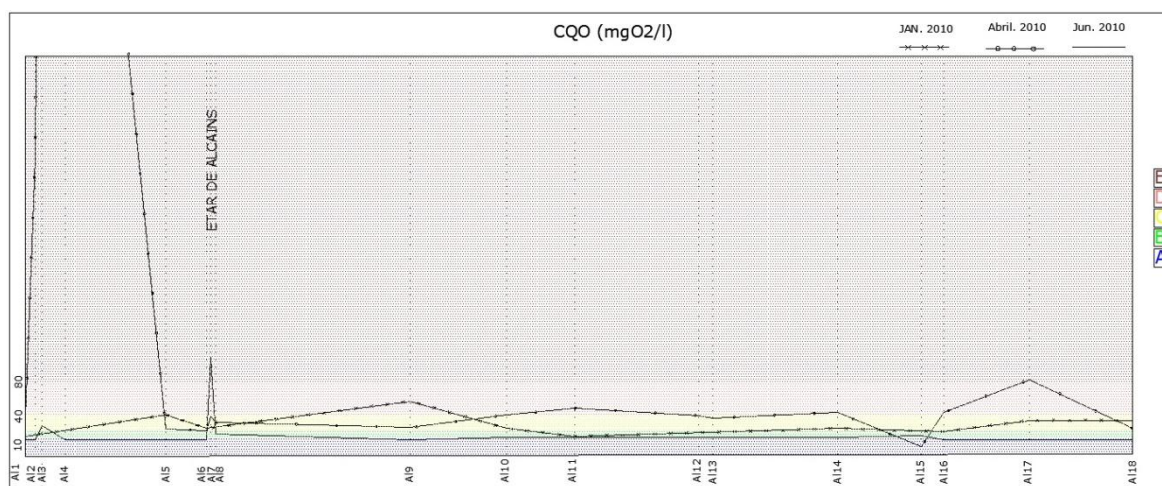


Figura 10.4 - Perfil de variação dos valores de CQO ao longo da ribeira da Lória em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Relativamente à análise da qualidade da água, segundo os intervalos definidos para este parâmetro pela classificação do INAG, na primeira campanha, os resultados obtidos encontram-se nas classes "B" a "E", ou seja, correspondentes a águas fracamente poluídas a extremamente poluídas. Sendo os valores máximos, registados a jusante da confluência com a ribeira da Seta e ainda a jusante da ETAR de Alcains.

Na campanha realizada em Abril 2010, verifica-se uma grande dispersão de valores, observando-se valores elevadíssimos nos pontos a jusante do aglomerado urbano, bem como alguns valores fora da escala de valores admissíveis, também a jusante da ETAR de Alcains. O intervalo de variação, para os valores obtidos, dentro do mesmo intervalo de valores para a primeira campanha, observando-se, no entanto, valores em geral mais baixos e assim mais aceitáveis, exceto nos pontos anteriormente assinalados, onde os resultados constituem "outliers".

Durante a recolha de valores realizados no que se refere à terceira campanha, a gama de intervalo de valores, para a CQO, localiza-se entre os intervalos das classes "A" e "B", ou seja, correspondente a uma água não poluída ou fracamente poluída.

## 10.5 Carência Bioquímica de Oxigénio

A representação gráfica dos valores do CBO<sub>5</sub>, para a água ao longo da ribeira da Lória, para as três campanhas realizadas, revela a existência de uma considerável dispersão, ao longo do curso de água (Figura 10.5).

Os valores para o CBO<sub>5</sub>, ou seja a quantidade de oxigénio necessária para degradar, por via biológica, a matéria orgânica oxidável existente numa amostra de água, reflete a quantidade de oxigénio que os organismos necessitam para biodegradar a matéria orgânica existente na amostra de água; apresentando valores bastante variáveis ao longo do curso de água e ao longo do ano hidrológico. Assim, na primeira campanha os valores são bastante uniformes, observando-se picos correspondentes às amostras recolhidas nos pontos AL3, AL7 e AL15 (Figura 10.5). Na segunda campanha, tal como observado em outros parâmetros, como os SST e o CQO, também o

CBO<sub>5</sub>, apresenta valores elevados nos pontos a jusante do aglomerado urbano e um pico na zona da ETAR, bem como a jusante do ponto de confluência com a ribeira da Seta (Figura 10.5).

Também em períodos mais secos se verificam valores elevados, a jusante dos pontos onde existe possibilidade de descargas no aglomerado urbano e da ETAR de Alcains e de Castelo Branco (Figura 10.5).

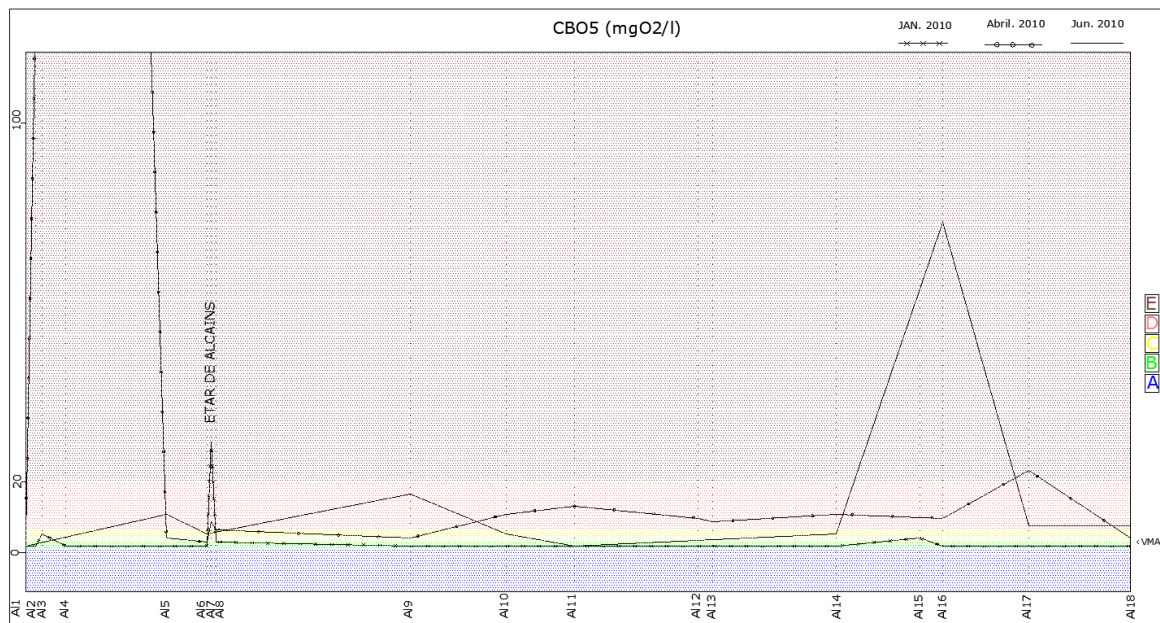


Figura 10.5 - Perfil de variação dos valores de CBO<sub>5</sub> ao longo da ribeira da Liria em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Face ao disposto no Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto, no anexo XXI, onde se definem os valores dos objectivos ambientais em termos de qualidade mínima para as águas superficiais, verifica-se que o valor máximo admissível (VMA) para o CBO<sub>5</sub> é de 5 mg O<sub>2</sub>/L (Diário da República, 1998), valor que, à excepção de alguns valores da primeira campanha, é sempre superado em todas as recolhas e ao longo do curso (Figura 10.5).

Quanto à análise da qualidade da água, segundo metodologia proposta pelo INAG, que estabelece 5 classes, tem-se que: os valores observados nos meses chuvosos são em geral mais baixos do que os valores observados, nos mesmos pontos, nas outras campanhas realizadas. Excepto nos pontos AL3 e AL7, onde se registam valores acima dos intervalos admissíveis. Os valores, de uma forma geral, encontram-se dentro das classes de águas fracamente poluídas, classe "B", sendo apenas registados alguns valores na classe "C" nos pontos AL3 e AL15. Apenas na zona da ETAR de Alcains se verificam valores na classe "E", significando que se está na presença de águas poluídas a extremamente poluídas.

Quanto aos valores resultantes da segunda campanha, verificam-se anomalias severas, correspondendo as mesmas situações a outros parâmetros directamente associados ao CBO<sub>5</sub>. Assim, os valores encontram-se predominantemente dentro das classes "C" e "D", e que correspondem a águas poluídas ou muito poluídas. Pontualmente, observam-se alguns pontos enquadrados na classe "E" e que correspondem a águas extremamente poluídas, localizadas dentro do aglomerado urbano e junto à ribeira da Seta (Figura 10.5).

Na terceira campanha, observam-se valores elevados de  $\text{CBO}_5$ , ao longo de todo o curso de água, revelando subidas a jusante das zonas de possíveis descargas (Figura 10.5). Os pontos, onde se observam os valores mais baixos, encontram-se na classe "B" e os, onde se observam os valores mais elevados, na classe "E". De uma forma geral, no entanto, pode constatar-se que a maioria dos valores obtidos classifica a água como poluída ou muito poluída, correspondendo às classes "C" e "D".

## 10.6 Oxigénio Dissolvido

A representação gráfica dos valores de oxigénio dissolvido, para a água ao longo da ribeira da Lória nas três campanhas, revela a existência de algumas tendências (Figura 10.6). Nomeadamente:

Os valores de Oxigénio dissolvido (OD) são indicadores de importantes condições de auto-depuração do rio. Caso se verifiquem descargas elevadas de águas residuais, que transportem substâncias tóxicas, inibidoras ou consumíveis de oxigénio, o valor de OD pode descer para valores próximos de zero, afetando o meio hídrico.

A capacidade do curso de água para absorver determinadas descargas, pode ser avaliada através do estudo do comportamento do OD, ao longo do tempo e do espaço, a jusante dos pontos de descarga.

Da distribuição espacial dos valores de OD verifica-se que, na primeira campanha, ocorrem zonas de oxidação a jusante do ponto AL12, ou seja após a descarga da ETAR Norte de Castelo Branco, e zonas de reoxigenação mais vincadas após o ponto AL16, que corresponde ao ponto onde se verifica maior agitação da água, face ao acentuado declive (Figura 10.6).

Na segunda campanha, verifica-se que, a montante da ETAR de Alcains se passa de uma zona de oxidação, para a partir do ponto AL2, (onde se verifica o deficit critico), se observar uma recuperação gradual até à zona desta ETAR. Verifica-se a jusante da ETAR de Alcains, um comportamento semelhante ao observado durante a primeira campanha, acentuando-se o deficit de OD nas proximidades do ponto AL13 e voltando a recuperar no final do troço estudado (Figura 10.6).

No período seco, última campanha realizada, verifica-se que, ao longo do curso de água um acentuado deficit de oxigénio dissolvido, sendo recuperado para valores aceitáveis na zona final, a partir do ponto AL14. Observa-se um impacte negativo junto ao ponto AL16, correspondendo à zona de confluência com a ribeira da Seta (Figura 10.6).

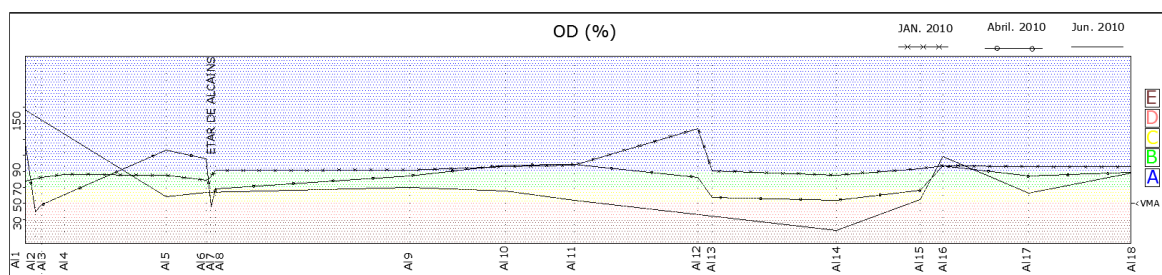


Figura 10.6 - Perfil de variação dos valores de OD ao longo da ribeira da Lória em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Face ao disposto no Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto, no anexo XXI, onde se definem os valores dos objectivos ambientais em termos de qualidade mínima de águas superficiais, verifica-se que o valor máximo admissível (VMA) para o oxigénio dissolvido é de 50% de saturação (Diário da República, 1998), valor que é verificado na primeira e segunda campanhas com excepção do ponto AL2 da segunda campanha, sendo na terceira campanha onde se registam os valores acima do valor máximo admissível.

Quanto à análise da qualidade da água, segundo a metodologia proposta pelo INAG, tem-se que: os valores observados nos meses chuvosos, primeira campanha, são aceitáveis, tendo variações nos pontos de possíveis descargas do estudo, ainda assim garante-se a classe "A" e "B", correspondentes a águas sem poluição ou pouco poluídas.

Na segunda campanha, existe uma maior dispersão na distribuição espacial dos valores observados. As classes de valores de qualidade da água, encontram-se situadas entre a "A" e a "D", sendo esta última apenas verificada nos pontos AL2 e AL7, que são pontos localizados dentro do aglomerado urbano e na zona da ETAR de Alcains, correspondendo a valores de águas muito poluídas.

Na terceira campanha, verificam-se valores muito dispersos, ao longo do curso de água, variando entre águas sem poluição e águas extremamente poluídas, correspondentes às classes "A" e "D", mas ainda assim torna-se evidente a existência de uma grande capacidade de recuperação, uma vez que a jusante da ribeira da Lória, se verificam valores bastante semelhantes, para todas as campanhas.

## **10.7 Coliformes fecais**

Os valores dos coliformes fecais apresentam valores marcadamente anómalos. Graficamente optou-se por não representar os picos correspondentes aos valores máximos observados, dada a necessidade de obter uma escala de leitura legível, para a maioria dos resultados obtidos.

A representação gráfica dos valores dos coliformes fecais da água ao longo da ribeira da Lória para as três campanhas demonstra que:

Na primeira campanha, os valores são relativamente baixos, face ao verificado nas campanhas seguintes. Os picos verificados na 1ª campanha correspondem a valores registados no ponto AL2 e AL7, que estão localizados em pontos dentro do aglomerado urbano e na zona da ETAR de Alcains (Figura 10.7).

Na terceira campanha, embora em geral se verifiquem valores mais baixos a partir do ponto AL12 (zona de intercepção com a descarga da ETAR norte de Castelo Branco) e do ponto AL15 (confluência com a ribeira da Seta) (Figura 10.7), os valores sobem significativamente dadas as cargas poluentes que são transferidas para o curso de água nestes locais.

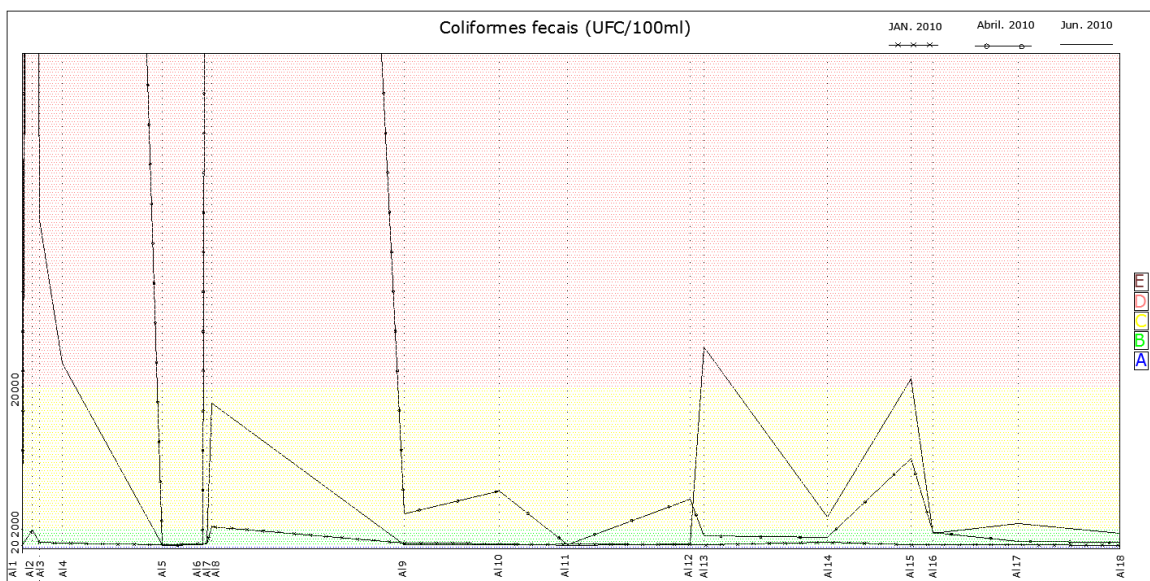


Figura 10.7 - Perfil de variação dos valores de coliformes fecais ao longo da ribeira da Líria em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Quanto à análise da qualidade da água, segundo metodologia do INAG, conclui-se que: os valores observados, nos meses chuvosos, primeira campanha, são classificáveis dentro das classes "B" e "C", correspondendo a águas fracamente poluídas a poluídas.

Para a segunda campanha, observa-se uma grande variabilidade ao longo da ribeira da Líria, observando-se pontos onde a classificação da qualidade da água se encontra entre as classes "A" e "E". Os valores mais elevados observam-se no início do curso de água e junto a pontos de descarga. Nos meses mais secos, primeira campanha, verifica-se valores localizados entre as classes "B" e "E", correspondentes a situações de águas pouco poluídas a muito poluídas.

De uma forma geral, pode afirmar-se que no final do curso de água os valores observados são bastante aceitáveis, para todas as campanhas e correspondendo a valores de águas pouco poluídas.

## 10.8 Condutividade Elétrica

A análise dos valores da condutividade elétrica, para a água ao longo da ribeira da Líria, nas três campanhas realizadas, permite concluir que existe grande variabilidade ao longo do curso de água (Figura 10.8).

Verifica-se que, nos pontos situados dentro do aglomerado urbano, essa variabilidade é mais acentuada (Figura 10.8).

Nas três campanhas realizadas verifica-se que o padrão de variação, ao longo do curso de água, é semelhante. Verificando-se, no entanto, que os valores são crescentes entre a primeira campanha (húmida) e a terceira campanha (época seca) (Figura 10.8).

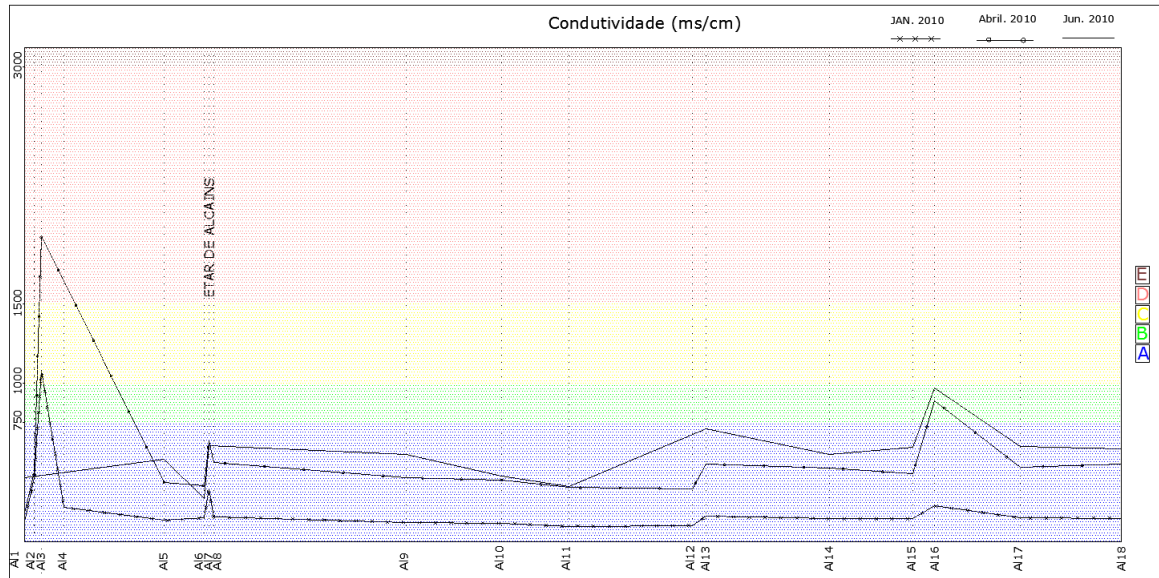


Figura 10.8 - Perfil de variação dos valores de condutividade ao longo da ribeira da Lória em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Quanto à análise da qualidade da água, segundo metodologia do INAG, pode concluir-se que: os valores observados nos meses chuvosos são aceitáveis, situando-se entre as classes "A" e "C," e correspondendo a águas sem poluição ou poluídas, respectivamente. O único valor mais elevado é classificado na classe "C", e observa-se dentro do aglomerado urbano e na caixa de visita (pontos de AL1 a AL3).

Na segunda campanha, já se observa uma maior variabilidade nos valores, mantendo-se, no entanto, a mesma tendência já registada na primeira campanha. Os valores, para as classes da qualidade da água, encontram-se entre a classe "A" e a "E", sendo os valores mais elevados (classe "E") observados nos pontos localizados dentro do aglomerado urbano, nos pontos de água AL1 a AL3.

Na terceira campanha, embora nos pontos localizados a montante se observem valores mais baixos, relativamente às campanhas anteriores, este resultado é dependente apenas da aproximação entre o valor medido no ponto AL1 e AL5, pois não foi possível obter os valores intermédios "in situ". Os valores medidos encontram-se entre as classes "A" e "B", que correspondem respectivamente a águas não poluídas ou pouco poluídas, sendo a classe "B" apenas verificada junto à zona de confluência com a ribeira da Seta.

## 10.9 Azoto Total

A variação da concentração de azoto total (N) ao longo do curso de água, para as três campanhas realizadas (Figura 10.9), permitem concluir que:

Na primeira campanha, os valores registados são os mais baixos das três campanhas. Registaram-se, no entanto, alguns valores anómalos no ponto AL3, localizado na caixa de visita do coletor residual, sendo evidentes valores mais elevados nos pontos particulares do estudo (Figura 10.9).

Durante a campanha realizada no mês de Abril 2010, segunda campanha, verificou-se uma acentuação das anomalias anteriormente observadas, no pontos dentro do aglomerado urbano e nas imediações da ETAR de Alcains, bem como na confluência com a ribeira da Lória.

Na terceira campanha, época seca, confirma-se a tendência, anteriormente assinalada, sendo observados valores, em geral, mais baixos do que na 2.<sup>a</sup> campanha, mas com picos mais acentuados (Figura 10.9).

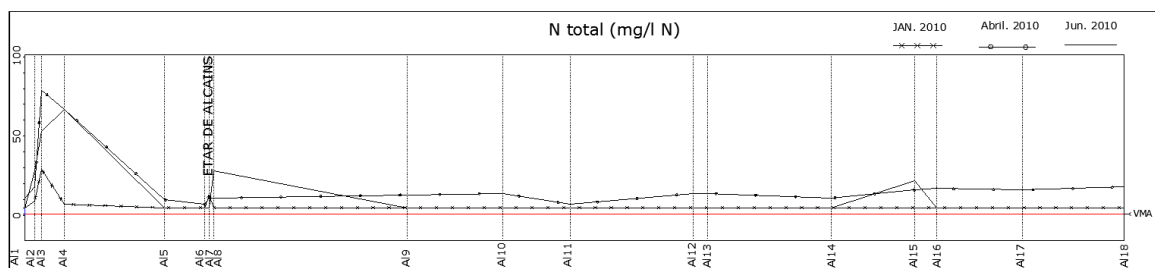


Figura 10.9 - Perfil de variação dos valores de Azoto total ao longo da ribeira da Lória em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Face ao disposto no Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto, no anexo XXI, onde se definem os valores dos objectivos ambientais em termos da qualidade mínima aceitável, para as águas superficiais, verifica-se que o valor máximo admissível (VMA) para o Azoto é de 1mg/L (Diário da República, 1998), valor claramente ultrapassado, para todos os pontos de recolha e durante as três campanhas realizadas.

### 10.10 Fósforo Total (P)

A variação do fósforo total (P) presente na água ao longo da ribeira da Lória, para as três campanhas, permite concluir que :

Na primeira campanha, época húmida, obtêm-se valores constantes ao longo do curso de água; para a campanha realizada no mês de Abril 2010, época temperada, verifica-se descida dos valores, mas mantendo-se espacialmente uniforme; na terceira campanha, época seca, obtêm-se picos de anomalia nos pontos dentro da localidade, nos pontos a jusante da ETAR e nos pontos na confluência com a ribeira da Seta (Figura 10.10).

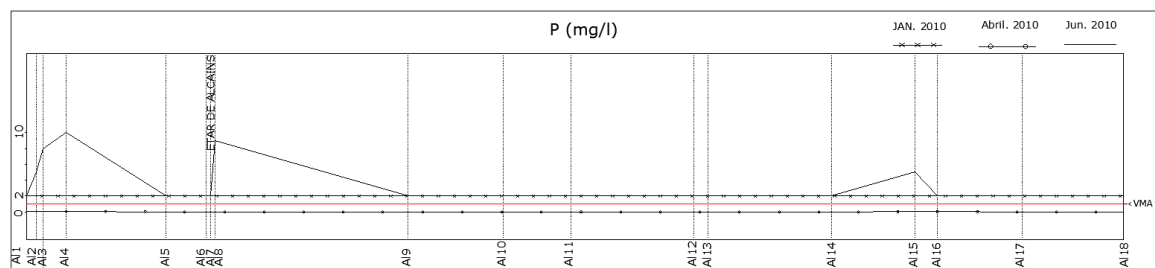


Figura 10.10 - Perfil de variação dos valores de Fósforo Total ao longo da ribeira da Lória em Janeiro, Abril e Junho de 2010

Face ao disposto no Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto, no anexo XXI, onde se definem os valores dos objectivos ambientais em termos de qualidade mínima aceitável para as águas superficiais, verifica-se que o valor máximo admissível (VMA) para o fósforo é de 1mg/L (Diário

da República, 1998); durante a segunda campanha verificou-se que os valores se mantêm abaixo deste limite regulamentar, mas tanto na primeira campanha como na terceira já se verificam valores mais altos, sendo a terceira campanha indicadora de valores com concentrações 10 vezes superiores ao limite regulamentar nos pontos AL4 e AL7, localizados respectivamente, junto ao limite do aglomerado urbano e junto à ETAR de Alcains.

## **11 CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

O trabalho apresentado permite verificar o comportamento simultâneo dos diversos parâmetros em análise, ao longo da ribeira da Líria. Da análise das correlações existentes entre os diversos parâmetros, pode concluir-se que existem 4 grupos, dentro dos quais os atributos são altamente correlacionados, independentes entre si: 1 - Constituído pelos parâmetros - Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>) e Carência Química de Oxigénio (CQO); 2 - Constituído pelos parâmetros: Sólidos dissolvidos Totais (SDT), Sólidos Suspensos Totais (SST) e condutividade Elétrica ( $\mu$ s); 3 - Constituído pelos parâmetros - Sólidos Suspensos Totais (SST) e condutividade Elétrica ( $\mu$ s) e Temperatura (T) e 4 - Constituído pelos parâmetros - Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>) e Azoto Total (N).

A avaliação da distribuição espacial das concentrações estudadas, ao longo da ribeira da Líria, permitiu concluir que a contribuição, das descargas da ETAR de Alcains, não é significativa para o deterioramento da qualidade da água. No entanto e a título de exemplo, verifica-se que os valores de Sólidos Suspensos Totais (SST), registados nas três campanhas, apresentam alguns teores anómalos, observados na segunda campanha. Desta forma, recomenda-se uma ação fiscalizadora, de modo a monitorizar possíveis descargas, efetuadas fora do que está regulamentado para a rede residual. Os valores de CQO, demonstram que o impacte na ribeira da Líria, nos meses mais chuvosos, se regista a mais a jusante, onde a presença de valores anómalos poderá indiciar possíveis contribuições difusas, que seria interessante considerar, em desenvolvimentos futuros do trabalho. Este padrão, para a distribuição espacial de CQO, não se observa nas campanhas mais secas (Abril e Junho 2010).

No que respeita à Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>), a sua concentração nos meios aquáticos, constitui claramente uma preocupação para as entidades com responsabilidade de gestão, quer ao nível das redes de drenagem, das estações de tratamento ou ainda ao nível da monitorização e fiscalização do domínio hídrico. Este parâmetro apresenta valores, ao longo do curso de água, e particularmente nos meses mais secos, indicativos de “águas claramente poluídas” ou “águas com algum nível de poluição”.

A presença de coliformes fecais, ao longo de toda a linha de água, por vezes em concentrações excessivas, denota a existência de descargas pontuais de águas residuais não tratadas ao longo do curso de água e em particular no espaço urbano. Do ponto de vista da fiscalização, torna-se essencial o controle dos efluentes urbanos e as suas possíveis descargas pontuais não controladas, bem como, analisar possíveis melhoramentos dos sistemas de

tratamento utilizados na ETAR, de modo a minimizar o seu impacto na qualidade das águas da ribeira da Lória. Por exemplo, recorrendo ao aumento do arejamento do efluente ou a implementação de um sistema de tratamento terciário associado ao existente de modo a diminuir a carga poluente do efluente.

A presença de valores elevados de azoto total, em alguns dos pontos analisados, é um indicador de inconformidade com a legislação, no que respeita às descargas realizadas. O fósforo total encontra-se na água sob a forma de ortofosfatos e polifosfatos, resultando essencialmente da atividade humana, ou seja, das descargas de águas residuais domésticas e industriais e da fertilização de campos agrícolas. A presença do fósforo na água tem implicações ao nível da qualidade da mesma potenciando fenómenos de eutrofização dos meios hídricos; o qual foi verificado em determinados troços nas épocas mais secas.

Como sugestões de trabalhos futuros, identificam-se algumas linhas de orientação que poderão conduzir a um melhor conhecimento da realidade ao nível da qualidade da água na ribeira da Lória.

Propõe-se para trabalhos futuros uma maior recolha de uma forma mais representativa da amostragem continua no tempo, principalmente na zona da ETAR de Alcains, de modo permitir a avaliação das cargas poluentes. Deste modo, mediante a aplicação da metodologia apresentada no capítulo 6, verificar os parâmetros para a construção do sub-índice de qualidade do efluente final e componentes para a construção do sub-índice de eficiência global de tratamento.

Avaliar a contribuição de descargas dentro do aglomerado urbano, mediante monitorização por malha apertada e ao longo de diversos períodos do dia de modo a aferir possíveis contribuições das descargas de águas residuais domésticas fora de limites regulamentares.

Adotar métodos de avaliação da contribuição da poluição difusa para a ribeira da Lória. De modo a permitir quantificar o seu impacto e estabelecer estratégias para a sua redução.

## 12 BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, António João Carvalho (1997), Hidráulica Aplicada III, Qualidade da Água

ALMEIDA, Pedro Dinis Nunes (2011), Tese mestrado - Caracterização do Impacte das descargas da ETAR de Póvoa de Rio de Moinhos e Caféde no Rio Ocreza.

A. SILVA, N. CARVALHO, P. ALMEIDA, N. OLIVEIRA, I.M.H.R. ANTUNES, A. FERREIRA AND T. ALBUQUERQUE. The impact associated towastewaters treatment plant discharges into a fluvial system (Central Portugal). Mineralogical Magazine, Vol. 75 (3), 1874.

BARROS, R.T.V.(1995) et al. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. v. 2 - Saneamento, Belo Horizonte: DESA-UFMG

CHAPRA, S. C. , 1997, McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 784

CHOW, Ven T. (1964) - Handbook of Applied Hydrology. Editor-in-Chief: VEN TE CHOW published by McGraw-Hill Book Co., Inc., in

CHATFIELD , C e A.J. Collinns (1980), Introduction to multivariate Analysis, Chapman & Hall.

FRANCO, F.M, Lencastre, A. (1992). “Lições de Hidrologia” Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa

GUERREIRO, N.& Brito Pereira (2002) poluição e Qualidade da Água. Instituto da Água. Direcção de Serviços do Planeamento.

HAMER, R. e J. Cunningham (1981), «Clusters analyzing profile data confounded with interrater differences: a comparasion of profile measures», Aplied Pysychological Measurement, 5: 63-72.

LENCASTRE, A., 1996. Hidráulica Geral. Coimbra: Gráfica de Coimbra.

LENCASTRE, Armando (1990) - Lições de Hidrologia - Lisboa

LEONARDO da Vinci e Bernard Pallissy, bsgf.geoscienceworld.org

METCALFf & EDDY INC.-(1991) Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse, New York: McGraw-Hill Publishing Company, 3 ed.

Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (2000), Plano de Bacia Hidrográfica do Algarve.

Ministério do Ambiente - Instituto da Água (1999), Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tejo

QUINTELA, A.C. (1995) - Hidráulica Aplicada I -Componente de Hidrologia e Estruturas Hidráulicas

QUINTELA, A. C. (2002). Hidráulica. 8ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

OLIVEIRA, Nuno Pimenta (2011) - Tese Mestrado - Caracterização do Impacte das Descargas da Etar de Proença-a-Nova na Ribeira da Pracana.

PELLETIERr, G.J. e Chapra, C.S., (2006), QUAL2K: a Modeling Framework for simulating river and stream water quality: documentation and user manual, Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford,

PEIXOTO and Kettani, 1973 - The Control of the Water Cycle, Scientific American

PROCLIRA, Clima e Ambiente (2010), Recursos Hídricos e Clima

REIS, Elisabeth, (2001) Estatística Multivariada Aplicada, Edições Sílabo, Lda, 2.º Edição

TUCCI, C. E. M., et al., (1993) ed. Hidrologia: Ciência e Aplicação, Porto Alegre: UFRGS/ADRH; São Paulo, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4).

WISLER, O. C.; Brater, E. F. - Hidrologia.

GHOSH, S. e Mujumdar, P. P., 2004. Risk minimization in water quality control problems of a river system. *Advances in Water Resources* 29, pp 458-470.

TIETENBERG, T (2006), *Environmental and Natural Resource Economics*, 7th edition, Addison Wesley Longman, Inc.

TVERSKY, A (1977), «Features of similarity», *Psychological Review*, 84(4).

SAWYER, C., N., McCarty, P., L., Parkin, G., F., 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science: 5ª edição*. McGraw Hill, Nova Iorque.

## Legislação

Ministério do Ambiente, Decreto Lei n.º 236/ 98 de 1 de Agosto

Ministério do Ambiente, Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Julho

Assembleia da Republica, Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro

Assembleia da Republica, Lei n.º 54/2005 de 15 de Novembro

Direção Serviços e Recursos Hídricos (1998), M5. Metodologia de Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais

## Documentos e Sites

<http://www.xlstat.com>

<http://geography.uoregon.edu/>

<http://geo.snirh.pt/AtlasAgua/>

<http://snirh.pt/index.php?idMain=4&idItem=2&idSubtem=2&bacia=Tejo>

<http://www.inag.pt>

<http://www.osverdes.pt/>

<http://www.cm-castelobranco.pt/index.php?link=alcains>

<http://www.earth.google.com/intl/pt/>

<http://snirh.inag.pt/>

<http://www.cadc-albufeira.org/pt/cuencas/tajo.html>

<http://www.arhalgarve.pt/>

<http://www.ticdata.com>

[http://www.cm-castelobranco.pt/pdf/accaosocial/docs/Diagnostico\\_social\\_CB.pdf](http://www.cm-castelobranco.pt/pdf/accaosocial/docs/Diagnostico_social_CB.pdf)