



Identificação e georreferenciação das fontes poluidoras na bacia hidrográfica do rio Cávado e Ave a montante das captações de Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas e Queimadela

Rosa Maria Araújo Lima

UMinho | 2021



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Rosa Maria Araújo Lima

**Identificação e georreferenciação das fontes poluidoras na bacia hidrográfica do rio Cávado e Ave a montante das captações de Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas e Queimadela**





**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Rosa Maria Araújo Lima

**Identificação e georreferenciação das fontes poluidoras na bacia hidrográfica do rio Cávado e Ave a montante das captações de Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas e Queimadela**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Biológica

Trabalho efetuado sob orientação do  
**Doutor Gilberto Jorge Silva Martins**

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações**  
**CC BY-NC-ND**

## AGRADECIMENTOS

Tendo completado uma etapa importante da minha vida, não posso deixar de expressar o meu sincero agradecimento a todos aqueles que me apoiaram durante esta longa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradecimentos especiais:

Ao meu orientador, Gilberto Jorge Silva Martins, pela orientação dada ao longo da execução deste trabalho.

Ao Eng. Adriano Magalhães e à Eng. Diana Cepa pela ajuda dada ao longo da realização deste trabalho e disponibilidade demonstrada para esclarecimento de dúvidas.

À minha família pelo incentivo, força, confiança depositada em mim, ajuda e entusiasmo com que me estimulou na concretização deste projeto.

Por último, não menos importante, agradeço a todos os meus amigos, colegas que comigo partilharam estes anos. Muito obrigado a todos.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

A proteção da qualidade da água em bacias hidrográficas e áreas de captação de água é a primeira etapa para garantir a qualidade da água do sistema de abastecimento de água.

Os problemas devido à poluição do meio hídrico estão relacionados com as descargas clandestinas de águas residuais, a ocorrência de descargas que não cumprem os requisitos definidos em decreto e a poluição difusa de origem agrícola, podem provocar graves impactos nos cursos de água e os ecossistemas envolventes.

As bacias hidrográficas dos rios Cávado e Ave são a origem de água para os subsistemas de abastecimento de Rabagão e Areias de Vilar, e Andorinhas e Queimadela, respetivamente, sendo os objetivos do presente trabalho a identificação das fontes poluidoras, como possível impacto na qualidade da água nos locais de captação, contribuindo para uma vigilância relevante para conseguir evitar graves problemas nos cursos de água e conseguir controlar a qualidade da água, a construção de uma matriz de risco, a avaliação histórica da qualidade da água nas diferentes captações e por fim a recolha de um conjunto de amostras de água, em locais considerados estratégicos, nas bacias hidrográficas dos rios Cávado Ave e Vizela.

Para a realização deste trabalho efetuou-se a inventariação das principais fontes de poluição das águas a montante das captações do Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas e Queimadela, o estudo da qualidade de água nas captações, por análise da informação disponível relativa aos parâmetros organoléticos e físico-químicos, tais como turvação, cor, cheiro, pH, temperatura, acidez, alcalinidade, fluoretos, nitratos, nitritos, metais pesados, cloretos, oxigénio dissolvido, carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>), carência química de oxigénio (CQO), sulfatos, fosfatos.

A partir da caracterização e determinação das probabilidades de ocorrência e severidade conclui-se que, as fontes de poluição, nomeadamente as resultantes da atividade industrial, agrícola e tratamento de efluentes tem um impacto significativo na qualidade da água.

A água captada em Areias de Vilar apresenta, quando comparada com a captada nas albufeiras de Venda Nova, Andorinhas e Queimadela, uma menor qualidade relativamente aos parâmetros organoléticos e físico-químicos. Esta constatação é, naturalmente, relacionada com a maior concentração das atividades industriais e a predominância da prática da agricultura na bacia hidrográfica. O conhecimento das fontes poluidoras e a compreensão da vulnerabilidade das referidas captações de água ajuda na melhoria do controlo da qualidade da água.

**Palavras-chave:** Captação da água; fontes de poluição; qualidade da água.

**Identification and georeferencing of polluting sources in upstream of Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas and Queimadela catchments in the Cávado and Ave river basin.**

## **ABSTRACT**

Protecting water quality in hydrological basins and water catchment areas is the first step in ensuring water quality in the water supply system.

Problems due to pollution of the water bodies, for example clandestine discharges of wastewater, the occurrence of effluent discharges by industries into watercourses without proper treatment and diffuse pollution from agricultural sources, causing serious impacts in water courses and the surrounding ecosystems.

The hydrographic basins of the Cávado and Ave rivers are the source of water for the supply subsystems of Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas and Queimadela, respectively. The objectives of the present work was to identify the polluting sources, as a possible impact on the quality of water at the catchment sites, contributing to a relevant surveillance to be able to avoid serious problems in watercourses and manage to control the quality of water in the areas of capture, the construction of a risk matrix, the historical assessment of the water quality in the different abstractions and, finally, the collection of a set of water samples, in places considered strategic, in the hydrographic basins of the Cávado Ave and Vizela rivers.

To carry out this work, the main sources of pollution in upstream waters of Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas and Queimadela were enumerated. The evaluation of water quality in the catchments was carried out, collecting information on the organoleptic and physicochemical parameters, such as turbidity, color, smell, pH, temperature, acidity, alkalinity, fluorides, nitrates, nitrites, heavy metals, chlorides, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BDO<sub>5</sub>), chemical oxygen demand (COD), sulphates, phosphates.

From the characterization and determination of occurrence probabilities and the severity of consequences for each hazardous event, it was clear that industrial, agricultural, and effluent treatment activities have a significant impact on water quality.

The water collected at Areias de Vilar presents, when compared to that collected from the reservoir of Venda Nova, Andorinhas and Queimadela, a lower quality in terms of organoleptic and physical-chemical parameters. This finding is, of course, related to the greater concentration of industrial activities and the predominance of agricultural practices in the hydrographic basin. Knowledge of polluting sources and understanding the vulnerability of these water abstractions helps to improve water quality control.

**Keywords:** Water abstraction; sources of pollution; water quality.





# ÍNDICE

Índice .....	vii
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos.....	ix
Lista de figuras.....	x
Lista de tabelas .....	xi
1 Introdução .....	1
1.1. Enquadramento do projeto de dissertação .....	1
1.2. Objetivos do projeto de dissertação .....	1
1.3. Águas do Norte S.A.....	2
2 A importância da água .....	4
2.1 Qualidade da água.....	4
2.1.1 Parâmetros da qualidade da água.....	5
2.2 Fontes poluidoras .....	9
2.3 Métodos de identificação e georreferenciação .....	11
2.4 Métodos de avaliação de impacto ambiental.....	11
2.4.1 Matriz de risco .....	11
3 Enquadramento geral da área em estudo .....	13
3.1 Bacia hidrográfica do rio Cávado.....	13
3.2 Bacia hidrográfica do rio Ave .....	14
3.3 Identificação e descrição das estações de captação de água.....	15
3.3.1 Captação de Areias de Vilar .....	15
3.3.2 Captação de Queimadela .....	16
3.3.3 Captação de Andorinhas .....	17
3.3.4 Captação de Rabagão .....	19
4 Metodologia .....	20
4.1 Identificação e georreferenciação das principais fontes de poluição .....	20
4.2 Monitorização da qualidade da água .....	20
4.2.1 Avaliação histórica da qualidade da água.....	20

4.2.2	Recolha e análise da qualidade da água em locais estratégicos das bacias hidrográficas do rio Cávado e Ave.....	20
5	Identificação das fontes de poluição.....	24
5.1	Acidentes/Descargas ilegais.....	24
5.2	Identificação de fontes de poluição.....	25
5.2.1	Setores de atividades.....	25
5.2.2	Estações de tratamento de águas residuais.....	28
5.2.3	Matriz de classificação de riscos.....	29
6	Caracterização da qualidade da água.....	32
6.1	Comparação histórica dos parâmetros de qualidade da água nas captações.....	32
6.2	Avaliação dos parâmetros de qualidade da água em locais estratégicos.....	37
7	Conclusões e Perspetivas futuras.....	44
7.1	Conclusão.....	44
7.2	Perspetivas futuras.....	45
	Referências Bibliográficas.....	46
	Anexo I.....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

### A

AdNorte Águas do Norte S.A

### B

BOD<sub>5</sub> Biochemical oxygen demand

### C

CBO<sub>5</sub> Carência bioquímica de oxigénio

COD Chemical oxygen demand

CQO Carência química de oxigénio

### E

ETA Estação de tratamento de águas

ETAR Estação de tratamento de águas residuais

### P

PCQA Programa de Controlo de Qualidade da Água

PCQA Programa de Controlo de Qualidade da Água

### S

SIG Sistemas de Informação Geográficas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das Bacias Hidrográficas dos rio Cávado e Ave (retirado de [19]).....	15
Figura 2: ETA de Areias de Vilar.....	16
Figura 3: Albufeira Queimadela.....	17
Figura 4: Local da captação de Andorinhas.....	18
Figura 5: Locais selecionados para recolha das amostras. ....	21
Figura 6: Diversos aspetos da recolha das amostras.....	
Figura 7: Locais de recolha de amostras na bacia hidrográfica. ....	23
Figura 8: Representação das fontes de poluição, ETAR e captações de água na bacia hidrográfica do rio Cávado e Ave. ....	26
Figura 9: Concentração de nitratos nas diferentes captações desde 2014 até 2021. ....	32
Figura 10: Turvação da água nas diferentes captações desde 2014 até 2021 .....	33
Figura 11: Condutividade da água nas diferentes captações desde 2014 até 2021.....	34
Figura 12: Concentração de <i>Clostridium perfringens</i> nas diferentes captações desde 2014 até 2021.	35
Figura 13: Concentração de bactérias coliformes nas diferentes captações desde 2014 até 2021. ....	36
Figura 14: Valores da temperatura nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras. ....	38
Figura 15: Valores de pH nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras. ....	38
Figura 16: Valores da condutividade nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras. ....	39
Figura 17: Valores da turvação nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras. ....	40
Figura 18: Dados da concentração de carbono orgânico total nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras. ....	40
Figura 19: Dados da concentração <i>Clostridium perfringens</i> nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras. ....	41
Figura 20: Dados da concentração de bactérias coliformes nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras. ....	42
Figura 21: Local das amostras no rio "Torto". ....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de fontes poluidoras com o processo de contaminação e impacto associado (adaptado de: [13]).	10
Tabela 2: Exemplo de matriz classificação de riscos (adaptado de: [13]).	12
Tabela 3: Descrição do rio Cávado (adaptado de [1], [20]).	13
Tabela 4: Descrição do rio Ave (adaptado de [1], [21]).	14
Tabela 5: População servida pela captação de Areias de Vilar.	16
Tabela 6: População servida pela captação de Queimadela.	17
Tabela 7: População servida pela captação de Andorinhas.	18
Tabela 8: População servida pela captação de Rabagão.	19
Tabela 9: Transferências de água através de circuitos de transvase na RH2 (adaptado de [1]).	22
Tabela 10: Exemplos de tipo/setor de atividade e tipo de efluente produzidos pelas indústrias.	27
Tabela 11: Estações de tratamento de água na região estudada.	28
Tabela 12: Exemplo de escala de probabilidade de ocorrência (adaptado de: [13]).	29
Tabela 13: Exemplo de escala de severidade de ocorrência (adaptado de: [13]).	30
Tabela 14: Classificação das fontes de poluição.	31
Tabela 15: Matriz de classificação de riscos.	31
Tabela 16: Dados referentes ao gráfico da concentração de nitratos.	33
Tabela 17: Dados referentes ao gráfico da turvação.	34
Tabela 18: Dados referentes ao gráfico da condutividade.	35
Tabela 19: Dados referentes ao gráfico da concentração de <i>Clostridium perfringens</i> .	36
Tabela 20: Dados referentes ao gráfico da concentração de bactérias coliformes.	37
Tabela 21: Dados das amostras nos locais: Montante e jusante da Albufeira da Queimadela.	49
Tabela 22: Dados das amostras nos locais: Montante albufeira Ermal (Rossas), Albufeira Ermal (paredão) e Montante albufeira Andorinhas (praia fluvial Esperança).	50
Tabela 23: Dados das amostras nos locais: Albufeira Alto Rabagão Captação, Albufeira Alto Cávado, Montante Albufeira Venda Nova (Borralha) e Montante Albufeira Venda Nova (Vila da Ponte).	51

Tabela 24: Dados das amostras nos locais: Rio Homem (montante confluência com rio Cávado), Albufeira de Vilarinho das Furnas (paredão), Albufeira de Paradela (paredão) e Albufeira de Salamonde (paredão). .....	52
Tabela 25: Dados das amostras nos locais: Albufeira de Caniçada (paredão), Rio Cávado: Ponte do Bico e Rio Cávado: Ponte de Prado. ....	53
Tabela 26: Dados das amostras nos locais: Rio Cávado: Pousa e Rio "Torto" (montante confluência com rio Cávado). ....	54

# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo faz-se o enquadramento e expõe-se a motivação para a realização deste projeto de dissertação de mestrado, indicam-se, os objetivos propostos e a respetiva planificação para a realização do mesmo e, por último, faz-se a apresentação da empresa, Águas do Norte S.A (AdNorte), onde foi realizado o trabalho prático.

## 1.1. ENQUADRAMENTO DO PROJETO DE DISSERTAÇÃO

O papel da água na sociedade moderna e a sua correta gestão tem-se tornado cada vez mais importante. Prova disso é o investimento nas mais amplas áreas de descontaminação, preservação e controlo desse recurso. A evolução da qualidade da água nos rios e albufeiras de origem de água destinada à produção de água para abastecimento humano, é um fator determinante na condução dos processos de tratamento de água [1], [2].

Os problemas devido à poluição do meio hídrico têm-se tornado cada vez mais frequentes, como por exemplo, as descargas clandestinas de águas residuais, a ocorrência de descargas de efluentes por parte de indústrias para os cursos de água sem o tratamento adequado e a poluição difusa de origem agrícola, podem provocar graves problemas nos cursos de água e nos ecossistemas envolventes [3].

As bacias hidrográficas dos rios Cávado e Ave são a origem de água para os subsistemas de abastecimento de Rabagão e Areias de Vilar, e Andorinhas e Queimadela, respetivamente, sendo que a identificação das fontes poluidoras, com possível impacto na qualidade da água nos locais de captação, uma forma de vigilância relevante para conseguir evitar graves problemas nos cursos de água e conseguir controlar a qualidade da água nos locais de captação [1], [3].

## 1.2. OBJETIVOS DO PROJETO DE DISSERTAÇÃO

Esta dissertação teve como objetivos a identificação e georreferenciação das fontes poluidoras nas bacias hidrográficas do rio Cávado e Ave a montante das captações de Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas e Queimadela, a partir da georreferenciação pretendeu-se facilitar o controlo e gestão das fontes de poluição para que sejam consideradas, futuramente, como locais críticos a vigiar e monitorizar sempre que seja detetada alguma alteração da qualidade da água nos locais de captação, a construção de uma matriz de risco, a avaliação histórica da qualidade da água nas diferentes captações e por fim a recolha e análise da qualidade da água em locais estratégicos das bacias hidrográficas do rio Cávado e Ave.



### **1.3. ÁGUAS DO NORTE S.A.**

A Águas do Norte S.A (AdNorte), pertencente ao grupo Águas de Portugal, foi constituída pelo Decreto-lei n.º 93/2015, de 29 de maio, e resultou da fusão das empresas Águas do Douro e Paiva, S.A., Águas do Noroeste, S.A., Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. e SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A [4].

A AdNorte tem como missão conceber, construir, explorar e gerir o sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal e o sistema de águas da região do Noroeste, num quadro de eficiência e sustentabilidade económica, social e ambiental, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e para o desenvolvimento socioeconómico da região. Tendo por visão ser uma empresa de referência nacional no setor da água em termos de qualidade do serviço público prestado e um parceiro ativo para o desenvolvimento da região onde se insere [4].

A Águas do Norte, é orientada por uma Política de Gestão dinâmica e geradora de progresso sustentável e numa lógica de ciclo de vida da empresa, considera que o seu Sistema de Gestão é uma ferramenta fundamental para assegurar a sua Missão, a prossecução dos Objetivos, o eficiente controlo das atividades e controlo do risco. O Sistema de Gestão de Qualidade, Ambiente, Segurança, Responsabilidade Social, Energia e Ativos, implementado de acordo com os referenciais internacionais, encontra-se certificado por entidade externa competente para o efeito. A Águas do Norte, na senda da melhoria contínua, encontra-se a implementar e integrar no seu Sistema de Gestão, a Gestão de Ativos, Gestão da Segurança no Trabalho e Gestão da Segurança da Informação, igualmente de acordo com referenciais internacionais [4].

A empresa está comprometida com o desenvolvimento socioeconómico da região, tem contribuído para o bem-estar das pessoas e promovido a certificação ambiental como parte integrante do desenvolvimento sustentável para a solução dos problemas ambientais. As infraestruturas para abastecimento de água incluem 23 barragens, 66 estruturas de captação, 29 ETA, 184 estações elevatórias e 372 reservatórios. Já em relação às instalações relacionadas com as infraestruturas de saneamento e tratamento de águas residuais incluem-se 189 ETAR e 368 estações elevatórias. Abrangem 52 municípios para o abastecimento de água e saneamento, sendo que Barcelos e Maia só estão envolvidos no abastecimento de água, e Amarante; Amares; Cabeceiras de Basto; Felgueiras; Guimarães; Lousada; Terras de Bouro; Vila Verde e Vizela apenas recorrem ao saneamento das águas [4].

Para além das infraestruturas de saneamento e abastecimento, a AdNorte dispõe ainda de um laboratório onde são efetuadas análises de água para consumo humano, e onde são mantidos um conjunto de 74 parâmetros acreditados, dos quais 67 são físico-químicos e 7 são microbiológicos, segundo a norma NP EN ISO/IEC 17025:2005, [4]. A sua monitorização é necessária quer no cumprimento da legislação que regula a qualidade da água para consumo humano, Decreto-Lei 306/2007, de 27 de agosto, alterado pelo Decreto-Lei 152/2017 de 7 de dezembro), permitindo uma melhoria contínua do Sistema de Gestão, de forma a garantir [4]:

- a) Que a execução dos ensaios decorre em condições de segurança, confidencialidade e boas práticas profissionais;
- b) A total confiança nos resultados analíticos;
- c) A máxima qualidade dos serviços prestados;
- d) O estabelecimento e acompanhamento dos seus objetivos anuais definidos na reunião de revisão do Sistema de Gestão da Qualidade;
- e) Que a recolha de amostras e os ensaios são executados estritamente de acordo com as normas, procedimentos internos e/ou especificações técnicas estabelecidas, com os requisitos especificados pelo cliente, bem como com requisitos estatutários ou regulamentares;
- f) Que todo o pessoal relacionado com as atividades de ensaio dentro do laboratório esteja familiarizado com a documentação da qualidade e que aplique as políticas e procedimentos no seu trabalho;
- g) Que a integridade do sistema de gestão é mantida quando são planeadas e implementadas alterações ao mesmo;
- h) Que todo o pessoal relacionado com as atividades do laboratório, desempenha as suas funções de forma imparcial. O Laboratório não permite pressões comerciais, financeiras ou outras, que comprometam a imparcialidade;
- i) Que o laboratório reúne a competência necessária para o desempenho das suas funções e apresenta um funcionamento consistente;
- j) A avaliação e promoção contínua da satisfação dos seus clientes.

## 2 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

O estudo da água é de extrema importância para a humanidade, pois é um recurso essencial para a vida. É uma parte indispensável da sobrevivência de toda a biosfera e, portanto, uma parte imprescindível da sobrevivência dos seres humanos e de todas as espécies biológicas existentes. Existem muitos usos para a água, e a quantidade de água usada para diferentes fins é diferente.

A importância da água para o sustento da vida não pode ser superestimada. Esta está presente nas nossas casas, na agricultura, na indústria, e as quantidades utilizadas de água permanecem imensuráveis. A agricultura (irrigação, pecuária e aquicultura) é responsável por 69 % das captações anuais de água a nível mundial, tornando-a no setor que mais consome água no planeta. A indústria (incluindo a geração de energia) representa 19 % do consumo de água e as famílias por 12 %. A procura global da água potável vai sofrer um aumento na ordem dos 20 % a 30 % até 2050 e que, caso a degradação do ambiente e as pressões insustentáveis sobre os recursos hídricos globais continuem, em 2050, 45 % do PIB mundial e 40 % da produção mundial de cereais estarão em risco [5].

É importante, portanto, garantir que esta não seja contaminada, nem descuidada pelos seus diversos usos.

### 2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A Lei da Água (Lei n.º 58/2005) estabelece as bases para a gestão sustentável dos recursos hídricos, tais como as águas superficiais, nomeadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas, definindo assim todo um novo quadro institucional para o sector [6].

Numa perspetiva de proteção da saúde pública, de gestão integrada dos recursos hídricos e de preservação do ambiente, e com o objetivo de estabelecer normas, critérios com a finalidade de melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos, como água para consumo humano, água para suporte da vida aquícola, águas balneares, e águas de rega, recorre-se ao decreto-lei n.º 236/98. Nesse diploma são ainda definidas as normas de descarga das águas residuais na água e no solo, visando a promoção da qualidade do meio aquático e a proteção da saúde pública e dos solos [2].

Quando falamos em água destinada ao consumo humano, precisamos de ter a garantia de que nos referimos a água potável. O tratamento da água destinada ao consumo humano é realizado em Estações de Tratamento de Água (ETA), que se baseiam numa série de processos físicos e químicos tais como a remineralização, coagulação/floculação, filtração, desinfecção final e correção do pH. Para assegurar o controlo da qualidade da água abastecida, as empresas fornecedoras têm implementados Programas de Controlo de Qualidade da Água (PCQA), que cumprem integralmente os requisitos do

Decreto-Lei n.º 152/2017, de 7 de dezembro, diploma legal que regula a qualidade da água para consumo humano [4], [7].

Ao longo do tempo, é necessário readequar aos objetivos, tecnologias e condições económicas da sociedade durante o seu desenvolvimento sustentável, garantindo que a saúde pública seja mantida.

### **2.1.1 PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA**

A avaliação da qualidade da água controla-se a partir da análise de parâmetros organoléticos, físico-químicos e biológicos,

#### ***2.1.1.1 PARÂMETROS ORGANOLÉTICOS***

##### **– Cor**

A cor é derivada da decomposição de matéria vegetal (e.g.: folhas, agulhas de pinheiro, madeira) que originam taninos (compostos fenólicos), ácido húmico e sais de ácido húmico, causando uma cor castanha na água. Também pode ter origem na presença de ferro e manganês. Ao determinar os parâmetros de cor da água, o valor de pH da água deve ser considerado, porque a intensidade da cor tende a aumentar com o pH. Da mesma forma, a cor também é afetada por substâncias ou sólidos suspensos em solução, que deve ser eliminada antes de determinar a cor [8].

##### **– Turvação**

A turvação consiste na apreciação visual da água, se é límpida ou turva, se mostra tonalidade ou é incolor. É uma característica física da água que traduz a dificuldade de penetração da luz na água, isto deve-se à presença de sólidos em suspensão e partículas rochosas, produtos agrícolas ou de outras atividades, podendo também ser resultado da turbulência da água e da descarga de águas residuais. Estas partículas são de natureza diversa, desde microrganismos até partículas minerais, como sílica, compostos de ferro e fibras [9].

#### ***2.1.1.2 PARÂMETROS FÍSICO E QUÍMICOS***

##### **– Temperatura**

É a medida da intensidade de calor. As alterações bruscas da temperatura da água podem ocorrer devido à intervenção humana ou mudanças naturais no meio ambiente, que causam a destruição dos

ecossistemas naturais devido a choques térmicos, um aumento da temperatura pode ser suficiente para acelerar os processos bioquímicos, refletindo-se na decomposição (mineralização) da matéria orgânica; multiplicação e/ou morte do biota das águas; diminuição da sobrevivência dos microrganismos patogênicos; aumento da toxicidade de alguns produtos químicos, como os fenóis, os cianetos, o xileno, etc. A temperatura da água afeta a velocidade das reações químicas, biológicas e na solubilidade dos gases na água [8, 10].

#### – pH

O pH representa uma medida de acidez da água, ou da sua alcalinidade, transposta pela concentração do íon de hidrogênio  $[H^+]$ . A escala do pH varia de 0 a 14, os valores designados ácidos têm valores inferior a 7, já os alcalinos apresentam valores superiores. Um valor de pH de 7 representa neutralidade da solução [8].

O pH é um parâmetro muito importante, pois influencia o desenvolvimento da vida aquática como a maioria das reações químicas na natureza e a atividade biológica [8].

#### – Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido representa o conteúdo de moléculas de oxigênio ( $O_2$ ) dissolvidas na água. Este é um parâmetro muito importante na gestão do meio hídrico, por dois motivos principais: quase todos os elementos podem formar óxidos e o seu papel no ciclo biogeoquímico do carbono, através do metabolismo biológico, tanto no que se refere à oxidação da matéria orgânica, como à produção do próprio oxigênio por fotossíntese a partir do  $CO_2$  [11].

O teor de oxigênio dissolvido é um parâmetro muito importante, pois depende das atividades físicas, químicas e bioquímicas que ocorrem na massa de água, podendo identificar fenômenos ambientais, como eutrofização ou poluição orgânica. Quanto maior a quantidade de oxigênio dissolvido disponível na massa de água, mais forte será a sua capacidade de autodepuração [11].

#### – Condutividade

A condutividade reflete a capacidade da água de conduzir a corrente elétrica, que depende da concentração de íões dissolvidos na água, não apenas desses íões, mas também da temperatura. Portanto, quanto maior for a temperatura e o valor dos íões presentes na água, maior será a condutividade. Os principais íões responsáveis pela condutividade da água são: cálcio, magnésio, ferro, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos [8].

### – Azoto e compostos azotados

O azoto ou nitrogénio (N) é um nutriente importante, por ser um componente fulcral nas estruturas tecidulares proteicas. Na forma molecular ( $N_2$ ) é relativamente inerte e é o gás mais abundante na atmosfera [10].

A presença de compostos azotados na água é, geralmente, indicadora de poluição. O azoto pode existir nas seguintes formas: azoto molecular dissolvido ( $N_2$ ), decorrente da dissolução do ar na água ou da transformação de nitratos ( $NO_3^-$ ) em  $N_2$ , por reação bioquímica intermediada por bactérias desnitrificantes; inorgânicas, como os iões nitrato ( $NO_3^-$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e azoto amoniacal ( $NO_4^+$ ); orgânicas, como aminas e proteínas [10].

O nitrato é a forma mais oxidada de nitrogénio. Devido à presença ou ausência de oxigénio dissolvido na água, os iões nitrito são instáveis e tendem a ser oxidados a nitrato ou reduzidos a amónio, de modo que geralmente existem em pequenas concentrações, mas a sua toxicidade é maior do que outras formas de nitrogénio, sendo tóxico para plantas e organismos aquáticos. Um nível superior a de 50 mg/L pode indicar poluição da água, causando problemas graves à saúde humana. Porém nas águas superficiais, os nitratos são um elemento essencial para o crescimento de algas, cianobactérias e plantas aquáticas. Quando presente em altas concentrações, causa a superprodução desses organismos que se traduzem na eutrofização dessas massas de água [10].

### – Fósforo

O fósforo (P) ocorre nas águas na forma de: fosfatos, incluindo ortofosfatos ( $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $H_3PO_4$ ), polifosfatos que incluem ortofosfatos, mas também em arranjos mais complexos, como  $PO_3^{6+}$ ,  $P_3O_{10}^{5-}$ ,  $P_2O_7^{4-}$  e fosfatos orgânicos [10].

A presença de fósforo nos cursos de água naturais pode ser decorrente da dissolução de compostos do solo, descargas de estações de tratamento de águas residuais, detergentes, dejetos de animais e fertilizantes. A presença de fósforo na água é um problema, não por este ser tóxico, mas por ser considerado o elemento que mais contribui para a eutrofização nos ecossistemas aquáticos. Por outro lado, o fósforo é o nutriente básico para o crescimento e reprodução bacteriana, e o crescimento e reprodução das bactérias é responsável pelo mecanismo bioquímico de estabilização da matéria orgânica [10].

#### – Carência Bioquímica de Oxigénio

A Carência Bioquímica de Oxigénio ( $CBO_5$ ) correspondente à quantidade de oxigénio consumido pelos microrganismos na decomposição da matéria orgânica, dentro de determinadas condições, geralmente 5 dias e 20 °C, respetivamente [8].

Portanto, este parâmetro é uma avaliação indireta da matéria orgânica biodegradável (hidratos de carbono, proteínas, gorduras) presente na água, medindo o consumo de oxigénio, que é proporcional à quantidade de matéria orgânica oxidada bioquimicamente [10].

A carência de oxigénio na água provoca problemas ambientais, entre eles a libertação de gases nocivos à saúde humana tais como  $H_2S$ , o  $CO_2$  ou o  $CH_4$  e impede a existência de peixes e outros seres aquáticos, que morrem por asfixia. Desta forma é imposto um limite para a matéria orgânica a ser descarregada no meio recetor (rio, lagos, mar) de modo que o  $O_2$  dissolvido existente na água não seja todo consumido [10].

#### – Carência Química de Oxigénio

A Carência Química de Oxigénio (CQO) corresponde à quantidade de oxigénio que é consumido na oxidação por via química da matéria orgânica e da matéria inorgânica presente, convertendo-a em dióxido de carbono e água. É um parâmetro indispensável para a caracterização de uma água residual, sendo bastante vantajoso quando utilizado conjuntamente com a  $CBO_5$  a 20 °C para analisar a biodegradabilidade da matéria orgânica presente na água, através da razão  $CBO_5/CQO$  [10].

Conforme a fonte [10], a razão  $CBO_5/CQO$  nas águas residuais pode variar entre 0,42 e 0,59, sendo normalmente utilizado o valor de 0,5. Dependendo do valor da razão  $CBO/CQO$  é possível tirar conclusões sobre a biodegradabilidade:

- $CBO/CQO$  elevada (superior a 0,5), a fração biodegradável é grande, sendo um bom indicador para aplicação do tratamento biológico;
- $CBO/CQO$  intermédia (de 0,3 a 0,5), a fração inerte ou não biodegradável é elevada, devendo ser efetuados estudos para determinar se é viável a aplicação de tratamentos biológicos;
- $CBO/CQO$  baixa (inferior a 0,3), a fração não biodegradável é muito elevada, possível indicação para aplicação de tratamentos físicos-químicos.

Quando a razão apresenta valores elevados, indicia a existência de uma elevada carga orgânica biodegradável, face à quimicamente oxidável.

### **2.1.1.3**      *PARÂMETROS BIOLÓGICOS*

Para a realização da avaliação microbiológica da água, são utilizados indicadores de matéria fecal (coliformes fecais e coliformes totais), que podem ser de origem animal e humana. São bactérias patogênicas que podem contaminar a água por meio de fezes de animais ou efluentes de ETAR que não foram devidamente tratados. Eles não constituem um perigo para a saúde por si só, mas são usados como um indicador da qualidade da água e da presença de outros organismos causadores de problemas para a saúde [8].

## **2.2**    **FONTES POLUIDORAS**

De acordo com o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto, poluição é definida como a “introdução direta ou indireta, por ação humana, de substâncias ou de calor na água e no solo, suscetíveis de prejudicar a saúde humana ou a qualidade do ambiente e de causar a deterioração dos bens materiais, ou a deterioração ou entraves na fruição do ambiente e na legítima utilização da água e do solo” [2].

As fontes de poluição podem ser caracterizadas através do processo de contaminação do meio hídrico, sendo qualificadas por poluição difusa ou poluição pontual. A poluição difusa é definida como uma fonte de poluição de difícil controlo, relacionada com as mudanças causadas pelo homem no meio ambiente (ao longo da superfície do solo), que devido à ocorrência de precipitação leva à erosão e desagregação dos sedimentos do solo juntamente com resíduos suspensos, originando um escoamento com partículas poluentes que são transportadas em suspensão, diluídas ou por arrastamento. Essas águas poluídas podem escorrer para as massas de água sem nenhum tratamento, e portanto, podem ser a fonte da poluição da água [12].

Em relação à poluição de origem pontual, é possível enfatizar a insuficiência ou inadequação do tratamento de efluentes em instalações que não atendem aos requisitos de descarga previstos na legislação e regulamentos, tais como setores industriais e agrícolas, esgotos domésticos e aterro sanitário. Os efluentes da poluição pontual possuem uma localização específica e geralmente atingem o meio aquático com uma elevada concentração de poluentes, através do despejo de resíduos sólidos ou líquidos diretamente nas massas de água. Estes são fáceis de identificar devido à turvação ou acumulação de resíduos na área restrita. Essas fontes de poluição dificilmente são afetadas pela precipitação ou mudanças de temperatura [12].

Posto isto, a poluição difusa e a poluição pontual podem causar sérios problemas nos cursos de água e nos ecossistemas circundantes, do qual o impacto da carga de poluição no meio aquático



depende da quantidade de resíduos depositados e também do grau de poluição do meio que os recebe [12].

A área das bacias hidrográficas do rio Cávado e do Ave está limitada pela existência de várias atividades e fatores críticos, que em alguns casos específicos, essas atividades e fatores podem causar acidentes e causar graves danos ao meio aquático. Na Tabela 1 estão representadas algumas fontes de poluição que têm vindo a afetar o meio hídrico de um modo geral. Em Portugal, as atividades agroindustriais e agropecuárias são consideradas um dos principais problemas ambientais [13].

Tabela 1: Exemplo de fontes poluidoras com o processo de contaminação e impacto associado (adaptado de: [13]).

Fontes de poluição	Processo de contaminação	Impacto
Indústria	Descarga direta	Aumento de substâncias perigosas nas massas de água
Agricultura	Escorrência/infiltração	Eutrofização Graves perturbações ou mesmo a morte dos seres vivos pela ingestão de água contaminada
Agroindustrial	Escorrência/infiltração	Contaminação por nitratos e fósforo
Agropecuária	Escorrência/infiltração	Contaminação com microrganismos patogénicos, nitratos, e elevada carga orgânica
Tratamento de efluentes	Descarga direta	Aumento das cargas orgânicas (CBO e CQO), sólidos suspensos totais, coliformes fecais, azoto e fósforo
Incêndio florestais	Escorrência/ infiltração	Perda de suporte dos solos conduzindo ao processo de lixiviação e consequentemente a contaminação
Atividade humana	Escorrência/ infiltração Descarga direta	Aumento da carga orgânica e inorgânica das massas de água por descargas dos efluentes urbanos - Contaminação microbiológica

## **2.3 MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO E GEORREFERENCIAÇÃO**

A implementação de tecnologias de georreferenciação tem despertado grande interesse, estes ajudam no armazenamento e análise de objetos e fenômenos, sustentados pela localização geográfica, integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas, reduzem ou até eliminam o trabalho de campo, assim tem se vindo a utilizar cada vez mais os Sistemas de Informação Geográficas (SIG) [14, 15].

Em Portugal, devido à estrutura de planeamento nacional, os Sistemas de Informação Geográfica foram lançados em algumas empresas e algumas instituições públicas na década de 1970 (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Gabinete Regional de Sines, Empresa Geral de Fomento). Na década de 1980, a Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa e o Laboratório de Engenharia Civil criaram uma base de dados cujo objetivo era o tratamento da mesma informação utilizada para a produção dos resultados [14].

Na década de 1980, havia um número reduzido de empresas de software de SIG, no entanto, na atualidade, esse valor aumentou. O uso de sistemas de informação geográfica tem aumentado significativamente porque os SIG podem ser utilizados em múltiplas áreas, estando mais concentrados nas áreas de mapeamento e planeamento [14, 16].

A utilização dos SIG neste trabalho deve-se à necessidade de conhecer a localização da potencial fonte de poluição para que possa ser controlada e gerida de forma a ser considerada como um local a ser observado e monitorizado sempre que a qualidade da água sofrer uma alteração [16].

## **2.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

As metodologias de avaliação de impacto ambiental são essenciais para avaliar os possíveis impactos ambientais, diretos e indiretos, de forma integrada, e assim definir medidas destinadas a evitar, minimizar ou compensar tais impactos para ajudar a tomar decisões ambientalmente sustentáveis [17].

### **2.4.1 MATRIZ DE RISCO**

A matriz de classificação de riscos é uma ferramenta de gestão de riscos que permite de forma visual identificar quais são os riscos que devem receber mais atenção. Por se tratar de uma ferramenta para priorização de riscos, ela pode ser aplicada na etapa de avaliação de riscos. Dessa forma, a identificação dos riscos é uma etapa que deve ser feita antes da aplicação da ferramenta [18].

A melhor maneira de avaliar o risco é construir sistematicamente uma tabela de todos os eventos perigosos potenciais e perigos associados, bem como uma estimativa da magnitude do risco. Os riscos devem ser priorizados de acordo com seu provável impacto. Os riscos de alta prioridade podem ter graves impactos, sendo necessário uma maior atenção a estes. Os riscos de baixa prioridade podem ser minimizados com boas práticas regulares. No início do processo de avaliação de riscos, deve-se definir o que considera ser: insignificante, pequena, moderado, grande e catastrófica. A definição de uma matriz de risco é fundamental para identificar riscos catastróficos. Quando os dados são insuficientes para classificar os riscos como baixos ou altos, esses riscos devem ser considerados significativos até que a investigação prove o contrário [13, 18].

A construção da matriz de risco permite classificar as fontes de poluição, conforme a severidade de consequências e a probabilidade de ocorrência, podendo assim dar maior atenção e prioridade aos que apresentam maior impacto em relação aos perigos, em relação aos impactos que não são significativos ou cuja ocorrência é muito improvável. Após a construção da matriz de riscos consegue-se propor medidas de controle para mitigar a ocorrência dos riscos ou mesmo eliminá-las [13, 18].

A Tabela 2 mostra um exemplo de uma matriz de classificação de risco usando a escala de probabilidade de ocorrência e severidade das consequências de 1 a 5. A pontuação obtida nesta matriz corresponde ao cruzamento da probabilidade de ocorrência e gravidade da consequência [13].

Tabela 2: Exemplo de matriz classificação de riscos (adaptado de: [13]).

Probabilidade de ocorrência	Severidade das consequências				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Elevado	Muito elevado
Diária	5	10	15	20	25
Mensal	4	8	12	16	20
Semanal	3	6	9	12	15
Anual	2	4	6	8	10
Raramente	1	2	3	4	5

### 3 ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

A área de estudo localiza-se na região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça, correspondendo à unidade RH2, com uma área total de 3584 km<sup>2</sup>. De acordo com o Decreto n.º 347/2007, de 19 de outubro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 117/2015, de 23 de junho esta unidade inclui as bacias hidrológicas dos rios Cávado, Ave e Leça e as bacias hidrográficas das ribeiras da costa, incluindo as respetivas águas subterrâneas e águas costeiras adjacentes.

#### 3.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CÁVADO

A bacia hidrográfica do rio Cavado está localizada no noroeste de Portugal e cobre uma área de 1699 km<sup>2</sup>. A parte Norte da área confronta as bacias hidrológicas dos rios Neiva e Lima, e a Este é confrontada com as bacias hidrográfica do rio Douro, e o Sul é oposto à bacia hidrográfica do rio Ave (Figura 1). Na área abrangida cerca de 256 km<sup>2</sup> e 248 km<sup>2</sup> correspondem, respetivamente às sub-bacias dos afluentes mais importantes: na margem direita, o rio Homem tem 45 km de extensão, que nasce na Serra do Gerês com uma área de drenagem de 256 km<sup>2</sup>; na margem esquerda, o rio Rabagão, com 37 km, que nasce entre as serras do Barroso e do Larouco com uma área de drenagem de 248 km<sup>2</sup> [1], [19]. Na Tabela 3 apresenta-se informação do rio principal da bacia, o rio Cávado.

Tabela 3: Descrição do rio Cávado (adaptado de [1], [20]).

Comprimento	135 km
Nascente	Fonte da Pipa - Serra do Larouco
Altitude da nascente	1527 m
Foz	Oceano Atlântico - Esposende
Caudal Médio	70,5 m <sup>3</sup> /s
Declive	0,44 %

A região da Bacia Hidrográfica do rio Cávado inclui integralmente o concelho de Amares e intersecta os 13 seguintes: Barcelos, Boticas, Braga, Cabeceiras de Basto, Esposende, Montalegre, Ponte de Lima, Ponte da Barca, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Terras de Bouro, Vieira do Minho e Vila Verde [1].

O valor médio da precipitação anual da área coberta pela bacia hidrológica do rio Cavado varia de 900 a 4200 mm. A precipitação tende a diminuir gradualmente de montante para jusante, ao longo da costa da bacia regista-se valores inferiores a 1500 mm. A parte superior da bacia do rio Cavado,

correspondente à serra do Larouco, faz parte de uma zona de clima Continental, acentuado pela posição topográfica.

Os cursos de água da bacia hidrográfica do rio Cávado apresentam uma degradação ecológica moderada, nomeadamente a partir dos setores médios. No que se refere ao valor da flora e fauna do estuário, as aves são notáveis e ainda muito abundantes, com proeminentes limícolas, garças e tentilhões. Quanto à flora, o rio Cávado apresenta elevada diversidade de espécies, especialmente nas comunidades marginais e aquáticas [19].

### 3.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AVE

A bacia hidrográfica do rio Ave ocupa uma área de 1391 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 247 km<sup>2</sup> e 340 km<sup>2</sup> correspondem às áreas das bacias dos seus dois afluentes mais importantes: os rios Este e Vizela. Confronta a Norte com a bacia hidrográfica do rio Cávado, a Oriente com a bacia hidrográfica do rio Douro e a Sul com a bacia hidrográfica do rio Leça [1]. Na Tabela 4 apresenta-se informação do rio principal da bacia, o rio Ave.

Tabela 4: Descrição do rio Ave (adaptado de [1], [21]).

Comprimento	93,5 km
Nascente	Serra da Cabreira - Vieira do Minho
Altitude da nascente	1260 m
Foz	Oceano Atlântico - Vila do Conde
Caudal Médio	30,60 m <sup>3</sup> /s
Declive	0,30 %

Na Figura 1 é possível observar a localização geográfica da Bacia Hidrográfica dos Rio Cávado e Ave. A região da Bacia Hidrográfica do rio Ave abrange os municípios de Barcelos, Braga, Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto, Fafe, Felgueiras, Guimarães, Lousada, Maia, Montalegre, Paços de Ferreira, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Nova de Famalicão e Vizela [1], [19].

O valor médio da precipitação anual da área coberta pela bacia hidrológica do rio Ave varia entre 900 e 3900 mm. A área com maior pluviosidade ocorre na área da Serra da Cabreira, onde a precipitação média anual está entre 2700 e 3900 mm. Ao longo da bacia hidrológica, a precipitação tende a diminuir gradualmente de montante para jusante. Nas áreas próximas ao estuário do Ave, a precipitação é inferior a 1500 mm por ano.

Em comparação com os complexos hidrológicos de Lima e Cávado, a diversidade da flora é relativamente baixa. No entanto, a organização da comunidade de plantas mostra uma estabilidade importante nos cursos alto e médio, enquanto há uma abertura considerável no curso baixo, especialmente devido a fortes mudanças feitas pelo homem nessas partes. Em termos de comunidades de aves, o estuário do Ave é muito pobre, alguns estudos mostraram borrelhos, gaivotas e guarda-rios, estes raramente aparecendo nas margens do estuário.



Figura 1: Localização das Bacias Hidrográficas dos rio Cávado e Ave (retirado de [19]).

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

#### 3.3.1 CAPTAÇÃO DE AREIAS DE VILAR

A captação de água superficial de Areias de Vilar, destinada à produção de água para abastecimento público, encontra-se no Rio Cávado, localizada no lugar de Gaído, Freguesia de Areias de Vilar, Concelho de Barcelos [22].

A captação está localizada na margem esquerda do Rio Cávado, com as coordenadas  $M = 165993,47$  e  $P = 508859,52$ , (sistema Hayford-Gauss militar), Carta Militar n.º 69 (1:25000), e possui a capacidade de captar um caudal máximo na ordem dos  $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $328320 \text{ m}^3/\text{dia}$  em contínuo; de acordo com o Contrato de Concessão o volume máximo a extrair é da ordem dos  $207\,400 \text{ m}^3/\text{dia}$ ) e o equipamento de extração instalado com uma potência de  $640 \text{ kW}$  [22].

Com base nos elementos disponibilizados pela AdNorte, a estimativa da população atendida em 2010 e 2020 é apresentada na Tabela 5, evidenciando a grande importância futura desta captação. A

referida evolução será o reflexo da previsão de aumento do número total de residentes e do previsível encerramento de outras captações, em favor desta [22].

Tabela 5: População servida pela captação de Areias de Vilar.

População Residente 2010	População Residente 2020
584 300	687 266

A captura de água é realizada na parte inferior da plataforma onde existem 4 bombas de eixo vertical ( $4 \times 0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ ) na parte inferior da plataforma, abastecendo um reservatório de água bruta (RAB) com 2 células e capacidade total de  $150\,000 \text{ m}^3$  (o que poderá corresponder a 2 dias de abastecimento).



Figura 2: ETA de Areias de Vilar.

### 3.3.2 CAPTAÇÃO DE QUEIMADELA

A captação de água superficial de Queimadela, destinada à produção de água para abastecimento público, encontra-se no Rio Vizela, no lugar de Queimadela, Freguesia de Revelhe, Concelho de Fafe [23].

A captação está localizada na margem do Rio Vizela, com as coordenadas  $M = 197452,9$  e  $P = 503814,6$  (sistema Hayford-Gauss militar), Carta Militar n.º 71 (1:25000), com a capacidade de captar um caudal máximo na ordem dos  $0,104 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $8986 \text{ m}^3/\text{dia}$  em contínuo) e o equipamento de extração instalado com uma potência de  $62 \text{ kW}$  [23].

Com base nos elementos disponibilizados pela AdNorte, a estimativa da população atendida em 2010 e 2020 é apresentada na Tabela 6, evidenciando a grande importância futura desta captação. A referida evolução será o reflexo da previsão de aumento do número total de residentes [23].

Tabela 6: População servida pela captação de Queimadela.

Pop. Residente 2010	Pop. Residente 2020
55488	62270

O acesso ao edifício de comando da captação da Queimadela faz-se pelo coroamento da barragem, na margem esquerda. O edifício onde o equipamento de bombeamento está instalado está localizado a jusante da barragem, muito acima do fundo do vale, e não pode ser alcançado por inundações de qualquer frequência ou escala (exceto para eventos anormais ocasionais, como transbordamento ou rutura da barragem). A natureza da solução não faz antever problemas de funcionamento, quaisquer que sejam os níveis de água na albufeira ou a jusante. Nunca se observou que o nível de água descesse ao seu Nível Mínimo de Exploração ou até um nível que justificasse a paragem do abastecimento. Na monitorização da qualidade da água do reservatório, há uma sonda multi-paramétrica na barragem, que envia os dados para a ETA. A alimentação elétrica faz-se por via aérea, não devendo ser afetada por inundações [23].



Figura 3: Albufeira Queimadela.

### 3.3.3 CAPTAÇÃO DE ANDORINHAS

A captação de água superficial de Andorinhas, destinada à produção de água para abastecimento público, encontra-se no Rio Ave, Freguesia de Travassos, Concelho de Póvoa do Lanhoso [24].

A captação está localizada na margem do Rio Ave, com as coordenadas M = 194736,7 e P = 511119,06, (sistema Hayford-Gauss militar), Carta Militar n.º 57 (1:25000), com a capacidade de captar



um caudal máximo na ordem dos 0,027 m<sup>3</sup>/s (2333 m<sup>3</sup>/dia em contínuo) e o equipamento de extração instalado com uma potência de 300 kW [24].

De acordo com elementos fornecidos pela AdNorte estima-se que a população servida em 2010 e em 2020 seja a indicada na Tabela 7, evidenciando-se a sua importância relativa. A evolução apontada será o reflexo de uma previsão do aumento do número de habitantes em geral [24].

Tabela 7: População servida pela captação de Andorinhas.

Pop. Residente 2010	Pop. Residente 2020
16998	24792

A captação fica submersa na margem da albufeira de Andorinhas. Existem quatro (4) unidades de bombagem de eixo horizontal situadas numa plataforma flutuante, com acesso através de um passadiço igualmente flutuante. O acesso e a plataforma do edifício de comando da captação de Andorinhas situam-se bem acima do respetivo NMC (Nível de Máxima Cheia), fora do alcance de inundações de qualquer frequência ou magnitude com origem na albufeira. A natureza da solução não faz antever problemas de funcionamento, quaisquer que sejam os níveis de água na albufeira. A qualidade da água bruta na albufeira não é monitorizada. A alimentação elétrica faz-se por via aérea, não podendo ser afetada por inundações. A ETA encontra-se num local bastante elevado, não sendo suscetível de afetação por inundações a partir da albufeira [24].



Figura 4: Local da captação de Andorinhas.

### 3.3.4 CAPTAÇÃO DE RABAGÃO

A captação de água superficial de Rabagão, destinada à produção de água para abastecimento público, encontra-se no Rio Rabagão, no lugar de Candedo, Freguesia de Campos, Concelho de Vieira do Minho [25].

A captação está localizada na margem da albufeira da Venda Nova, com as coordenadas M = 212310,0 e P = 522296,0 (sistema Hayford-Gauss militar), Carta Militar n.º 44 (1:25000), com a capacidade de captar um caudal máximo na ordem dos 0,150 m<sup>3</sup>/s (12960 m<sup>3</sup>/dia em contínuo) e o equipamento de extração instalado com uma potência de 96 kW [25].

De acordo com elementos fornecidos pela AdNorte estima-se que a população servida em 2010 e em 2020 seja a indicada na Tabela 8, evidenciando-se a sua importância relativa. A evolução apontada será o reflexo de uma previsão do aumento do número de habitantes em geral [25].

Tabela 8: População servida pela captação de Rabagão.

Pop. Residente 2010	Pop. Residente 2020
11117	20820

Existem duas unidades de bombagem situadas numa plataforma flutuante, com acesso através de um passadiço igualmente flutuante. O acesso e a plataforma do edifício de comando da captação do Rabagão situam-se na margem da albufeira, bem acima do respetivo NMC, fora do alcance de inundações de qualquer frequência ou magnitude com origem na albufeira. A alimentação elétrica faz-se por via aérea, não devendo ser afetada por inundações. A ETA encontra-se num local bastante elevado, não sendo suscetível de afetação por inundações a partir da albufeira [25].

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 IDENTIFICAÇÃO E GEORREFERENCIAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

Numa primeira fase, foi realizada uma recolha do maior número de elementos bibliográficos existentes (por exemplo, artigos científicos, monografias, papers, gráficos, etc.) de forma sistemática na área alvo desta investigação, as bacias hidrográficas do rio Cávado e Ave. Foi também possível através da pesquisa realizada, enumerar alguns acidentes, nomeadamente relatos, em meios de comunicação social, de descargas ilegais nos diversos rios presentes nas bacias hidrográficas do rio Cávado e Ave.

A partir da informação de base bibliográfica, procedeu-se à enumeração das potenciais fontes de poluição das águas a montante de Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas e Queimadela. Para isso, foi utilizada a ferramenta informática Google Earth (Google LLC, USA), tendo os diferentes locais sido georreferenciados.

Por fim, e tendo por base a informação recolhida e a metodologia de avaliação de impacto ambiental descrita no ponto 2.4 foi elaborada uma matriz de risco para as principais fontes de poluição identificadas.

### **4.2 MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

#### **4.2.1 AVALIAÇÃO HISTÓRICA DA QUALIDADE DA ÁGUA**

A monitorização da qualidade da água nas diversas captações presentes nas bacias hidrográficas dos rios Cávado e Ave é feita diariamente. Desta forma, face à natureza do estudo efetuou-se a recolha de dados históricos referente aos anos de 2014 até 2021, e relativos aos parâmetros organoléticos e físico-químicos das captações mencionadas, tais como turvação, cor, cheiro, pH, temperatura, acidez, alcalinidade, fluoretos, nitratos, nitritos, metais pesados, cloretos, oxigénio dissolvido, carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>), carência química de oxigénio (CQO), sulfatos, fosfatos, entre outros. Toda a informação foi organizada e apresentada na forma gráfica, conseguindo encontrar manchas em que estes parâmetros se encontram em excesso conforme o limite legal definido.

#### **4.2.2 RECOLHA E ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS ESTRATÉGICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO CÁVADO E AVE**

Por fim, um dos objetivos deste trabalho foi recolher um conjunto de amostras de água nas bacias hidrográficas dos rios Cávado e Ave em locais que foram considerados estrategicamente importantes,

tendo sido selecionados 18 locais diferentes, para escolha destes locais levou-se a cabo a importância de se conseguir recolher a água manualmente e também para conseguir entender o quanto a qualidade da água pode ser afetada em diferentes áreas ao longo dos rios, devido à presença de possíveis fontes poluidoras.

No rio Cávado, Albufeira do Alto Rabagão (Captação ETA Alto Rabagão); Albufeira do Alto Cávado; Albufeira Venda Nova (Borralha - Montante); Albufeira Venda Nova (Vila Ponte - Montante); Albufeira de Vilarinho das Furnas (paredão); Albufeira de Paradela (paredão); Albufeira de Salamonde (paredão); Albufeira de Caniçada (paredão); na Ponte de Bico; na Ponte de Prado; Pousa; no rio Torto a montante confluência com o rio Cávado; no rio Homem a montante confluência com rio Cávado.

No rio Vizela: Albufeira Queimadela (Montante); Albufeira da Queimadela (Jusante);

No rio Ave, Albufeira Ermal (Rossas - Montante); Albufeira Ermal (paredão); e Albufeira Andorinhas (praia fluvial Esperança - Montante).

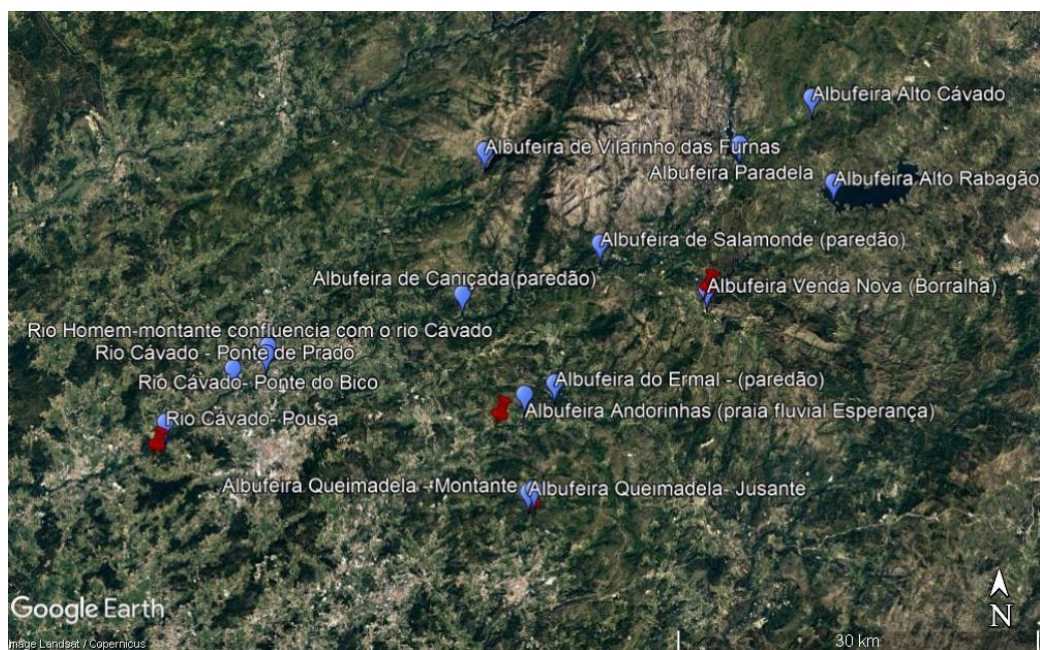


Figura 5: Locais selecionados para recolha das amostras.

A recolha (Figura 6) dessas amostras ocorreu em três dias distintos, com intervalo de 3 semanas, nos dias 28 de junho, 19 de julho e 9 de agosto, respetivamente. A recolha da água consistiu em recolhas de água com um nível de profundidade de aproximadamente 3 m para não apanhar as impurezas da superfície e também a colocação de água em frascos distintos para cada parâmetro. Após a recolha, as amostras foram enviadas ao laboratório para análise aos parâmetros azoto amoniacal, fósforo total,

temperatura, pH, condutividade, turvação, carbono orgânico total, bactérias coliformes e *Clostridium perfringens*.



Figura 6: Diversos aspetos da recolha das amostras.

Na Figura 7 está representado um esquema gráfico dos locais na bacia hidrográfica do rio Cávado em que foram recolhidas amostras. As setas azuis representam o rio principal, o rio Cávado, a seta a preto representa os rios afluentes (rio Rabagão, rio Homem e rio Torto) e as setas a laranja representam os transvases existentes na região RH2, estando estes relacionados com transferência de água para outra massa de água ou bacia hidrográfica. Na Tabela 9 mostra o caudal que é transferido de uma massa de água para outra, com o objetivo de produção de energia. Os transvases não têm expressão em termos quantitativos, não tendo significado no balanço hídrico. Todos os transvases ocorrem entre linhas de água desta região hidrográfica [1].

Tabela 9: Transferências de água através de circuitos de transvase na RH2 (adaptado de [1]).

Massa de água de origem	Massa de água destino	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)
Alto Cávado	Alto Rabagão	286 397
Alto Rabagão	Venda Nova	276 947
Venda Nova	Salamonde	861 841
Paradela	Salamonde	719 528
Salamonde	Caniçada	2 324 868
Vilarinho das Furnas	Caniçada	314 676

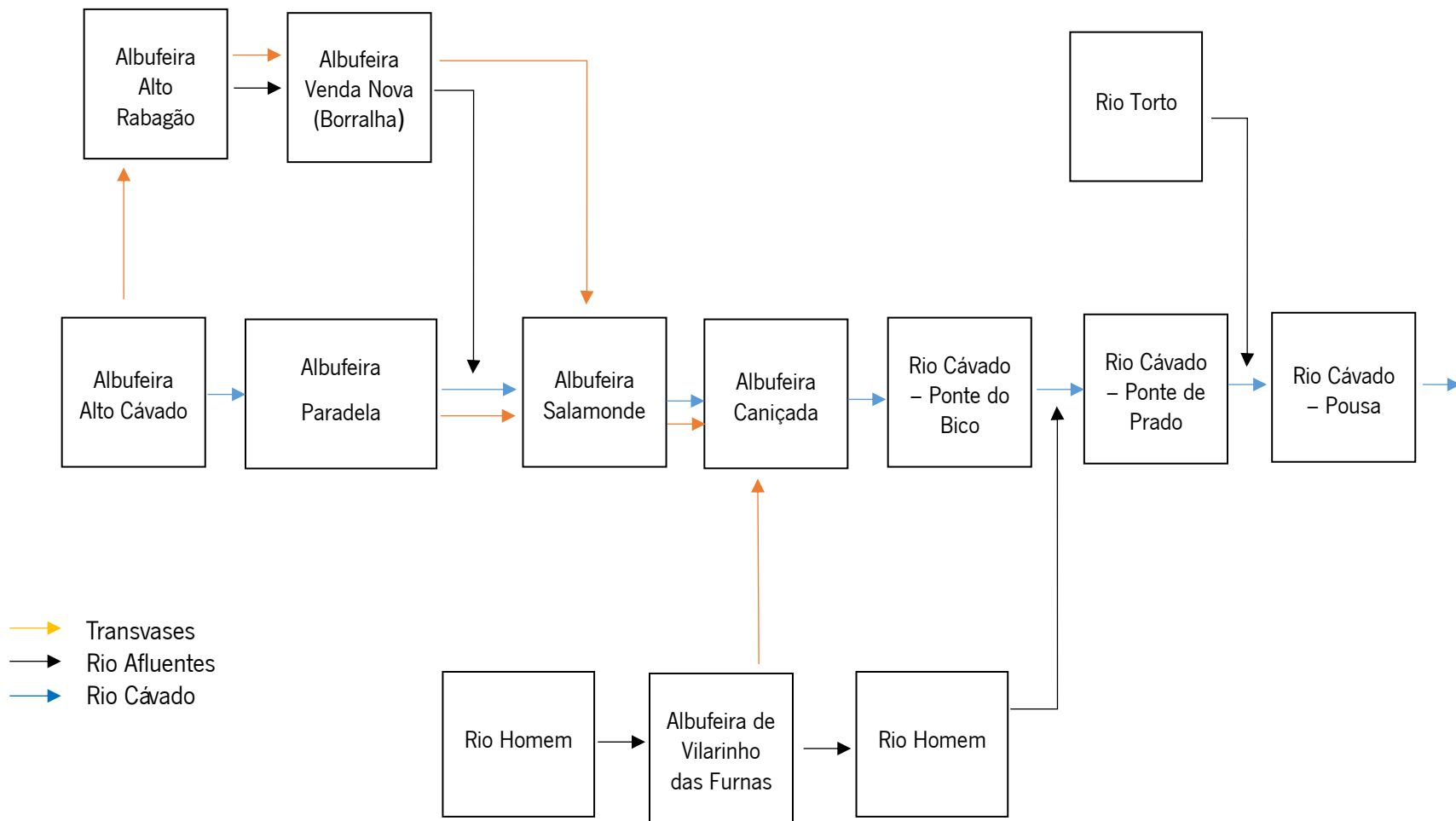


Figura 7: Locais de recolha de amostras na bacia hidrográfica.

## 5 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO

A poluição da água pode interferir na qualidade das massas de água, como rios, oceanos e lagos. Ela é gerada sobretudo, pelas descargas de efluentes ilegais [19].

Os principais fatores de poluição da água são causados pelas atividades domésticas, agrícolas e industriais, tais como diversos produtos químicos, óleo, celulose, tintas, plásticos, etc. Além de afetar e desequilibrar os ecossistemas terrestres e subterrâneos (como o nível dos lençóis freáticos), coloca as espécies que vivem nesses ecossistemas em perigo, prejudicando também os seres humanos.

### 5.1 ACIDENTES/DESCARGAS ILEGAIS

Durante os anos de 2014 a 2021 ocorreram muitas descargas ilegais que foram notórias nas captações. Da pesquisa realizada às notícias de jornais e meios de comunicação social, encontraram-se vários eventos que podem ter algum impacto na qualidade da água dos rios em estudo, porém apenas são mencionados os que tiveram uma maior atenção do público. É preciso ter atenção que apesar de muitos casos serem reportados na comunicação social, também existe muitos deles que não estão reportados.

No ano de 2017 foram várias as fontes que dizem que as obras realizadas na Barragem de Salamonde nesse mesmo ano tiveram um grande impacto no rio Cávado, sendo a causa da cor verde que o rio apresentava. As populações estavam preocupadas e perplexas com o estado do rio, pelo que em causa não estava só a fauna e a flora, mas também a saúde pública [26].

Ao longo dos anos foram várias as vezes que foi reportada a poluição constante do rio Homem, e sendo este um dos rios afluentes do rio Cávado, esta poluição terá tido um grande impacto no rio Cávado. No ano de 2015 a poluição no rio Homem causou grandes preocupações e indignação na população da região, havendo a suspeita que esta estaria ligada a descargas ilegais, e/ou à insuficiente capacidade de tratamento das ETAR. No ano 2017 foram várias as descargas ilegais que foram reportadas, tendo havido uma preocupação maior, devido ao aparecimento de salmonelas nas águas do Cávado [27, 28].

Em maio de 2021 houve uma nova denuncia de uma descarga ilegal na zona do parque de lazer do Quintalejo, em Padim da Graça, Braga feita pelo presidente da Junta de Freguesia de Padim da Graça, onde este pedia às autoridades competentes que tomassem as medidas necessárias na identificação e acusação dos responsáveis [29].

## 5.2 IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE POLUIÇÃO

### 5.2.1 SETORES DE ATIVIDADES

As atividades indústrias podem representar perigos ao nível químico e contaminação microbiana. Os efeitos na fonte de captações podem ser significativos. As águas residuais industriais, apresentam variação na sua composição e no seu escoamento, fruto dos processos de produção.

O problema dos efluentes industriais está associado à elevada carga orgânica, muita das vezes associada à presença de metais pesados e outros compostos tóxicos, ao facto de possuírem coloração, temperaturas baixas ou elevadas, etc. Efluentes com elevada carga orgânica potenciam a excessiva proliferação de plantas macroscópicas e microscópicas, conduzindo ao desequilíbrio do ecossistema do meio recetor, fenómeno deletério conhecido como a eutrofização da água. A eutrofização de rios, lagos e reservatórios, quando em níveis elevados, pode ter consequências negativas para os vários usos dos corpos d'água. A enorme variedade de compostos orgânicos sintetizados nas últimas décadas constitui uma fonte de preocupação ambiental, pois muitos destes compostos não são biodegradáveis, e alguns são tóxicos, já os efluentes que possuam uma elevada temperatura podem causar a aceleração do metabolismo das células, fazendo com que aumente a necessidade de oxigénio e, conseqüentemente, a desoxigenação da massa aquática, comprometendo, assim, a capacidade de autodepuração das fontes correntes [10].

Ao longo do rio Cávado existem várias indústrias, que por consequência poderão ter influência na qualidade da água. Na Figura 9 estão representados alguns exemplos de indústrias e ETAR com dimensões maiores, que servem mais de 1000 habitantes-equivalente, que se podem encontrar ao longo do rio. Entre as indústrias representadas, a maioria são de categoria transformadora com diversos tipos de atividade, o que implica a presença de vários tipos de efluentes que podem potencialmente prejudicar a qualidade da água dos rios. Na Tabela 10 estão representados os tipo/setor de atividade das indústrias e os efluentes que as indústrias produzem. Por razões de confidencialidade e proteção de dados, o nome e localização das empresas não é disponibilizada. Na área em estudo, foram também identificadas indústrias ligadas ao setor das tintas, que apresentam um efluente resultante da fabricação de tinta. Este efluente, se não for objeto de um tratamento eficaz, pode apresentar elevada turvação e poluentes orgânicos, especialmente os sintéticos e metais pesados. Com base na pesquisa efetuada, foi identificado que algumas destas empresas possuem ETAR própria.

Da análise dos resultados, foi ainda possível observar que a maior concentração de indústrias se encontra próximo da captação de Areias de Vilar, representando um risco maior para esta.



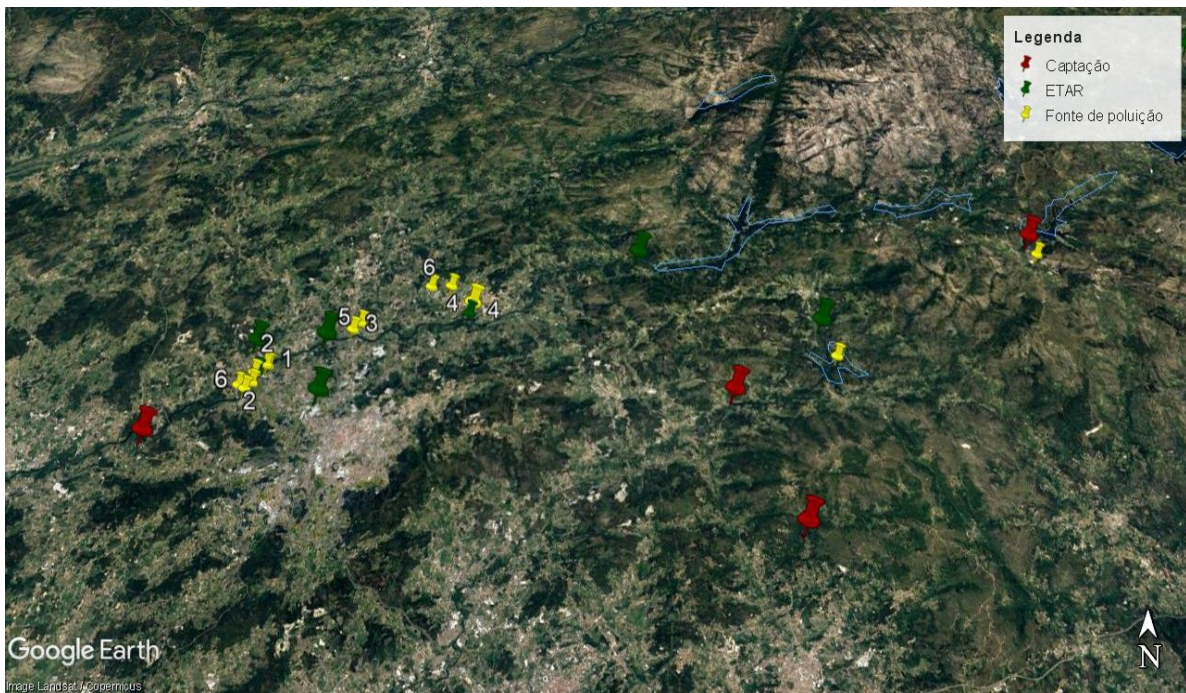


Figura 8: Representação das fontes de poluição, ETAR e captações de água na bacia hidrográfica do rio Cávado e Ave. 1: Indústria têxtil; 2: Indústria têxtil e produção de eletricidade de origem térmica; 3: Indústria transformadora; 4: Avicultura; Pecuária; 5: Indústria de bens de produção; 6: Agricultura e Viticultura.

Apesar das indústrias existentes, foi possível observar na Figura 7 a existência de muito espaço verde, sendo a maioria utilizado para atividades agrícolas. O setor agrícola é o principalmente responsável pela poluição difusa, sendo os nitratos, fósforo, pesticidas e patógenos, os principais poluentes. Ao longo dos anos começou-se a perceber os impactos das atividades agrícolas e pecuárias nas massas de água e têm-se tentado reduzir o nível de utilização de adubos e pesticidas. No entanto, os níveis absolutos de poluição de nutrientes agrícolas permanecem significativos em muitos casos [30].

As atividades agroindustriais e agropecuárias têm um grande impacto devido a práticas menos corretas associadas à gestão dos efluentes pecuários gerados por algumas atividades. Entre estas atividades estão a bovinicultura, suinicultura, avicultura, matadouros, etc.

Em Portugal, as atividades agropecuárias e agroindustriais são importantes para muitas das suas regiões onde têm feito um esforço nos últimos anos para fazerem face ao novo enquadramento legislativo, nacional e comunitário. No entanto, persistem ainda problemas ambientais em algumas das bacias hidrográficas, devido ao excesso de azoto orgânico e fósforo de origem pecuária [31].

Tabela 10: Exemplos de tipo/setor de atividade e tipo de efluente produzidos pelas indústrias.

Designação	Tipo/setor de atividade	Tipo de efluente
Exemplo 1	Indústria têxtil	Efluente têxtil com elevada carga orgânica e inorgânica; Possível presença de corantes e outros elementos tóxicos
Exemplo 2	Indústria têxtil e produção de eletricidade de origem térmica.	Efluente elevada turvação e poluentes orgânicos, especialmente os sintéticos e metais pesados
Exemplo 3	Indústria transformadora	Efluente com óleos e sólidos suspensos totais
Exemplo 4	Avicultura; Pecuária	Efluente com elevada carga orgânica, altos teores de azoto, fósforo, óleos e gorduras e de sólidos suspensos totais
Exemplo 5	Indústria de bens de produção	Efluente com elevada carga orgânica, podendo ser alcalinos ou ácidos, e com elevado teor de metais pesados.
Exemplo 6	Agricultura; Viticultura	Efluente com elevada carga orgânica, sólidos suspensos totais, altos teores de azoto, fósforo, potássio, cobre e zinco

Em 2020, o governo anunciou a Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais (ENEAPAI2030). O seu objetivo é "melhorar a qualidade das massas de água das regiões hidrográficas do país, contemplando o território nacional continental e abrangendo o setor agropecuário, em particular as explorações que ainda não dispõem de soluções que assegurem o cumprimento da Lei". A estratégia visa avaliar as diferentes opções tecnológicas que podem ser utilizadas no tratamento dos efluentes gerados nessas atividades e no destino final, tornando-se uma alternativa sustentável de valor agregado e tratamento dos efluentes gerados na pecuária. Portanto, a decisão de adotar uma

solução deve ser baseada em critérios técnicos, agronómicos e económicos para garantir uma solução ambientalmente sustentável.

## 5.2.2 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

As estações de tratamento de águas residuais também podem ser fontes de poluição, pontual, através de roturas, e problemas de funcionamento dos tanques, fazendo com que a água descarregada para o rio não tenha o tratamento adequado. Nas bacias hidrográficas do rio Cávado e Ave estão presentes muitas ETAR. Na Tabela 11 estão representadas ETAR que se encontram nas bacias hidrográficas do rio Cávado e Ave que podem influenciar a qualidade da água nas captações.

Tabela 11: Estações de tratamento de água na região estudada.

ETAR	Bacia hidrográfica	População total equivalente
Cávado-Homem	Cávado	50000
Frossos	Cávado	230000
Palmeira	Cávado	32000
Celeirós	Cávado	19200
Crespos	Cávado	1000
Moimenta	Cávado	200-250
Pesqueiras	Cávado	1000
Pereiró	Cávado	500
Valdosende	Cávado	200-250
Gerês	Cávado	200-250
Covide	Cávado	200-250
Campo Gerês	Cávado	1000
Monsul	Cávado	200-250
Parada de Bouro	Cávado	200-250
Mosteiro	Cávado	200-250

### 5.2.3 MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE RISCOS

A construção da matriz de risco permite classificar as fontes de poluição, conforme a severidade de consequências e a probabilidade de ocorrência, podendo assim dar maior atenção e prioridade aos que apresentam maior impacto em relação aos perigos, em relação aos impactos que não são significativos ou cuja ocorrência é muito improvável. Para probabilidade de ocorrência e a severidade das consequências de risco, utiliza-se uma escala numérica de 1 a 5, em que os eventos perigosos com a maior probabilidade de ocorrência e a maior gravidade das consequências obtêm a pontuação mais alta (cinco pontos), enquanto aqueles com menores impactos e menor probabilidade de ocorrer obtêm a pontuação mais baixa (um).

Para a probabilidade de ocorrência de risco utiliza-se a escala representada na Tabela 12, com uma divisão por ocorrência diária, semanal, mensal, anual e raramente. Para esta classificação, vários fatores devem ser considerados, tais como as estações do ano, as condições climáticas, o terreno, a existência de locais perigosos, etc., para que cálculos rigorosos possam ser feitos com as informações disponíveis [13].

Tabela 12: Exemplo de escala de probabilidade de ocorrência (adaptado de: [13]).

Probabilidade de ocorrência	Nível
Raramente	1
Anual (ocorre 1 vez por ano)	2
Mensal (ocorre 1 vez por mês)	3
Semanal (ocorre 1 vez por semana)	4
Diária (ocorre 1 vez por dia)	5

A severidade das consequências é dividida em cinco partes: muito baixo, baixo, médio, elevado e muito elevado. O risco com maior pontuação, cinco, representa uma severidade de elevada gravidade, portanto, deve-se prestar maior atenção a este risco em relação ao risco com menor pontuação, ou seja, com severidade da consequência de nível 1 [13]. Na Tabela 13 encontra-se um exemplo de escala de severidade de ocorrência.

Tabela 13: Exemplo de escala de severidade de ocorrência (adaptado de: [13]).

Severidade das consequências	Nível
Muito baixo (baixa gravidade)	1
Baixo (gravidade inferior a seguinte e superior a anterior)	2
Médio (gravidade inferior a seguinte e superior a anterior)	3
Elevado (gravidade inferior a seguinte e superior a anterior)	4
Muito elevado (elevada gravidade)	5

Na Tabela 14 estão representadas as atividades que podem gerar poluição da água e as devidas pontuações atribuídas.

Dentre as atividades representadas, a poluição decorrente das atividades agrícolas é a que apresenta a maior probabilidade de ocorrência. O tratamento de efluentes recebeu uma classificação de três pelo facto de pontualmente poderem ocorrer descargas não controladas devido a falhas de operação das ETAR. Esta classificação, por estar associada a muitos relatos de poluição na área em questão e a atividade agrícola por existirem em maior quantidade em relação as outras atividades. A atividade agropecuária recebeu a pontuação de probabilidade de ocorrência de três, por existir em menor número. Já em relação às indústrias, esta recebeu pontuação de três devido ao controlo que é exigido, e também por existir em menor número em relação às atividades agrícolas. As outras fontes receberam a pontuação de três por serem atividades que não dependem totalmente das condições atmosféricas e muitas vezes do comportamento humano.

Para a severidade de consequências a indústria recebeu maior pontuação pela variedade de indústrias existentes e conseqüentemente a variedade de possíveis poluentes e os impactos que podem causar no meio hídrico. O tratamento de efluentes também recebeu a pontuação de quatro, uma vez que o efluente produzido nas ETAR poderá representar uma descarga com elevados valores de carga orgânica. As atividades agrícolas e agropecuárias receberam a pontuação de três pelas características dos seus efluentes e por apresentarem impactos semelhantes no meio hídrico. As outras fontes receberam a pontuação mínima, um, por poderem causar menos impactos que todas as possíveis fontes identificadas.

Tabela 14: Classificação das fontes de poluição.

Fontes de poluição	Caracterização de riscos		
	Probabilidade de ocorrência (P)	Severidade das consequências (S)	Classificação (P·S)
Indústria	3	4	12
Agropecuária	3	3	9
Agricultura	4	3	12
ETAR	3	4	12
Outras fontes	3	1	3

Para se conseguir analisar a classificação das fontes de poluição recorre-se à Tabela 15. Os riscos que resultaram numa classificação alta (cor vermelha na matriz) devem receber uma maior atenção, em comparação com os riscos classificados como moderados ou médios (cor amarela na matriz). Por consequência, os riscos classificados como baixos (cor verde na matriz) podem ter uma menor atenção do que os moderados e altos. A partir da matriz (Tabela 15) e da classificação final obtida, pode-se verificar que as atividades industriais, agrícolas e tratamento de efluentes, que apresentaram uma classificação de 12, e as atividades agropecuárias, que apresentam uma classificação de 9, são consideradas atividades com riscos moderados, sendo necessário prestar uma certa atenção, pois podem causar um grande impacto na qualidade da água.

Tabela 15: Matriz de classificação de riscos.

Probabilidade de ocorrência	Severidade das consequências				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Elevado	Muito elevado
Diária	5	10	15	20	25
Mensal	4	8	12	16	20
Semanal	3	6	9	12	15
Anual	2	4	6	8	10
Raramente	1	2	3	4	5

## 6 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é influenciada por vários fatores, e com a análise de diferentes parâmetros consegue-se efetuar o controlo sistemático da qualidade da água, transmitindo segurança e fiabilidade a todo o processo de produção e distribuição de água para consumo humano, de forma a satisfazer as exigências de qualidade.

A água captada nas diferentes captações é analisada periodicamente relativamente aos parâmetros, tais como nitratos, condutividade, cor, pH, azoto amoniacal, bactérias coliformes, *Clostridium perfringens*, turvação, CBO, CQO, fósforo total, alcalinidade, turvação, alumínio, pH, temperatura e condutividade.

De seguida é apresentada a variação de vários parâmetros de qualidade da água nas diferentes captações, desde 2014 até 2021. Pela análise destes parâmetros é possível perceber que em determinadas alturas os valores máximos ultrapassam o valor limite estipulado, assim como as diferenças desses parâmetros em cada captação.

### 6.1 COMPARAÇÃO HISTÓRICA DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA NAS CAPTAÇÕES

Na Figura 9 é apresentada a variação ao longo do tempo da concentração de nitrato nas diferentes captações. Pela análise da figura, é possível observar que a concentração de nitrato não ultrapassa o valor limite estipulado pela legislação. Os fertilizantes agrícolas são a principal fonte de nitratos nas águas de abastecimento. No entanto, a extensão da contaminação pode ser minimizada através da aplicação de boas práticas agrícolas e com um controlo apropriado das zonas de captação.

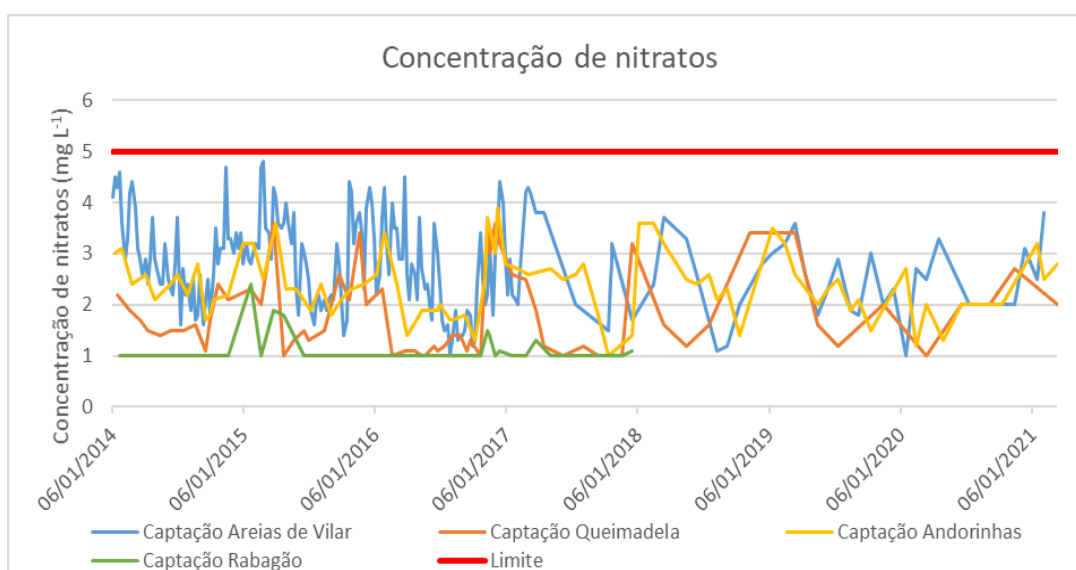


Figura 9: Concentração de nitratos nas diferentes captações desde 2014 até 2021.

Na Tabela 16 estão representados os dados referentes ao gráfico da concentração de nitratos. Observando a tabela é possível constatar que o valor médio de todas as captações não ultrapassa o limite estipulado (5 mg/L) e também que o desvio padrão é pequeno. Desta forma é possível concluir que a concentração de nitratos não afeta a água captada.

Tabela 16: Dados referentes ao gráfico da concentração de nitratos.

	Captção de Areias de Vilar	Captção de Queimadela	Captção de Andorinhas	Captção de Rabagão
Média	2,78 mg L <sup>-1</sup>	1,83 mg L <sup>-1</sup>	2,36 mg L <sup>-1</sup>	1,09 mg L <sup>-1</sup>
Máximo	4,8 mg L <sup>-1</sup>	3,6 mg L <sup>-1</sup>	3,9 mg L <sup>-1</sup>	2,4 mg L <sup>-1</sup>
Mínimo	1 mg L <sup>-1</sup>	1 mg L <sup>-1</sup>	1 mg L <sup>-1</sup>	1 mg L <sup>-1</sup>
Desvio padrão	0,87 mg L <sup>-1</sup>	0,78 mg L <sup>-1</sup>	0,63 mg L <sup>-1</sup>	0,26 mg L <sup>-1</sup>

Na Figura 10 consegue-se observar os dados referentes à turvação, que é devida a finas partículas suspensas na água, que causam opacidade. Da Figura 9 é possível verificar que apenas em Areias de Vilar, o valor limite é ultrapassado, o que poderá indicar uma possível contaminação da água do rio Cávado em resultado das inúmeras indústrias e campos agrícolas que se encontram ao longo do trajeto do rio. A precipitação também tem um papel revelante no que está relacionado com este parâmetro.

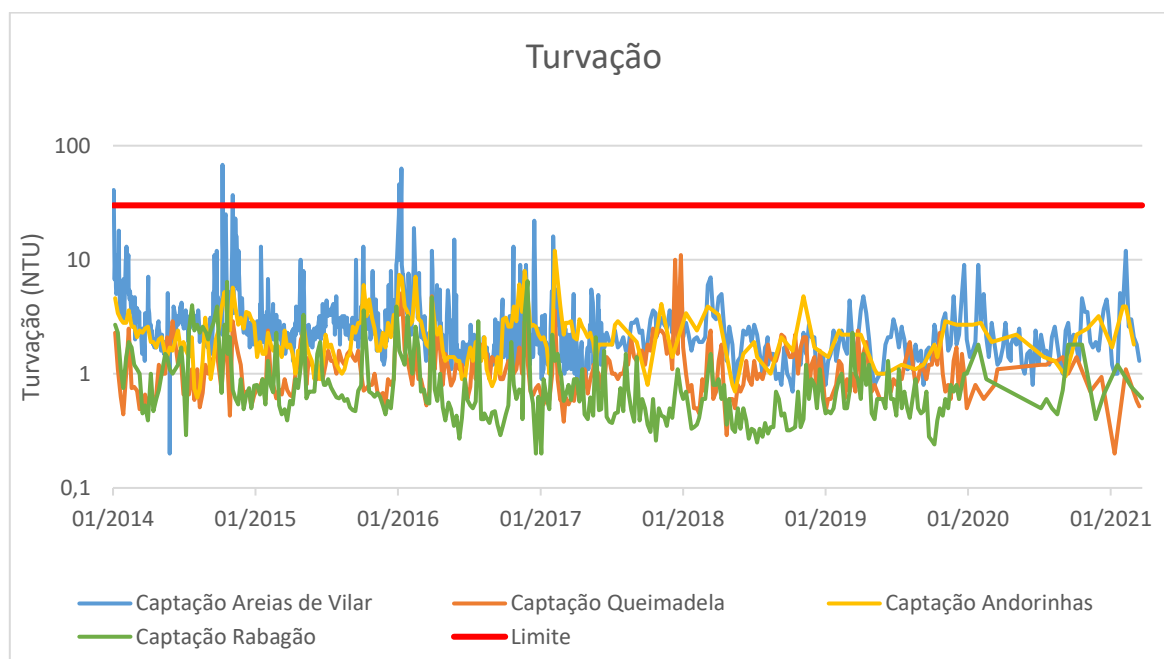


Figura 10: Turvação da água nas diferentes captações desde 2014 até 2021



Na Tabela 17 está representado os dados referentes ao gráfico da turvação. Observando a tabela é possível constatar que o valor médio de todas as captações é bastante inferior comparando ao limite de 30 NTU.

Tabela 17: Dados referentes ao gráfico da turvação.

	Captção de Areias de Vilar	Captção de Queimadela	Captção de Andorinhas	Captção de Rabagão
Média	3,32 NTU	1,21 NTU	2,34 NTU	0,92 NTU
Máximo	68 NTU	11 NTU	12 NTU	6,5 NTU
Mínimo	0,2 NTU	0,2 NTU	0,62 NTU	0,2 NTU
Desvio Padrão	4,4 NTU	0,96 NTU	1,38 NTU	0,83 NTU

A condutividade é uma medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica, em resultado da quantidade de sais minerais dissolvidos. Na Figura 11 podemos observar que a água captada em Areias de Vilar apresenta uma maior condutividade em comparação com as outras captações, porém encontra-se na maioritariamente abaixo do limite ( $65 \text{ uS cm}^{-1}$ ).

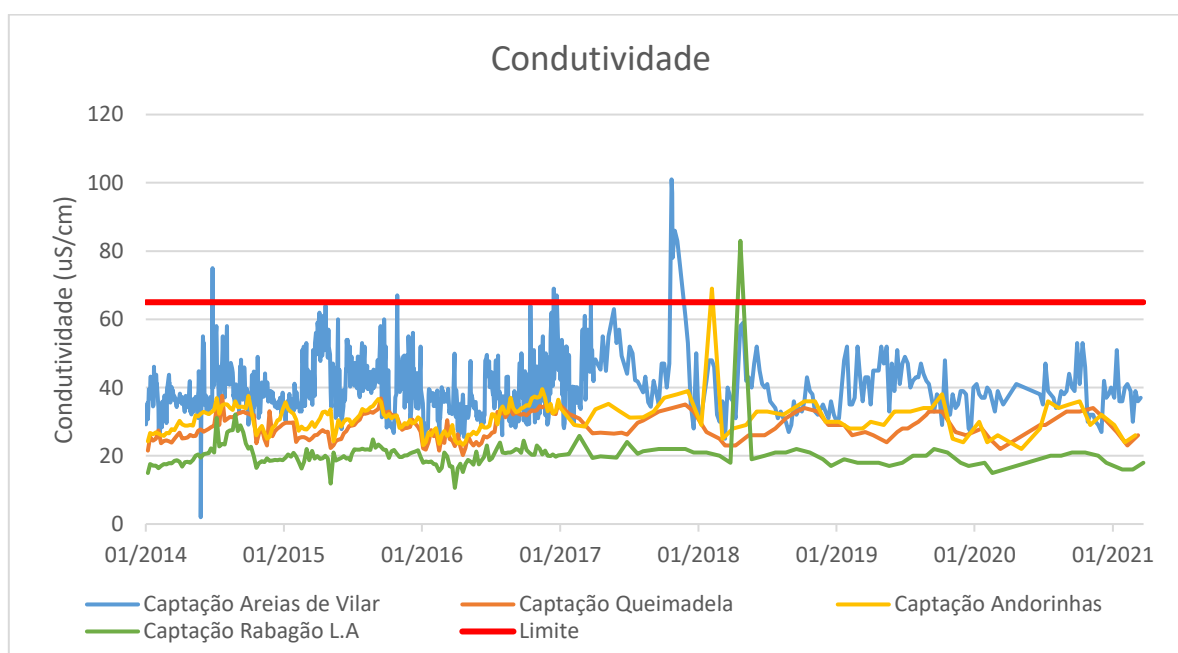


Figura 11: Condutividade da água nas diferentes captações desde 2014 até 2021.

Na Tabela 18 está representado os dados referentes ao gráfico da condutividade. Observando a tabela é possível constatar que o valor médio de todas as captações é inferior comparando ao limite. Na captação de Rabagão e de Andorinhas o limite foi ultrapassado apenas uma vez, atingindo os  $83 \text{ uS cm}^{-1}$  na captação de Rabagão no dia 23/04/2018 e  $69 \text{ uS cm}^{-1}$  na captação de Andorinhas no dia

06/02/2018, atingindo o máximo que captado. Observamos também que apesar de a água captada em Areias de Vilar apresentar o maior máximo também esta apresenta o menor valor mínimos em comparação com as restantes.

Tabela 18: Dados referentes ao gráfico da condutividade.

	Captação de Areias de Vilar	Captação de Queimadela	Captação de Andorinhas	Captação de Rabagão
Média	40 uS cm <sup>-1</sup>	28,49 uS cm <sup>-1</sup>	30,89 uS cm <sup>-1</sup>	20,35 uS cm <sup>-1</sup>
Máximo	101 uS cm <sup>-1</sup>	37,6 uS cm <sup>-1</sup>	69 uS cm <sup>-1</sup>	83 uS cm <sup>-1</sup>
Mínimo	2 uS cm <sup>-1</sup>	20,2 uS cm <sup>-1</sup>	22 uS cm <sup>-1</sup>	10,6 uS cm <sup>-1</sup>
Desvio padrão	8,48 uS cm <sup>-1</sup>	3,7 uS cm <sup>-1</sup>	4,62 uS cm <sup>-1</sup>	5,21 uS cm <sup>-1</sup>

Os *Clostridium perfringens* são bactérias indicadoras de contaminação fecal, e na Figura 12 pode-se observar que entre 2014 e 2021 a presença destes tem sido sempre superior em Areias de Vilar em relação às outras captações, sendo a única captação que ultrapassa o limite (5000 ufc/100mL) em várias amostragens.

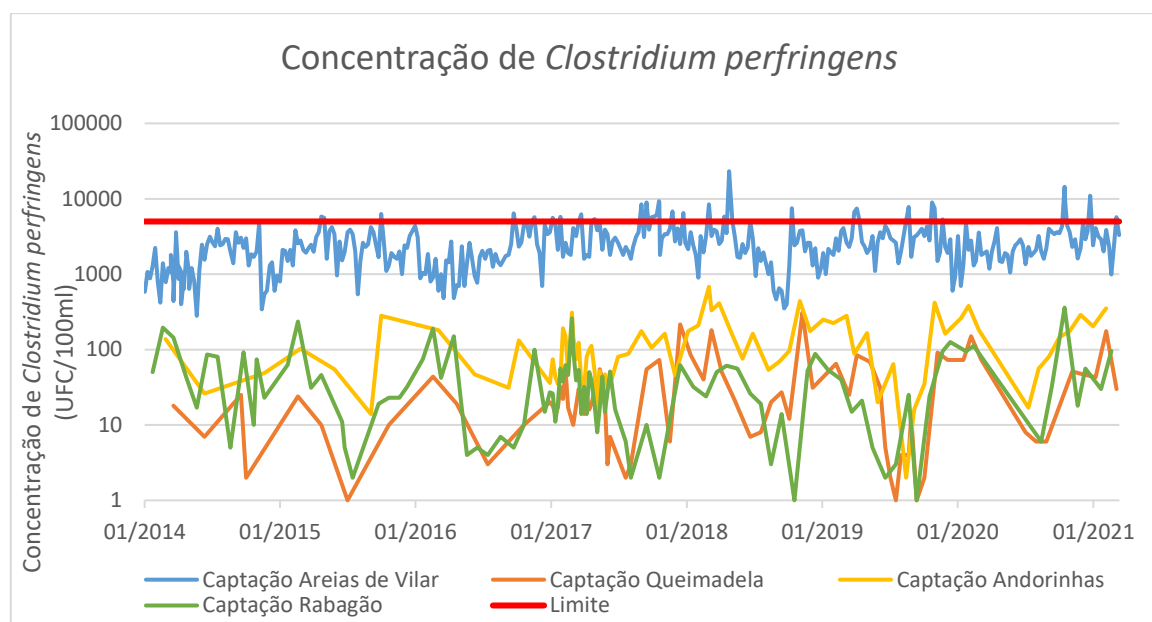


Figura 12: Concentração de *Clostridium perfringens* nas diferentes captações desde 2014 até 2021.

Na Tabela 19 podemos observar que nas captações de Queimadela, Andorinhas e Rabagão houve dias em que a concentração de *Clostridium perfringens* foi de 0 UFC/100mL, o mesmo já não acontece em Areias de Vilar. Comparando os máximos e a média observamos que estes são muito superiores na captação em Areias de Vilar em relação às outras captações, também se observa que o desvio padrão

também é elevado. O máximo de concentração de *Clostridium perfringens* em Areias de Vilar foi de 23200 UFC/100mL sendo este um valor muito superior ao limite.

Tabela 19: Dados referentes ao gráfico da concentração de *Clostridium perfringens*.

	Captção de Areias de Vilar	Captção de Queimadela	Captção de Andorinhas	Captção de Rabagão
Média	2749 UFC/100mL	37 UFC/100mL	137 UFC/100mL	47 UFC /100mL
Máximo	23200 UFC/100mL	310 UFC/100mL	680 UFC/100mL	360 UFC /100mL
Mínimo	280 UFC/100mL	0 UFC/100mL	0 UFC/100mL	0 UFC /100mL
Desvio Padrão	2085 UFC/100mL	51 UFC/100mL	125 UFC /100mL	58 UFC /100mL

As bactérias coliformes são bactérias que se encontram largamente distribuídas no ambiente e dão uma medida muito sensível da qualidade microbiológica. A partir da Figura 13 observa-se que na captação de Areias de Vilar existe uma maior presença destas.

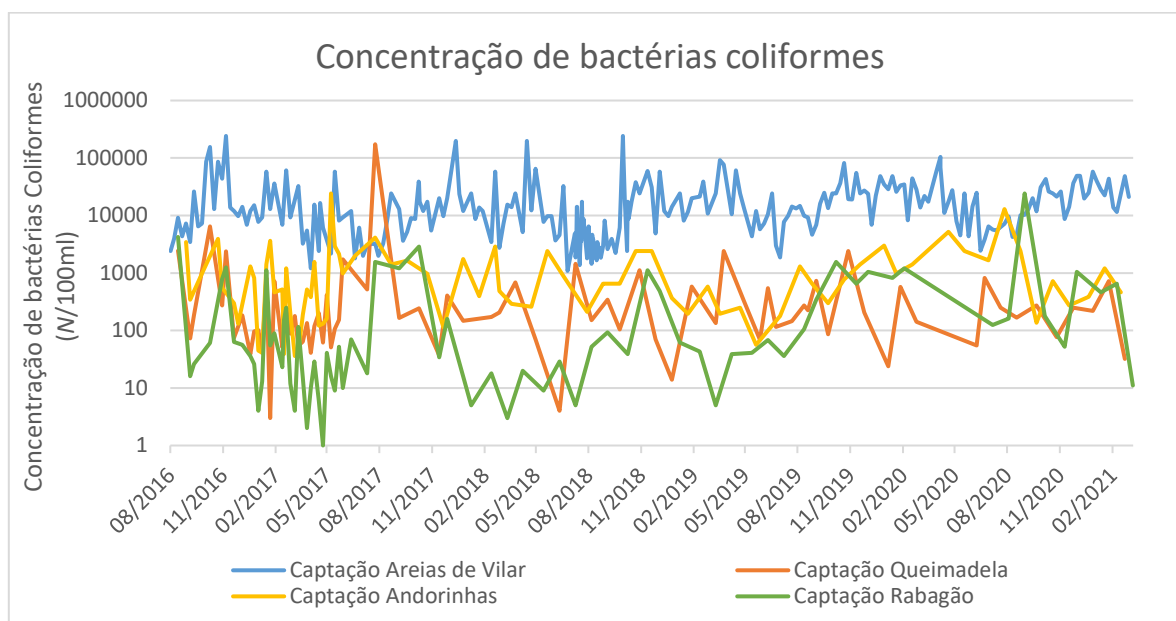


Figura 13: Concentração de bactérias coliformes nas diferentes captções desde 2014 até 2021.

Para a captação o limite de bactérias coliformes varia conforme o local de captação, por exemplo para a captação em Areias de Vilar o limite é de 37000 N/100mL, já para a captação em Queimadela, Andorinhas e Rabagão o limite é de 2500 N/100mL, isto acontece porque na captação de Areias de Vilar a concentração de bactérias coliformes é sempre maior do que nas outras captções sendo assim o

limite aceitável também maior. Tal como se pode observar na Tabela 20, todas as captações ultrapassam o valor limite, com valores bastante superiores ao mesmo.

Tabela 20: Dados referentes ao gráfico da concentração de bactérias coliformes.

	Captação de Areias de Vilar	Captação de Queimadela	Captação de Andorinhas	Captação de Rabagão
Média	22275 <i>N</i> /100mL	2645 <i>N</i> /100mL	1554 <i>N</i> /100mL	666 <i>N</i> /100mL
Máximo	241960 <i>N</i> /100mL	173290 <i>N</i> /100mL	24196 <i>N</i> /100mL	24196 <i>N</i> /100mL
Mínimo	1086 <i>N</i> /100mL	3 <i>N</i> /100ML	36 <i>N</i> /100mL	1 <i>N</i> /100mL
Desvio Padrão	32745 <i>N</i> /100mL	193421 <i>N</i> /100mL	3151 <i>N</i> /100mL	2838 <i>N</i> /100mL

## 6.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA EM LOCAIS ESTRATÉGICOS

Um dos objetivos deste trabalho foi a recolha de um conjunto de amostras de água, em locais considerados estratégicos, nas bacias hidrográficas dos rios Cávado, e Ave. Os valores dos parâmetros de qualidade da água referentes às amostras recolhidas são apresentados nas figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20. No anexo I, podem ser encontradas as tabelas com os valores obtidos para cada um dos parâmetros. Para ajudar a compreender e comparar os dados, analisou-se a precipitação dos três meses em que foram recolhidas as amostras, pois a quantidade e intensidade da precipitação pode ter influência na qualidade da água e também conforme o local em que estas foram recolhidas.

Segundo o IPMA, a precipitação média em junho foi de 30,8 mm. Verificou-se que houve precipitação de 11 a 20 de junho, principalmente nas regiões Norte e Centro, com fenómenos meteorológicos severos como granizo, trovoadas e rajadas de vento convectivas fortes. A precipitação média em julho foi de 3,7 mm, ocorrendo de 2 a 6 de julho. A precipitação média em agosto foi de 3,8 mm, e a quantidade de precipitação ocorreu principalmente nos primeiros dias do mês, especialmente nos dias 1, 4 e 7 nas regiões do litoral Norte e Centro [32, 33, 34].

Na análise dos parâmetros de azoto amoniacal e fósforo total, nas zonas integradas na queimadela Andorinhas e Rabagão percebe-se que o valor destes é constante, e numa quantidade pequena. A montante da Albufeira das Andorinhas e a jusante da Albufeira da Queimadela o valor de azoto amoniacal apresenta um relativamente superior aos restantes locais. Nas amostras que vão ter impacto na captação de areias de vilar, percebe-se que o valor destas é bastante constante ao longo do rio, porém a concentração de azoto amoniacal e de fósforo é bastante superior no rio Torto, afetando a quantidade destes no rio Cávado.

Na figura 14 estão representados os resultados relativos ao parâmetro da temperatura observa-se que a temperatura é bastante constante para todos os locais não alarmando para nada em particular.

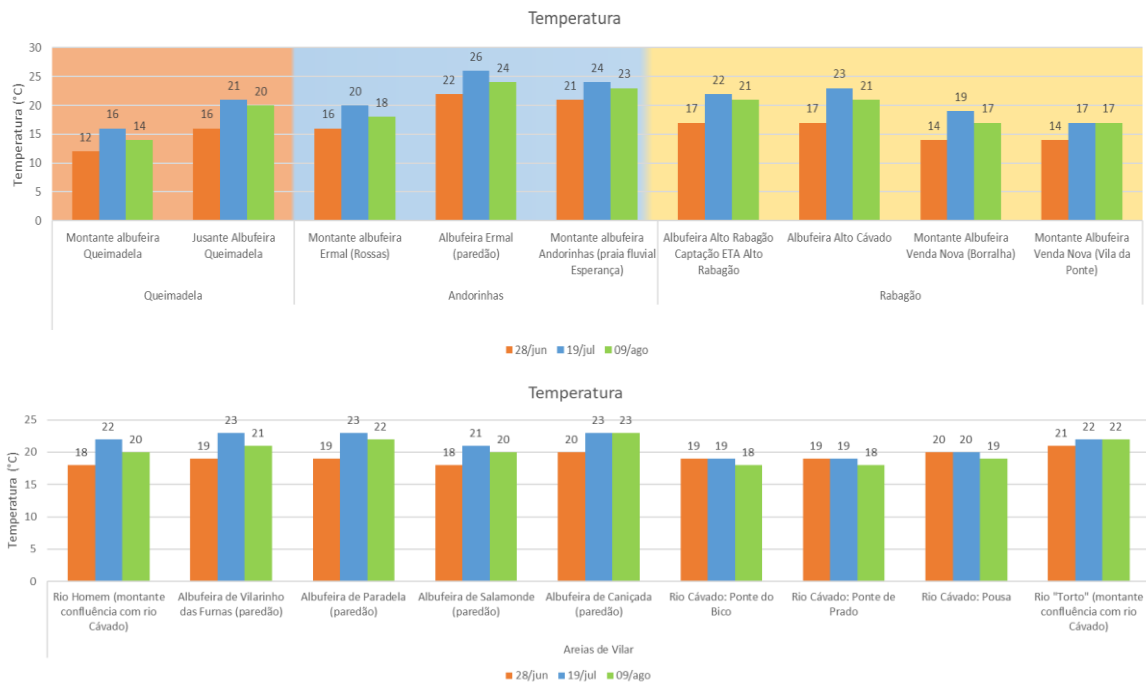


Figura 14: Valores da temperatura nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras.

Na figura 15 observa-se os dados relativos ao pH estes apresentam valores coerentes para o que se pretende que a água dos rios se encontre, isto é uma água com um pH que esteja entre 6,5 a 8,5.

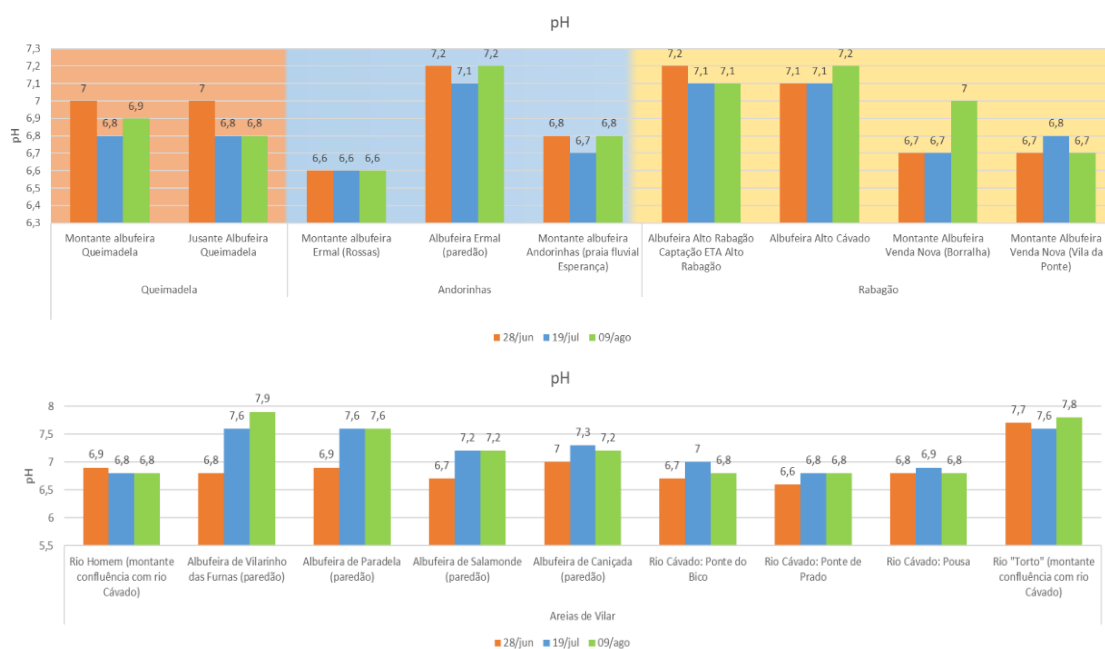


Figura 15: Valores de pH nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras.

Na figura 16 observa-se a condutividade se compararmos com o limite de captação, mencionado em cima, de  $65 \text{ uS cm}^{-1}$ , podemos ver que a média se encontra dentro do limite. No entanto, as 3 amostras recolhidas no rio "Torto" (montante confluência com rio Cávado) onde estas apresentam uma condutividade de  $504 \text{ uS cm}^{-1}$ ,  $663 \text{ uS cm}^{-1}$  e  $641 \text{ uS cm}^{-1}$ , respetivamente. Estes valores elevados de condutividade representam uma grande quantidade de sólidos dissolvidos na água, dos quais se destacam os compostos iónicos e compostos catiónicos.

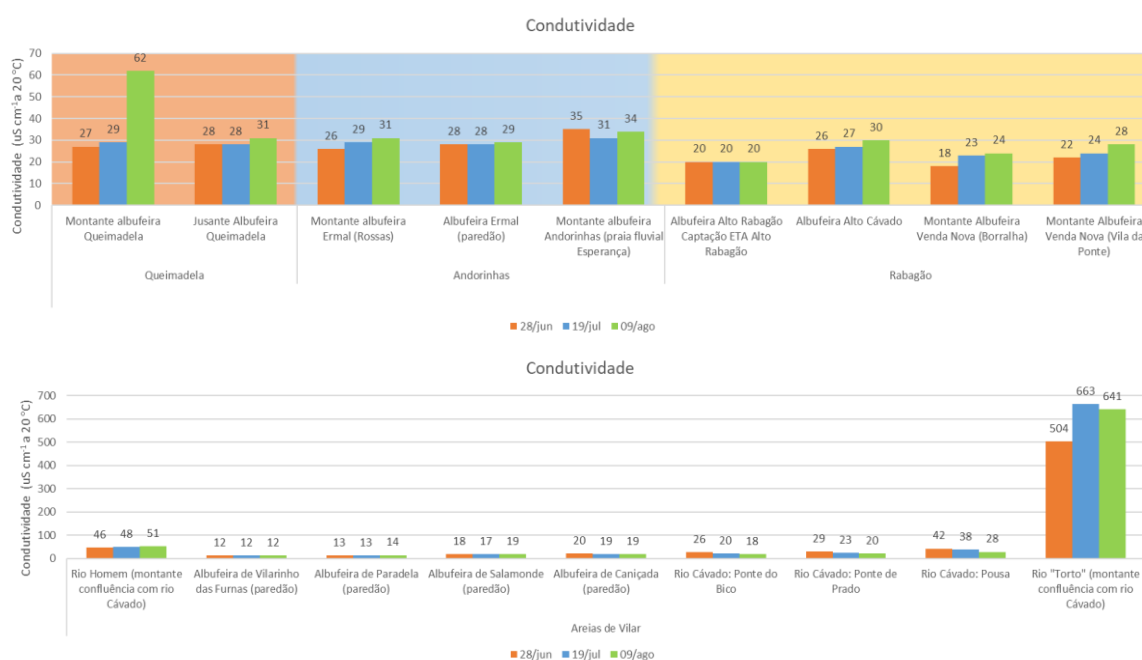


Figura 16: Valores da condutividade nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras.

Na figura 17 está representado os resultados relativos à turvação das amostras recolhidas. Consegue observar que os valores de turvação que chamam mais atenção são as amostras recolhidas no rio Torto.



Figura 17: Valores da turvação nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras.

Na figura 18 está representado os resultados relativos à concentração de carbono orgânico total das amostras recolhidas. Pode-se observar que os valores que despertam mais atenção são as amostras recolhidas no rio Torto.

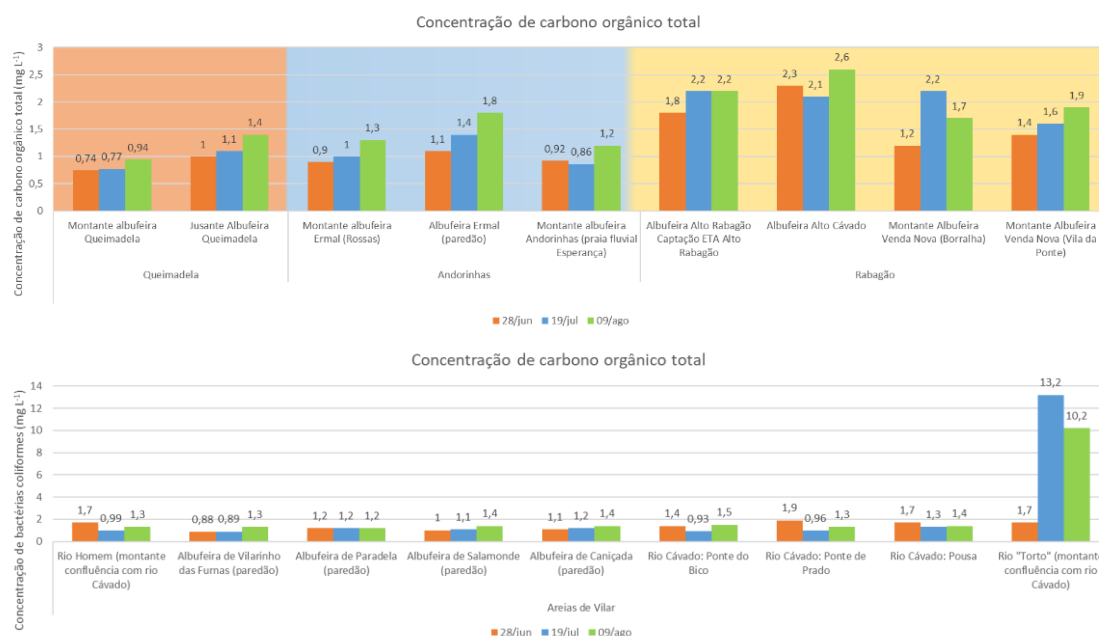


Figura 18: Dados da concentração de carbono orgânico total nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras.

Na figura 19 apresenta os resultados da concentração de *Clostridium perfringens* nos diferentes locais. Observa-se que em certos locais há concentração de zero e noutros bastante elevada.

O valor de *Clostridium perfringens* apresentado no dia 9 de agosto a montante da albufeira de Ermal causa uma certa ambiguidade para aquele local apresentar uma concentração elevada em relação aos outros dias.

Nas amostras recolhidos na Pousa e a montante do rio Torto percebe-se que a quantidade de *Clostridium perfringens*, apresenta valores mais elevados no dia 19 de julho, o que se poderá ter devido às precipitações que ocorreram uma semana antes, pois estas poderão originar o escoamento superficial, mas também subterrâneo de escorrências dos campos agrícolas, influenciando a qualidade da água dos rios.

Os locais de Albufeira do Alto Cávado e a montante da Albufeira de Venda Nova (Borralha) fazem despertar um certo interesse ao porquê destes locais apresentarem valores elevados tendo em conta o local geográfico, isto é, são zonas rodeadas por espaços verdes e sem nenhuma atividade de grande capacidade que possa justificar estes valores, assim deve-se ter uma certa atenção a este locais.

Nas amostras do rio “Torto” estas são as que apresentam os valores mais elevados comparando com os restantes, sendo estes superiores a 10000 *N*/100mL numa das amostras. O local das amostras da Pousa, tem uma certa importância pois este é a jusante da confluência do rio Torto com o rio Cávado, conseguindo assim observar que quando o rio Torto apresenta valores elevados influencia com o rio Cávado, estes valores são inferiores devido à diluição da concentração que ocorre quando existe esta confluência.

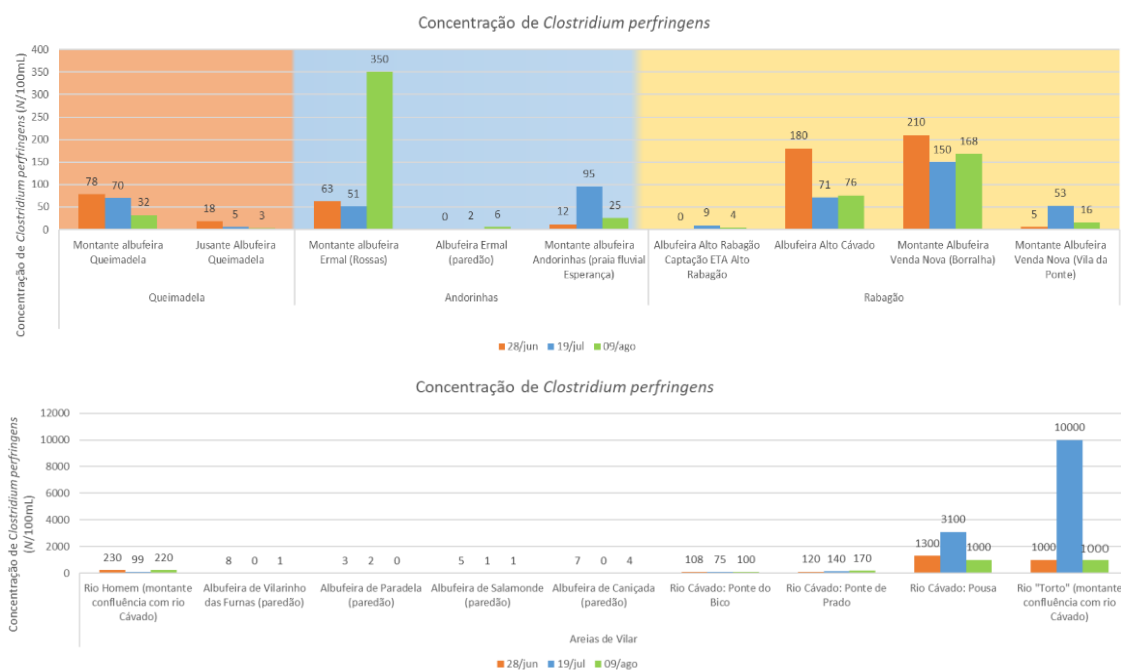


Figura 19: Dados da concentração *Clostridium perfringens* nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras.



Na figura 20 está representado a concentração de bactérias coliformes observando assim que esta varia bastante de local para local. A concentração de bactérias coliformes pode indicar a presença de bactérias potencialmente patogênicas.

Nas amostras recolhidos na Pousa e a montante do rio Torto percebe-se que a quantidade de bactérias coliformes apresenta valores mais elevados no dia 19 de julho, o que se poderá ter devido às precipitações que ocorreram uma semana antes.

A Albufeira de Vilarinho das Furnas, Albufeira de Paradela, Albufeira de Salamonde e a Albufeira de Caniçada, apresentam os valores mais reduzidos em comparação com o resto dos locais. Os valores de bactérias coliformes aumentam a partir da Ponte de Bico onde as atividades industriais e agrícolas também aumentam.

Nas amostras do rio "Torto" estas são as que apresentam os valores mais elevados comparando com os restantes. A partir do local das amostras da Pousa, consegue-se observar que quando o rio Torto apresenta valores elevados influencia com o rio Cávado, estes valores são inferiores devido à da diluição da concentração que ocorre quando existe esta confluência.

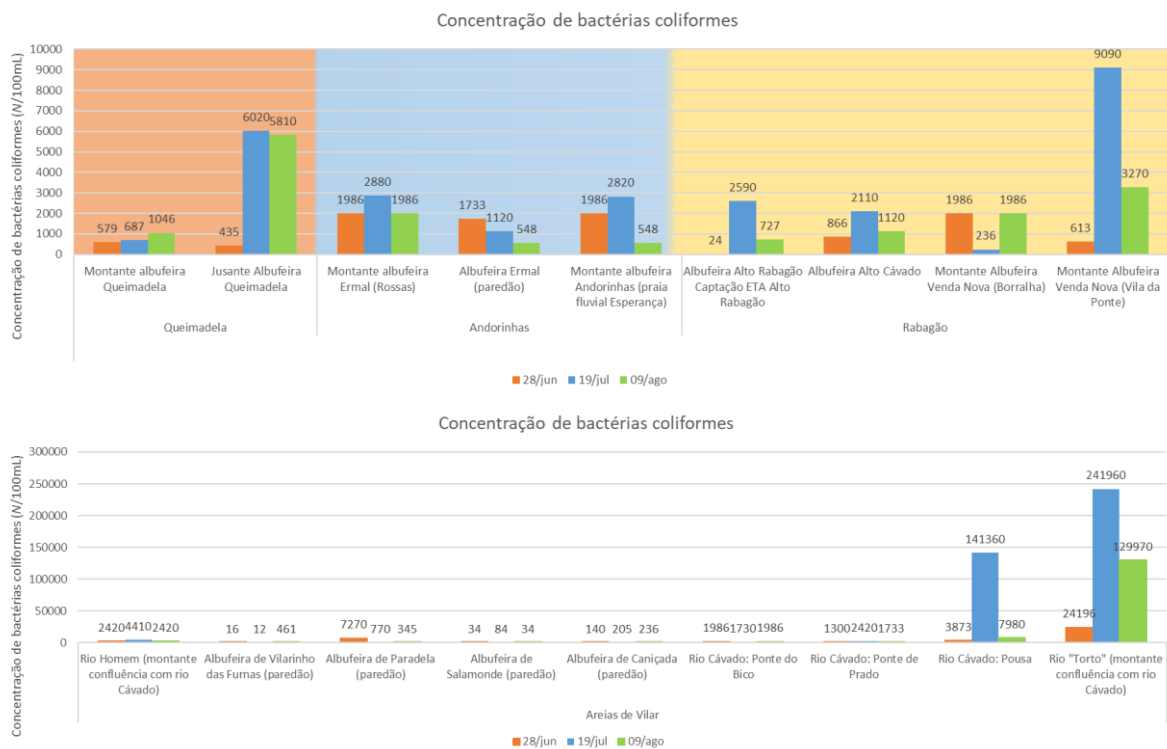


Figura 20: Dados da concentração de bactérias coliformes nos diferentes dias de recolha e nos diversos locais das amostras.

Para concluir, o rio “Torto” tem bastante influência na qualidade da água do rio Cávado. Nas amostras recolhidas a montante da confluência do rio “Torto” com rio Cávado é possível observar a elevada quantidade de bactérias coliformes, *Clostridium perfringens*, carbono orgânico total, azoto amoniacal, e condutividade, demonstrando o impacto negativo do rio “Torto” para com o rio Cávado. Estes valores podem estar relacionados com a presença de variedade de indústrias ao longo do rio, tendo também a sua passagem por uma grande zona industrial de braga e pela maior ETAR de Braga, ETAR de Frossos, que tem chamado bastante a atenção devido às suas descargas.

Na figura 21 estão fotografias do local onde as amostras do rio “Torto” foram recolhidas. Apenas observando as imagens já se consegue perceber a gravidade da poluição do rio “Torto”.



Figura 21: Local das amostras no rio "Torto".

## 7 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Este trabalho, assim como qualquer outro de pesquisa, teve por fim tentar aproximar-se ao máximo possível de um resultado completo e satisfatório. No entanto, é de salientar que nem sempre os resultados finais satisfazem totalmente os objetivos definidos.

### 7.1 CONCLUSÃO

Ao longo da bacia hidrográfica do rio Cávado e Ave, as atividades industriais podem representar um alto nível de perigo se o afluente que tem origem nas suas atividades não for devidamente tratado antes de ser descarregado para as linhas de água. Pela realização do presente trabalho constatou-se que a maior concentração de indústrias se encontra próxima da captação de Areias de Vilar, representando dessa forma um risco maior para esta.

O setor agrícola é o principal responsável pela poluição difusa, sendo os nitratos, fósforo, pesticidas e patógenos, os principais poluentes. Este setor é o principal setor de atividade económica nas áreas circundantes das captações de Areias de Vilar, Queimadela, Andorinhas e Rabagão.

As atividades agroindustriais e agropecuárias podem também representar um grande impacto na qualidade da água devido a práticas menos corretas associadas à gestão dos efluentes pecuários gerados por algumas atividades. Estas atividades têm feito um esforço nos últimos anos para fazerem face ao novo enquadramento legislativo, nacional e comunitário. No entanto, persistem ainda problemas ambientais em algumas das bacias hidrográficas, devido ao excesso de azoto orgânico e fósforo de origem pecuária.

A partir da matriz e da classificação de riscos pode-se concluir que as atividades industriais, agrícolas e tratamento de efluente são consideradas atividades com riscos moderados, sendo, contudo, necessário prestar uma certa atenção, pois podem causar um grande impacto na qualidade da água.

Nas captações de Rabagão, Areias de Vilar, Andorinhas e Queimadela a qualidade da água apresenta regularmente, os valores dos parâmetros dentro dos limites legais, havendo, no entanto, um ou outro pico, provavelmente devido aos acidentes, descargas ilegais e diversos setores de atividades. Na captação de Areias de Vilar as concentrações dos diversos parâmetros organoléticos e físico-químicos apresentam uma maior concentração em relação às outras captações, podendo-se dizer que a causa desta é devida à maior concentração de atividades industriais, agrícolas e agropecuárias.

Os locais de amostragem pertencentes a Barcelos, Braga, Póvoa de Lanhoso, Terras de Bouro, Vieira do Minho e Vila Verde, apresentaram valores de bactérias coliformes, *Clostridium perfringens*, turvação e carbono orgânico total mais elevados. O rio “Torto” apresentou também ser um potencial foco de contaminação da água do rio Cávado, pois apresentou elevada quantidade de bactérias coliformes, *Clostridium perfringens*, carbono orgânico total, azoto amoniacal, condutividade e turvação. Dessa forma é recomendado a sua monitorização periódica, de modo a proteger a qualidade da água na captação de Areias de Vilar.

O conhecimento das possíveis fontes de poluição e o desenvolvimento de ferramentas de gestão de riscos faz com que seja possível otimizar o processo de captura e tratamento de água para consumo, levando a benefícios económicos e ambientais.

## 7.2 PERSPETIVAS FUTURAS

Neste estudo avaliou-se os riscos/fontes poluidoras e a qualidade da água captada, porém o processo de abastecimento de água é muito mais complicado, incluindo outras etapas, tais como pré-oxidação com ozono, remineralização, coagulação/floculação, decantação, filtração, desinfecção UV, desinfecção com cloro e ajuste de pH.

Recomenda-se a criação de ferramenta informática, integrando os dados de qualidade da água disponíveis, assim como todas as atividades industriais, agrícolas e agropecuárias para ajudar na identificação das fontes de poluição, tendo uma importância relevante nos planos da melhoria da qualidade da água. Recomenda-se também que haja uma maior formação para todas os setores de atividade de maneira a sensibilizar para a importância da qualidade da água. É também recomendado que ações de sensibilização sejam praticadas para o máximo de pessoas possíveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Plano de gestão de região hidrográfica -Parte 2- Caracterização e Diagnóstico- Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça,” *Agência Portuguesa do Ambiente*, 2015.
- [2] “Decreto-Lei nº 236/98,” *Diário da República n.º 176/1998, Série I-A de 1998-08-01*, vol. 176, 1998.
- [3] A. M. C. F. Gomes, “Análise da evolução da qualidade da água do rio Cávado na última década e respetivos impactes na operação da ETA de Areias de Vilar.,” Universidade do Minho, 2016.
- [4] “Águas do Norte S.A - Grupo Águas de Portugal,” 2015. [Online]. Available: <http://www.adnorte.pt/>. [Acedido em 3 março 2021].
- [5] Nações Unidas, “Água,” [Online]. Available: <https://unric.org/pt/agua/>. [Acedido em 24 novembro 2021].
- [6] “Lei da Água - Lei n.º 58/2005,” *Diário da República n.º 249/2005, Série I-A de 2005-12-29*, 2005.
- [7] V. R. A. Martins, “Análise de perdas de água dos sistemas de captação, tratamento e adução dos subsistemas de abastecimento de água de Andorinhas, Queimadela e Rabagão,” Universidade do Minho, 2014.
- [8] A. Pereira, *Apontamentos teóricos das aulas de Tratamento de Águas e Efluentes Líquidos*, 2019.
- [9] T. A. M. CARNEIRO, “Estudo da turvação em rede de abastecimento de água a alta pressão no grande Porto,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2013.
- [10] M. H. M. d. Monte, M. T. L. d. Santos, A. M. Barreiros e A. Albuquerque, “Tratamento de Águas Residuais. Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico,” Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; Universidade da Beira Interior, Lisboa, 2016.
- [11] M. A. M. A. L. K. F. d. S. P. S. d. C. L. Cássia Tiemi Nozaki, “Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos,” 2014.
- [12] F. M. NETO, “Potencial poluidor e risco ambiental dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba, Brasil,” Universidade Federal da Paraíba, 2014.
- [13] J. B. Andrade, “Avaliação e Gestão de Riscos em Fontes de Abastecimento de Água,” Universidade do Minho, 2013.
- [14] L. L. Vieira, “Sistemas de Informação Geográfica como suporte à gestão de sistemas de abastecimento de água. O caso da freguesia de Meirinhas, Pomba,” Universidade de Lisboa, 2011.
- [15] L. Calijuri, *Sistema de Informação Geográfica*, Universidade Fderal de Viçosa.

- [16] S. Santos, A. Monteiro, S. Mourato e P. Fernandez, *Os sistemas de informação geográfica na modelação hidrológica*, Instituto Politécnico de Leiria- Escola Superior de Agrária, 2006.
- [17] “Avaliação de Impacte Ambiental,” Agência Portuguesa do Ambiente, [Online]. Available: <https://apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=146>. [Acedido em 10 março 2021].
- [18] W. Barakat e O. Y. Abul-Haggag, *Application of Fuzzy Logic for Risk Assessment using Risk Matrix*, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering , 2013.
- [19] edp, “PLANO DE MELHORIA DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS PEIXES MIGRADORES E DOS SEUS HABITATS NO SECTOR TERMINAL DO RIO CÁVADO,” AGRIPRO , DEZEMBRO 2008.
- [20] J. C. M. Luís, “Hidroconflitos na bacia hidrográfica do rio Cávado - uma análise geográfica a partir do contributo do Serviço de Proteção da Natureza e do Ambiente,” Universidade do Minho, 2013.
- [21] “Plano de Ação – Despoluição do rio Ave - O Rio Ave,” Câmara municipal de Guimarães, Fevereiro 2015.
- [22] ÁGUAS DO NOROESTE, S.A., “ESTUDO FINAL – 3.ª FASE – DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DA CAPTAÇÃO DE AREIAS DE VILAR,” 2011.
- [23] ÁGUAS DO NOROESTE, S.A., “ESTUDO FINAL – 3ª FASE – DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DA CAPTAÇÃO DE QUEIMADELA,” 2011.
- [24] ÁGUAS DO NOROESTE, S.A., “ESTUDO FINAL – 3ª FASE – DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DA CAPTAÇÃO DE ANDORINHAS,” 2011.
- [25] ÁGUAS DO NOROESTE, S.A., “ESTUDO FINAL – 3ª FASE – DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DA CAPTAÇÃO DE RABAGÃO,” 2011.
- [26] F. Gualtieri, “Obras na Barragem de Salamonde podem ser causa da cor verde que pinta o rio Cávado,” PRESSMINHO, 13 outubro 2017. [Online]. Available: <https://www.pressminho.pt/obras-na-barragem-de-salamonde-podem-ser-causa-da-cor-verde-que-pinta-o-rio-cavado/>. [Acedido em 2021 outubro 15].
- [27] N. Cerqueira, “Amares alerta Vila Verde para estado de poluição do Rio Homem,” Semanário V, 15 julho 2015. [Online]. Available: <https://semanariov.pt/2015/07/15/amares-alerta-vila-verde-para-estado-de-poluicao-do-rio-homem/>. [Acedido em 15 outubro 2021].
- [28] F. A. Silva, “Rio Homem. Autarcas denunciam e Águas do Norte resolve descarga de saneamento ilegal,” Semanário V, 20 junho 2017. [Online]. Available: <https://semanariov.pt/2017/06/20/rio-homem-autarcas-denunciam-e-aguas-do-norte-resolve-descarga-de-saneamento-ilegal/>. [Acedido em 15 outubro 2021].
- [29] Braga Tv, “Braga: Presidente de Padim da Graça denuncia descarga ilegal no Rio Cávado,” 9 maio 2021. [Online]. Available: <https://bragatv.pt/braga-presidente-de-padim-da-graca-denuncia-descarga-ilegal-no-rio-cavado/>. [Acedido em 15 outubro 2021].

- [30] K. Parris, "Impact of Agriculture on Water Pollution in OECD Countries: Recent Trends and Future Prospects," 6 fevereiro 2011.
- [31] Gabinete do ministro do ambiente e da ação climática, "ESTRATÉGIA NACIONAL PARA OS EFLUENTES AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS (ENEAPAI 2030)," 29 setembro 2020.
- [32] Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), "Boletim Climático Portugal Continental- Junho 2021," Lisboa, 2021.
- [33] Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), "Boletim Climático Portugal Continental - Julho 2021," Lisboa, 2021.
- [34] Instituto Português do Mar e da Atmosfera,, "Boletim Climático Portugal Continental - Agosto 2021," Lisboa, 2021.
- [35] C. S. T. d. Melo, "Avaliação da qualidade da água da captação e do sistema de abastecimento de Fagilde, Viseu," Instituto Politécnico de Viseu, 2018.

## ANEXO I

Tabela 21: Dados das amostras nos locais: Montante e jusante da Albufeira da Queimadela.

		Pontos de amostragem					
		Montante albufeira Queimadela			Jusante Albufeira Queimadela		
		28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08
<b>Azoto amoniacal</b>	mg L <sup>-1</sup>	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,05	0,11	0,17
<b>Fósforo total</b>	mg L <sup>-1</sup>	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
<b>Temperatura</b>	°C	12	16	14	16	21	20
<b>pH</b>	escala de sorensen	7	6,8	6,9	7	6,8	6,8
<b>Condutividade</b>	uS cm <sup>-1</sup> a 20 °C	27	29	62	28	28	31
<b>Turvação</b>	NTU	0,36	0,43	< 0,20	0,97	1,7	1,1
<b>Carbono orgânico total</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,74	0,77	0,94	1	1,1	1,4
<b>B. Coliformes</b>	N/100mL	579	687	1046	435	6020	5810
<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	N/100mL	78	70	32	18	5	3



Tabela 22: Dados das amostras nos locais: Montante albufeira Ermal (Rossas), Albufeira Ermal (paredão) e Montante albufeira Andorinhas (praia fluvial Esperança).

		Pontos de amostragem								
		Montante albufeira Ermal (Rossas)			Albufeira Ermal (paredão)			Montante albufeira Andorinhas (praia fluvial Esperança)		
		28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08
<b>Azoto amoniacal</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,027	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,04	0,07	0,06
<b>Fósforo total</b>	mg L <sup>-1</sup>	≤ 0,025	0,079	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
<b>Temperatura</b>	°C	16	20	18	22	26	24	21	24	23
<b>pH</b>	escala de sorensen	6,6	6,6	6,6	7,2	7,1	7,2	6,8	6,7	6,8
<b>Condutividade</b>	uS cm <sup>-1</sup> a 20 °C	26	29	31	28	28	29	35	31	24
<b>Turvação</b>	NTU	0,36	0,53	0,38	0,48	0,87	0,82	0,87	1,2	1,2
<b>Carbono orgânico total</b>	mg L <sup>-1</sup>	0,9	1	1,3	1,1	1,4	1,8	0,92	0,86	34
<b>B. Coliformes</b>	N/100mL	1986	2880	1986	1733	1120	548	1986	2820	548
<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	N/100mL	63	51	350	0	2	6	12	95	25

Tabela 23: Dados das amostras nos locais: Albufeira Alto Rabagão Captação, Albufeira Alto Cávado, Montante Albufeira Venda Nova (Borralha) e Montante Albufeira Venda Nova (Vila da Ponte).

		Pontos de amostragem											
		Albufeira Alto Rabagão Captação			Albufeira Alto Cávado			Montante Albufeira Venda Nova (Borralha)			Montante Albufeira Venda Nova (Vila da Ponte)		
		28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08
<b>Azoto amoniacal</b>	mg L <sup>-1</sup>	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,029	< 0,025	< 0,025	0,03	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
<b>Fósforo total</b>	mg L <sup>-1</sup>	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
<b>Temperatura</b>	°C	17	22	21	17	23	21	14	19	17	14	17	17
<b>pH</b>	escala de sorensen	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	6,7	6,7	7	6,7	6,8	6,7
<b>Condutividade</b>	uS cm <sup>-1</sup> a 20 °C	20	20	20	26	27	30	18	23	24	22	24	28
<b>Turvação</b>	NTU	0,68	0,81	0,87	1,6	1,8	1,9	0,57	0,53	0,43	0,87	0,87	0,63
<b>Carbono orgânico total</b>	mg L <sup>-1</sup>	1,8	2,2	2,2	2,3	2,1	2,6	1,2	2,2	1,7	1,4	1,6	1,9
<b>B. Coliformes</b>	N/100mL	24	2590	727	866	2110	1120	1986	236	1986	613	9090	3270
<i>Clostridium perfringens</i>	N/100mL	0	9	4	180	71	76	210	150	168	5	53	16

Tabela 24: Dados das amostras nos locais: Rio Homem (montante confluência com rio Cávado), Albufeira de Vilarinho das Furnas (paredão), Albufeira de Paradela (paredão) e Albufeira de Salamonde (paredão).

		Pontos de amostragem											
		Rio Homem (montante confluência com rio Cávado)			Albufeira de Vilarinho das Furnas (paredão)			Albufeira de Paradela (paredão)			Albufeira de Salamonde (paredão)		
		28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08
<b>Azoto amoniacal</b>	mg L <sup>-1</sup>	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,029	< 0,025	< 0,025	0,03	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
<b>Fósforo total</b>	mg L <sup>-1</sup>	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
<b>Temperatura</b>	°C	18	22	20	19	23	21	19	23	22	18	21	20
<b>pH</b>	escala de sorensen	6,9	6,8	6,8	6,8	7,6	7,9	6,9	7,6	7,6	6,7	7,2	7,2
<b>Condutividade</b>	uS cm <sup>-1</sup> a 20 °C	46	48	51	12	12	12	13	13	14	18	17	19
<b>Turvação</b>	NTU	0,97	2,2	1,3	0,38	0,39	0,38	4,6	1,2	0,82	1,2	0,75	0,57
<b>Carbono orgânico total</b>	mg L <sup>-1</sup>	1,7	0,99	1,3	0,88	0,89	1,3	1,2	1,2	1,2	1	1,1	1,4
<b>B. Coliformes</b>	N/100mL	2420	4410	2420	16	12	461	7270	770	345	34	84	34
<i>Clostridium perfringens</i>	N/100mL	230	99	220	8	0	1	3	2	0	5	1	1

Tabela 25: Dados das amostras nos locais: Albufeira de Caniçada (paredão), Rio Cávado: Ponte do Bico e Rio Cávado: Ponte de Prado.

		Pontos de amostragem								
		Albufeira de Caniçada (paredão)			Rio Cávado: Ponte do Bico			Rio Cávado: Ponte de Prado		
		28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08
<b>Azoto amoniacal</b>	mg L <sup>-1</sup>	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,029	< 0,025	< 0,025	0,03	< 0,025	< 0,025
<b>Fósforo total</b>	mg L <sup>-1</sup>	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
<b>Temperatura</b>	°C	20	23	23	19	19	18	19	19	18
<b>pH</b>	escala de sorensen	7	7,3	7,2	6,7	7	6,8	6,6	6,8	6,8
<b>Condutividade</b>	uS cm <sup>-1</sup> a 20 °C	20	19	19	26	20	18	29	23	20
<b>Turvação</b>	NTU	0,73	0,76	0,71	0,85	0,82	0,84	0,97	1,6	1,1
<b>Carbono orgânico total</b>	mg L <sup>-1</sup>	1,1	1,2	1,4	1,4	0,93	1,5	1,9	0,96	1,3
<b>B. Coliformes</b>	N/100mL	140	205	236	1986	1730	1986	1300	2420	1733
<i>Clostridium perfringens</i>	N/100mL	7	0	4	108	75	100	120	140	170

Tabela 26: Dados das amostras nos locais: Rio Cávado: Pousa e Rio "Torto" (montante confluência com rio Cávado).

		Pontos de amostragem					
		Rio Cávado: Pousa			Rio "Torto" (montante confluência com rio Cávado)		
		28/06	19/07	09/08	28/06	19/07	09/08
<b>Azoto amoniacal</b>	mg L <sup>-1</sup>	1,2	1	0,24	26	52	45
<b>Fósforo total</b>	mg L <sup>-1</sup>	≤ 0,025	0,085	≤ 0,025	0,103	3,95	2,1
<b>Temperatura</b>	°C	20	20	19	21	22	22
<b>pH</b>	escala de sorensen	6,8	6,9	6,8	7,7	7,6	7,8
<b>Condutividade</b>	uS cm <sup>-1</sup> a 20 °C	42	38	28	504	663	641
<b>Turvação</b>	NTU	2,3	2,8	2,2	13	23	17
<b>Carbono orgânico total</b>	mg L <sup>-1</sup>	1,7	1,3	1,4	1,7	13,2	10,2
<b>B. Coliformes</b>	N/100mL	3873	141360	7980	> 241960	> 241960	129970
<b><i>Clostridium perfringens</i></b>	N/100mL	1300	3100	> 1000	> 1000	> 10000	> 1000