



**IPG**

**Politécnico  
|da|Guarda**

Polytechnic  
of Guarda

# RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Licenciatura em Engenharia do Ambiente

Inês Marisa Henriques Pires

julho | 2014

‘O controlo das águas pelo homem para satisfazer as suas necessidades  
E para eliminar os seus desperdícios perturba fortemente este esquema natural  
E modifica tanto as correntes como a quantidade das águas  
E, logo, o conjunto dos ecossistemas terrestres e aquáticos.’

Ghislain de Marsily

## Identificação

**Nome:** Inês Marisa Henriques Pires

**Nacionalidade:** Portuguesa

**Morada:** Avenida Principal, Pêra do Moço, 6300-160 Guarda

**Telefone:** 969726136

**Correio eletrónico:** ines\_marisa\_92@hotmail.com

**Número:** 1010190

**Curso:** Engenharia do Ambiente

**Orientador:** Professor Dr. Pedro Rodrigues

### **Instituição:**

Instituto Politécnico da Guarda

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Morada: Av. Dr. Francisco Sá Carneiro 50

6300 – 559 – Guarda

Telf: 271220100

Fax: 271220150

Correio Eletrónico: estg-geral@ipg.pt

### **Dados do Projeto:**

- Início: 8 de abril de 2013
- Fim: 4 de julho de 2014

## Resumo

Este trabalho realiza-se no âmbito da unidade curricular de Projeto Ambiental, do 3ºano, curso de licenciatura em Engenharia do Ambiente. Tem como objetivo principal avaliar a qualidade da água superficial do rio Noéme. Para o efeito, foram selecionados sete pontos de recolha representativos das diferentes condições existentes nesta linha de água, onde se procedeu à monitorização de um conjunto de parâmetros físico-químicos, nomeadamente: pH, Carência Bioquímica de Oxigénio, Carência Química de Oxigénio, fósforo, azoto, sólidos suspensos e sólidos totais. As recolhas foram feitas entre abril e novembro de 2013.

Na execução analítica foram utilizadas técnicas como a cromatografia iónica, espectrofotometria e potenciometria.

Foram ainda identificados os graus tróficos para cada ponto de recolha tendo em conta os resultados de fósforo e azoto obtidos.

Os resultados identificaram o troço entre o ponto de recolha “Gata” e o ponto de recolha “Monte Barro” como zona a dedicar especial atenção, tendo-se obtido para este último local valores com uma diferença bastante significativa em relação a outros locais, em determinados parâmetros como CBO<sub>5</sub>, CQO e SS demonstrando assim o elevado estado de degradação neste troço.

Mostrou-se assim a necessidade de adotar algumas medidas que permitam uma melhoria da qualidade da água, entre elas a despoluição e requalificação da linha de água.

Palavras chave: Rio Noéme, concelho da Guarda, qualidade da água, poluição

## Abstract

This work is performed within the discipline of Environmental Project, 3rd year, of degree course in Environmental Engineering. Its main objective is to evaluate the surface water quality of Noéme river. So, seven points representing the different existing conditions in this waterline were selected, where it was proceeded to monitoring a set of physico-chemical parameters, including pH, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, phosphorus, nitrogen, suspended solids and total solids. The collections were made between april and november 2013.

In the analytical execution some techniques as ion chromatography spectrometry and potenciometric were used.

Trophic levels were also identified for each sampling point in view of the obtained results of phosphorus and nitrogen.

The results identified the section between the collection point “Gata” and the collection point “Monte Barro” as a zone to pay particular attention, yielding for this last place values with a very significant difference compared to other sites in certain parameters such as BOD<sub>5</sub>, COD and suspended solids thus demonstrating the high state of degradation in this section.

Thus it was showed the need to adopt same measures for improving water quality, including the depollution and rehabilitation of the water line.

Key-words: river Noéme, municipality of Guarda, water quality, pollution

## Agradecimentos

Este espaço é dedicado a todos aqueles que de uma forma ou de outra deram o seu contributo para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Pedro Rodrigues, Engenheiro Ricardo Rodrigues e Engenheira Inês Lisboa, toda a prontidão que sempre demonstraram. Ao técnico Manuel Cairrão pelo apoio prestado no trabalho de campo.

A todos os amigos e colegas de curso, em especial à Ana Rita, Ana Fontes e Catarina Guerra, por toda a sua disponibilidade em ajudar sempre.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento especial à minha família por toda a força e creditação.

A todos o meu sincero obrigado!

## Definições

- Comunidade fito planctónica - Comunidade de vegetais microscópicos que vivem em suspensão nas massas de água e são constituídos principalmente por algas.
- Coluna Cromatográfica - Composta por uma resina polimérica embalada num tubo químico inerte.
- Eutrofização - Diz-se das águas superficiais (rios, lagos ou mares) contendo nutrientes em excesso, principalmente azoto e fósforo, e onde se verifica um crescimento excessivo de algas.
- Efluentes - Águas residuais lançadas num esgoto, transportadas para uma estação de tratamento de águas ou para o meio natural. Fala-se de efluentes agrícolas (por exemplo, de uma criação de gado intensiva), industriais ou domésticos.
- Fotossíntese – Processo bioquímico realizado por alguns organismos vivos, como por exemplo as plantas que permitem obter energia e produzir matéria orgânica pela combinação dos elementos carbono, azoto, água e alguns minerais.
- Galeria Ripícola - Formação linear de espécies lenhosas arbóreas e arbustivas associadas às margens de um curso de água, constituindo um corredor de copas mais ou menos fechado sobre o curso de água.
- Plantas microtérmicas - Plantas que habitam em regiões frias.
- Plantas mesotérmicas - Plantas que crescem sob condições intermédias.
- Plantas tropófilas - Vegetação que adapta às variações de humidade, segundo a estação, seca ou chuvosa.
- Zonas Húmidas - São áreas de sapal, paul, turfeiras ou águas, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, estáticas ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluindo extensões de água do mar, cuja profundidade na maré baixa não exceda os 6 metros e zonas costeiras e ribeirinha.

## Siglas

- CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio.
- CQO – Carência Química de Oxigénio.
- CMG – Câmara Municipal da Guarda.
- EPTAR – Estação de Pré-Tratamento de Águas Residuais.
- ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais.
- EE – Estação Elevatória.
- INE – Instituto Nacional de Estatística.
- IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.
- SS – Sólidos Suspensos.
- ST – Sólidos Totais.
- PR – Ponto de recolha.
- VMA – Valor máximo admissível.
- VMR – Valor máximo recomendado.



## Índice

1. Introdução.....	1
2. Caracterização da área em estudo .....	3
2.1 Caracterização da bacia hidrográfica .....	5
2.2 Aspetos Geológicos .....	6
2.3 Climatologia local.....	7
2.4 Vegetação e ocupação do solo .....	8
2.4.1 Galerias ripícolas.....	8
2.4.2 Fauna .....	13
2.5 Eutrofização .....	14
2.6 Usos da água do rio.....	17
3. Desenvolvimento teórico.....	18
3.1 Localização dos pontos de recolha .....	18
3.2 Descrição dos pontos de recolha.....	19
3.2.1 Ponto de recolha 1 – Vale de Estrela.....	19
3.2.2 Ponto de recolha 2 - Cruzamento do Barracão.....	20
3.2.3 Ponto de recolha 3 – Cruzamento de Alfarazes .....	21
3.2.4 Ponto de recolha 4 – Gata .....	22
3.2.5 Ponto de recolha 5 – Monte Barro .....	23
3.2.6 Ponto de recolha 6 – Vila Fernando .....	24
3.2.7 Ponto de recolha 7 – Rochoso .....	25
3.3 Recolha de amostras .....	26
3.4 Análise dos caudais.....	27
4. Desenvolvimento experimental.....	29
4.1 Técnicas utilizadas .....	29
<b>4.1.1 Cromatografia Iónica.....</b>	<b>29</b>

<b>4.1.2 Espectrofotometria de absorção molecular (UV-vis)</b> .....	31
4.2 Parâmetros analisados.....	32
<b>4.2.1 Azoto</b> .....	32
<b>4.2.2 Fósforo</b> .....	35
<b>4.2.3 Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)</b> .....	38
<b>4.2.4 Carência Química de Oxigénio (CQO)</b> .....	39
<b>4.2.5 Sólidos totais</b> .....	40
<b>4.2.6 Sólidos Suspensos</b> .....	40
<b>4.2.7 pH</b> .....	41
5. Resultados Obtidos.....	43
5.1 Temperatura e Precipitação .....	43
5.1.1 Temperatura .....	43
5.1.2 Precipitação .....	44
5.2 Variação espacial e temporal da qualidade da água.....	46
<b>5.2.1 Nutrientes (N e P)</b> .....	46
<b>5.2.2 Matéria Orgânica (CQO e CBO<sub>5</sub>)</b> .....	53
<b>5.2.3 Sólidos Totais e Sólidos Suspensos</b> .....	57
<b>5.2.4 pH</b> .....	61
5.3 Enquadramento legal .....	63
6. Conclusão.....	66
Bibliografia.....	68
Outros documentos consultados .....	71
<b>ANEXOS</b> .....	72
ANEXO I – Resultados das análises laboratoriais para cada ponto de recolha.....	73
ANEXO II – Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto .....	77
ANEXO III – Representação geográfica do rio Noéme .....	78

## Índice de Figuras

Figura 1- Representação geográfica do distrito da Guarda (Fonte: PortugalWeb) .....	3
Figura 2 - Esquema da Rede hidrográfica da bacia do rio Côa (Jorge, 2009).....	5
Figura 3 - Tipo de geologia existente no rio Noéme (em cima solo arenoso e em baixo granito porfiroide).....	6
Figura 4 - Fauna existente na envolvente do rio: 1-Cegonha 2-Cavalos 3-Lagarto 4-Bovinos.....	13
Figura 5 - Eutrofização da água do rio no ponto de recolha ‘ Rochoso’ .....	15
Figura 6 - Localização de alguns pontos que podem constituir focos de poluição no rio: 1-Coficab; 2-ETAR S.Miguel; 3-Indústria de lanifícios; 4-Explorações agrícolas; 5-Descargas no rio; 6-Lagoa de Macrófitas (Mapa: Pena, 2006). .....	17
Figura 7 - Localização dos pontos de recolha (Mapa - Pena, 2006). .....	18
Figura 8 - Ponto de recolha 1, Vale de Estrela (Data:05/06/2013).....	19
Figura 9 - Perspetiva do rio no ponto de recolha 1 (Data:5/06/2013) .....	19
Figura 10 - Ponto de recolha 2, cruzamento do Barracão (EN18) (Data: 05/06/2013 ...	20
Figura 11 - Recolha de amostra, ponto de recolha 2 (Data: 30/07/2013).....	20
Figura 12 - Ponto de recolha 3, cruzamento de Alfazazes (Data: 07/11/2013) .....	21
Figura 13 - Recolha de amostra, ponto de recolha 3 (Data:30/07/2013).....	21
Figura 14 - Ponto de recolha 5, aldeia da Gata (Data: 05/06/2013) .....	22
Figura 15 - Recolha de amostra, ponto de recolha 5 (Data: 30/07/2013).....	22
Figura 16 - Ponto de recolha 6, Monte Barro (Data: 05/06/2013) .....	23
Figura 17 - Recolha de amostra, ponto de recolha 6 (Data: 30/07/2013).....	23
Figura 18 - Ponto de recolha 7, Vila Fernando (Data: 05/06/2013).....	24
Figura 19 - Recolha de amostra, ponto de recolha 7 (Data: 30/07/2013).....	24
Figura 20 - Ponto de recolha 8, Rochoso (Data: 05/06/2013).....	25
Figura 21 - Recolha de amostra, ponto de recolha 8 (Data: 30/07/2013).....	25
Figura 22 - Esquema representativo da absorção de um feixe de luz monocromática a atravessar a amostra (Almeida, 2012) .....	31

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Flora existente no rio Noéme. ....	9
Tabela 2 - Classes tróficas segundo Dodds et al. (1998).....	16
Tabela 3 - Valores de CBO esperados consoante o volume.....	39
Tabela 4 - Classe trófica em cada ponto de recolha. ....	52
Tabela 5 - Enquadramento legal.....	64

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Caudal médio, mínimo e máximo em cada ponto de recolha .....	28
Gráfico 2 - Temperaturas máximas e mínimas durante o ano de 2013 (Fonte: IPMA, 2013). NOTA: Para os meses de setembro, novembro e dezembro por falta de dados disponíveis no IPMA foram tidos em consideração valores do accuweather. ....	44
Gráfico 3 - Precipitação total mensal para o ano de 2013 (Fonte: IPMA, 2013). NOTA: Para os meses de setembro, novembro e dezembro por falta de dados disponíveis no IPMA foram tidos em consideração valores do accuweather (http://www.accuweather.com) .....	45
Gráfico 4 - Concentração de azoto em (mg/L N) registada em cada ponto de recolha ao longo do período de monitorização (ano de 2013).....	47
Gráfico 5 - Concentração média de azoto (mg/L N) registada em cada ponto de recolha .....	48
Gráfico 6 - Média da concentração de nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> ) em cada ponto de recolha	49
Gráfico 7 - Variação da concentração de fósforo (mg/L P) registada em cada ponto de recolha ao longo do período de monitorização (ano de 2013) .....	50
Gráfico 8 - Concentração média de fósforo (mg/L P) registada em cada ponto de recolha .....	51
Gráfico 9 - Variação da concentração de CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) ao longo do período de monitorização (ano de 2013) .....	53
Gráfico 10 - Média da concentração de CQO (mg/L O <sub>2</sub> ) registada em cada ponto de recolha .....	54

Gráfico 11 - Evolução da concentração do parâmetro CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> ) no período de monitorização (ano de 2013). *Nas datas assinaladas não foi seguido o método descrito anteriormente no subcapítulo 4.3.3, pois os valores obtidos não eram coerentes sendo por isso admitido que o CBO <sub>5</sub> seria 1/3 do valor de CQO.....	55
Gráfico 12 - Média da concentração de CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> ) registada em cada ponto de recolha .....	56
Gráfico 13 - Evolução da concentração de SS (mg/L) durante o período de monitorização (ano de 2013) .....	58
Gráfico 14 - Média da concentração de SS (mg/L) em cada ponto de recolha .....	58
Gráfico 15 - Evolução da concentração de ST (mg/L) registada em cada ponto de recolha ao longo do período de monitorização (ano de 2013) .....	59
Gráfico 16 - Concentração média de ST (mg/L) registada em cada ponto de recolha...	60
Gráfico 17 - Variação do valor de pH durante o período de monitorização (ano de 2013) .....	62
Gráfico 18 - Valores médios de pH registados em cada ponto de recolha .....	62

## 1. Introdução

A água como um recurso natural sempre foi de primordial importância para o Homem, no entanto apenas recentemente a sociedade tomou consciência que esse recurso não é apenas limitado em quantidade, mas também muito limitada a sua capacidade de assimilar poluição antropogénica sem pôr em causa o uso da água como suporte à vida (Gonçalves, 2011).

A definição de qualidade da água superficial engloba um vasto número de condições ou processos que a caracterizam e que fazem parte do estado ecológico de um curso de água. A composição da água natural superficial depende de fatores naturais como, por exemplo, a geologia, climatologia e biologia e varia sazonalmente com diferenças nos caudais, temperatura e condições climáticas (Gonçalves, 2011).

Nas últimas décadas tem-se verificado uma deterioração das condições ambientais das águas superficiais, situação muitas vezes consequência da descarga de efluentes ricos em azoto e fósforo e que provocam contaminação do rio, de habitats e desaparecimento de espécies animais e vegetais (Bola, 2009).

Neste trabalho foi feita uma monitorização da qualidade da água do rio Noéme, através do controlo da concentração de azoto, fósforo, CBO, CQO, sólidos totais, sólidos suspensos e pH, durante sete meses. Este trabalho encontra-se assim dividido em seis capítulos:

- Capítulo 1 - Introdução
- Capítulo 2 - Caracterização da área de estudo: dividido em seis subcapítulos através dos quais é feita uma caracterização do rio Noéme, bem como do distrito da Guarda e da bacia hidrográfica do Côa, onde este rio está inserido. São ainda abordados os temas climatologia local e vegetação e ocupação do solo.
- Capítulo 3 - Desenvolvimento teórico: composto por quatro subcapítulos, através dos quais é feita a localização e descrição dos pontos de recolha, sendo ainda explicadas neste capítulo as metodologias de recolha realizadas. No

terceiro subcapítulo é feito um estudo dos caudais médios, máximos e mínimos em cada ponto de recolha.

- Capítulo 4 - Desenvolvimento experimental: organizado em dois subcapítulos. Neste capítulo é feita a descrição das técnicas utilizadas e ainda dos procedimentos e metodologias necessárias para a análise da qualidade da água recolhida no rio Noéme, com base num conjunto de parâmetros físico-químicos escolhidos para o efeito.
- Capítulo 5 - Resultados obtidos: composto por três subcapítulos. No primeiro é feita a análise e interpretação dos valores da temperatura e precipitação ao longo do ano de 2013, no concelho da Guarda. Já no segundo subcapítulo apresenta-se a variação espacial e temporal da qualidade da água do rio Noéme, comparando os valores obtidos com os constantes no DL 236/98 de 1 de agosto. Estes resultados são ainda avaliados tendo em conta o caudal do rio em cada ponto e as diferentes estações do ano (primavera, verão e outono). No último subcapítulo é elaborado o enquadramento legal dos resultados obtidos e são apresentados três casos possíveis de acontecer no local em estudo.
- Capítulo 6 - Conclusão: são apresentadas as principais conclusões a retirar do estudo, são ainda propostas algumas medidas de mitigação dos problemas ambientais observados na linha de água.

## 2. Caracterização da área em estudo

O distrito da Guarda (Figura 1) localiza-se na província da Beira Alta, limitado a norte pelo distrito de Bragança, a leste com Espanha, a sul com o distrito de Castelo Branco e a oeste com o distrito de Coimbra e distrito de Viseu. É um distrito com uma área de 5518 km<sup>2</sup> e com uma população residente de 160 939 habitantes (INE, 2011). Este distrito subdivide-se em 14 municípios: Aguiar da Beira, Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Fornos de Algodres, Gouveia, Guarda, Manteigas, Meda, Pinhel, Sabugal, Seia, Trancoso e Vila Nova de Foz Côa.



Figura 1- Representação geográfica do distrito da Guarda (Fonte: PortugalWeb)

A cidade da Guarda, localiza-se à latitude 40° 31' Norte e longitude 7° 14' Oeste, é a cidade mais alta de Portugal continental com uma altitude máxima de 1.056 metros, encontrando-se ainda inserida no contraforte norte da Serra da Estrela. Atravessada por numerosos cursos de água, a cidade da Guarda é limitada a ponte pelos vales encaixados



do rio Mondego e seus afluentes e a nascente pelos rios Noéme, Diz e pela ribeira de Massueime.

É considerada uma das cidades mais frias de Portugal, experimentando em alguns dias do ano precipitações de neve e temperaturas negativas.

O rio Noéme nasce nos arredores da aldeia de Vale de Estrela (concelho da Guarda) e desagua no rio Côa na aldeia de Jardo, Freguesia de Porto de Ovelha (Almeida). No seu percurso, de cerca de 40 km, atravessa as localidades de Barracão, Gata, Vila Garcia, Vila Fernando, Albardo, Rochoso (todas no concelho da Guarda), Cerdeira (Sabugal), Miuzela, Pailobo, Monte Perobolço, Jardo e Porto de Ovelha (Almeida). É um rio que nasce com pouco caudal, e que vai aumentando pela afluência de diversos ribeiros e do rio Diz, que desagua no rio Noéme, na zona da Gata.

## 2.1 Caracterização da bacia hidrográfica

O rio Noéme insere-se na bacia hidrográfica do Côa, a qual tem uma área de 2521 km<sup>2</sup>, está localizada quase integralmente na serra das Mesas (concelho do Sabugal). Esta bacia tem uma forma alongada no sentido S-N, é pouco declivosa, tem relevo reduzido, e possui uma altitude média de 690m (Jorge, 2009).

O Côa é um curso de água que nasce na fronteira oriental de Portugal, na serra de Mesas, atravessa o distrito da Guarda, primeiro na direção E-O e depois, por uma maior extensão no sentido S-N, desaguando no rio Douro, a ocidente de Barca d'Alva (Foz-Côa). Faz um percurso de quase 140 km, sempre em território português e é alimentado por vários afluentes, entre eles o rio Noéme (Marques, 1995).

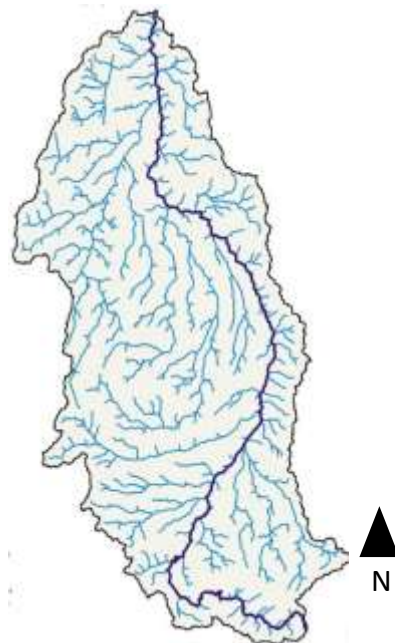


Figura 2 - Esquema da Rede hidrográfica da bacia do rio Côa (Jorge, 2009)

## 2.2 Aspetos Geológicos

É pouco variada a natureza das rochas e a constituição dos terrenos no percurso do rio Noéme. O panorama geológico desta região caracteriza-se pela existência de numerosos cabeços graníticos, com a morfologia típica em caos de blocos, dando lugar aqui e além a um solo arenoso (saibroso) de fraca espessura (Antão, 2004).

O maciço rochoso encontra-se muito fraturado e erodido pois esta zona experimenta, por várias vezes durante o ano, os ciclos de gelo/degelo.

A partir dos dados contidos na carta Geológica de Portugal – 1:50 000, folha 18-C (Teixeira *et al.*, 1963), verifica-se que o granito é do tipo monzonítico e apresenta textura porfiroide, de grão grosseiro a médio. Segundo a mesma carta, verifica-se que na zona do Rochoso, encontra-se uma extensa área onde predomina o granito de grão médio a fino, não porfiroide.

A região é atravessada por um conjunto de rochas filonianas encaixadas no maciço granítico. As mais abundantes são filões de natureza quartzosa, encontrando-se também filões de rochas básicas metamorfizadas, geralmente muito alteradas (Antão, 2004).



Figura 3 - Tipo de geologia existente no rio Noéme (em cima solo arenoso e em baixo granito porfiroide)

## 2.3 Climatologia local

A bacia hidrográfica do Côa está inserida no subtipo climático ‘temperado com estação fria’ – segundo a classificação de Martonne (Marques, 1995). Existem diversos parâmetros que determinam o subtipo climático e por isso os elementos climáticos temperatura, pressão e humidade são constantemente modificados devido à latitude, altitude, insolação, afastamento ou proximidade dos oceanos, vento, evaporação, precipitações pluviosas e de neve, natureza e revestimento da superfície terrestre, entre outros. Tratando-se de um território continental de planalto, as oscilações térmicas diárias e anuais são grandes, acusando a variação da temperatura anual de fevereiro para setembro uma amplitude superior a 19°C. Nos meses de janeiro e fevereiro a temperatura é muito baixa em toda a bacia, quase sempre negativa na hipsométrica acima de 750m de altitude, subindo um pouco e proporcionalmente, até 4°C, nas zonas de altitude inferior a 750m (Marques, 1995). Nestes meses o frio é intenso, encontrando-se o solo coberto de neve durante alguns dias nos pontos mais altos; por norma neva em toda a bacia mas a fusão é rápida, não demorando mais de três horas; cai neve em média seis vezes por ano e conserva-se mais tempo na Guarda, Trancoso, Montes do Jarmelo e serra das Mesas. As geadas são muito frequentes desde novembro a abril nas zonas de altitude superior a 500m, e raras, e por menos tempo, nas outras zonas de menor altitude (Marques, 1995).

No verão, o vento sopra durante muito tempo no sentido O-E. Predomina na bacia do Côa o vento que sopra do quadrante sul. Quando o vento sopra de sul, brando, húmido, com mudanças bruscas de velocidade, chove; se o vento sopra de O, forte e húmido, traz também chuva e no inverno neve. O vento que sopra do N, do NO e do NE é forte, seco e frio (Marques, 1995).

## 2.4 Vegetação e ocupação do solo

### 2.4.1 Galerias ripícolas

Corredor ripícola é o termo usado para designar os terrenos adjacentes às linhas de água incluindo as margens destas e parte do seu leito de cheia (ou mais corretamente, várzea). Este corredor é caracterizado por uma interação água/solo muito intensa e pelas oscilações sazonais do nível da água, determinando áreas com diferentes períodos de submersão. A vegetação ripícola é a vegetação que se desenvolve nestas áreas e que apresenta um zonamento relativamente à linha de água correspondente às referidas oscilações do nível da água e períodos de submersão (EPAL, 2011).

De um modo geral as espécies lenhosas de grande porte encontram-se associadas a solos estáveis ou em acumulação ou erosão pouco pronunciadas. Em solos de maior mobilidade ou em erosão as espécies lenhosas apresentam portes mais reduzidos, ou seja, constata-se um fenómeno característico de dominância de elementos lenhosos de menor porte nas estações ecológicas onde os de maior porte não encontram as condições de sobrevivência adequadas (EPAL, 2011).

A vegetação das margens preenche funções específicas determinantes para a segurança das margens e a integração das linhas de água na paisagem, funcionando simultaneamente como promotoras da continuidade ecológica, de acordo com o Pequeno Guia Prático, Limpeza e Gestão de Linhas de Água, Galerias Ripícolas, podemos referir:

- Árvores e arbustos das margens – são as espécies lenhosas associadas às linhas de água. Crescem na linha média de inundação ou acima desta e estão diferentemente adaptadas a suportar vários tipos de intensidades e duração de inundação anual. Cumprem uma série de funções específicas como proteger com, as suas raízes, as margens do processo contínuo de erosão, sombrear a corrente evitando o desenvolvimento de processos eutróficos e de infestantes, um excessivo aquecimento do corpo de água e ainda oferecem um espaço para o desenvolvimento de um ecossistema estável.
- Juncos e caniços (vegetação aquática) – têm como principais funções enraizar a zona de variação da linha de água, evitando até um determinado ponto, a erosão

nessa zona, sombrear parte da linha de água, oferecerem um meio de instalação para inúmeras espécies vegetais e animais, além de assegurarem funções depuradoras de poluição orgânica.


- Outros elementos (sub-bosque e herbáceas) – cumprem funções de consolidação das margens, de proteção no curto prazo e permitem um melhor desenvolvimento da sucessão ecológica.


A cobertura vegetal do rio Noéme é influenciada pelo clima, conhecendo-se a distribuição da temperatura na bacia do Côa, facilmente se conclui que as plantas que na dita bacia que se desenvolvem espontaneamente serão microtérmicas e mesotérmicas. Quanto à humidade, um outro fator fundamental para a vegetação, dominam as plantas que se adaptam a diferentes condições de humidade (tropófilas).

Das árvores e arbustos predominantes nas margens do rio Noéme sobressaem o freixo, amieiro, choupo e o salgueiro, quanto à vegetação aquática destacam-se os juncos, caniços e taboa. Existem ainda outros elementos que contribuem para a consolidação das margens tais como a silva, a giesta, o feto ou a urtiga.

Assim sendo, apresenta-se de seguida a identificação da flora dominante na galeria ripícola do rio Noéme:

Tabela 1 - Flora existente no rio Noéme.


Nome Comum	Nome Científico	Imagem (Ilustração)
Freixo-europeu	<i>Fraxinus excelsior</i>	

Amieiro	<i>Alnus glutinosa</i>	
Silva	<i>Amoreira-silvestre</i>	
Taboa	<i>Typha domingensis</i>	
Feto	<i>Pteridium aquilinum</i>	



Caniço-comum	<i>Phragmites australis</i>	
Choupo	<i>Populus nigra</i>	
Salgueiro-branco	<i>Salix alba</i>	
Urtiga	<i>Urtica dioica L</i>	



<p>Giesta</p>	<p><i>Cytisus lusitanicus</i></p>	
---------------	-----------------------------------	--

#### 2.4.2 Fauna

Quanto à fauna, era possível observar patos, galinhas de água e uma enorme variedade de peixes até ao início da poluição do rio que aconteceu na década de 80. Atualmente, na envolvente do rio Noéme é possível observar animais como: a vaca, o cavalo, o burro, a cabra, a ovelha, a galinha, a cegonha, o gato, entre outros. Podemos ainda encontrar a raposa que vive na mata ou em corredores por debaixo de barrocos e que por vezes ataca outros animais como galinhas, cordeiros ou cabritos.

Os animais de caça, lebre, coelho, perdiz e codorniz estão presentes em toda a bacia do Côa onde também não faltam lagartos, lagartixas, cobras, lacraus, aranhas, rolas, pardais, andorinhas, pintassilgos, cotovias, rouxinóis, lesmas, etc., toda uma fauna comum a Portugal (Marques, 1995). A fauna aquática do rio Noéme é essencialmente representada pelos anfíbios, sendo a rã muito abundante.

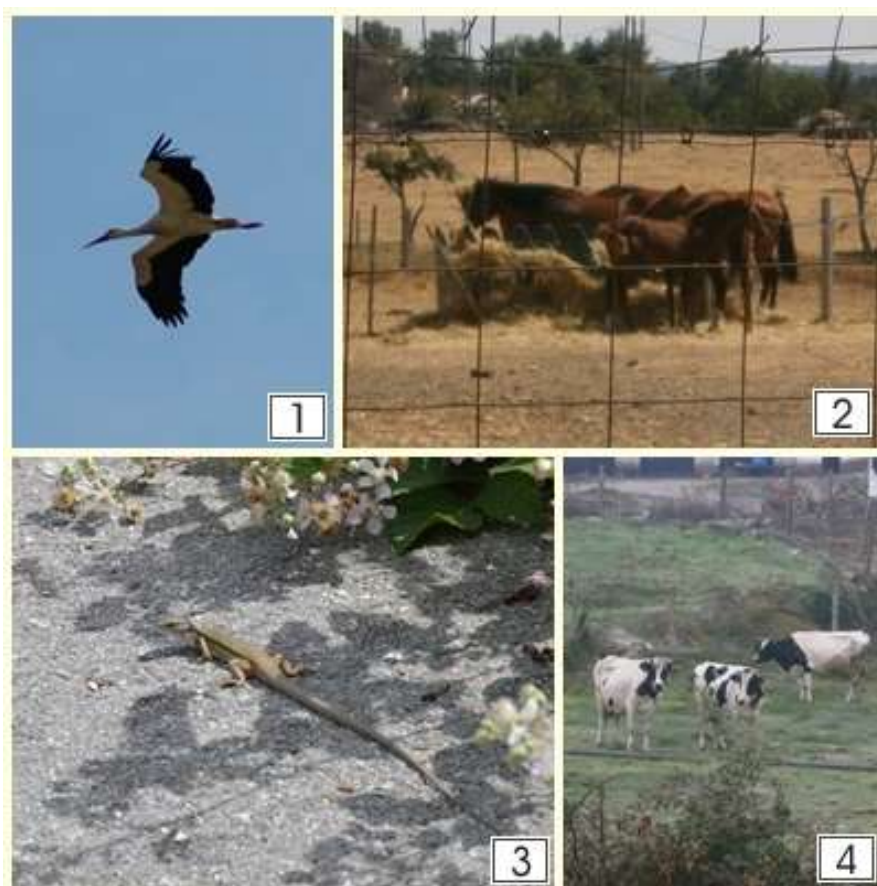


Figura 4 - Fauna existente na envolvente do rio: 1-Cegonha 2-Cavalos 3-Lagarto 4-Bovinos

## 2.5 Eutrofização

A eutrofização é um processo natural que corresponde ao envelhecimento de uma massa de água interior (lago natural, albufeira ou outro reservatório). Este processo de envelhecimento encontra-se associado ao enriquecimento dessa massa de água em nutrientes (principalmente azoto e fósforo) e à conseqüente alteração da frequência e da diversidade de espécies, de que resulta a diminuição média da profundidade do lago, devido à acumulação de sedimentos, podendo mesmo levar ao seu desaparecimento, com a posterior transformação em ecossistemas terrestres (Silva, 2007).

A eutrofização caracteriza-se pelo desenvolvimento muito rápido de diversas populações de algas, as quais formam uma película verde à superfície das águas (Figura 5). Este fenómeno corresponde a uma resposta ambiental proveniente de um excesso de nutrientes, que proporcionam um desenvolvimento vegetal anormalmente elevado. Enquanto existir este excesso de nutrientes (azoto e fósforo) o processo de eutrofização é contínuo (Silva, 2007). A entrada de nutrientes em águas pouco férteis aumenta as taxas de produção primária. Os teores de azoto e fósforo são frequentemente relacionados como os principais fatores do crescimento e estrutura da comunidade fitoplantónica e ligados à acumulação da biomassa (Silva, 2007).

Quando um dos nutrientes se torna escasso, (sendo que, normalmente, o primeiro em relação ao qual tal acontece, em águas doces interiores, é o fósforo), verifica-se uma paragem no crescimento e a morte da população vegetal. A consequência normal da morte da população vegetal é a sua deposição no fundo dos ecossistemas aquáticos. Esta matéria orgânica cria condições de desenvolvimento acelerado de decompositores, levando a uma elevada densidade destes organismos (Silva, 2007).

Uma elevada densidade de organismos decompositores implica um consumo elevado de oxigénio e, eventualmente, induz condições de anaerobiose. Deste modo, podem criar-se condições redutoras no fundo do sistema aquático, dando-se a eventual libertação de compostos responsáveis por cheiros desagradáveis, tais como ácido sulfídrico, metano, entre outros, que podem, pelo mau cheiro, prejudicar as populações vizinhas (Silva, 2007).



*Figura 5 - Eutrofização da água do rio no ponto de recolha 'Rochoso'*

As massas de água podem ser classificadas de acordo com as suas características físico-químicas, nomeadamente a concentração de azoto e de fósforo. Assim, as classes tróficas podem ser definidas, segundo Casado (2008), como:

- **Oligotrófico:** corresponde a águas limpas, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os seus usos.
- **Mesotrófico:** corresponde a águas com produtividade intermédia, com possíveis implicações sobre a sua qualidade, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
- **Eutrófico:** corresponde a águas com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetadas por atividades antropogénicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na sua qualidade e interferências nos seus múltiplos usos.

No caso dos rios não existe em Portugal um critério específico para a classificação do estado trófico que tenha sido adotado pelo Instituto Nacional da Água, uma vez que esta problemática não é habitualmente contemplada nas avaliações efetuadas aos rios. Existem no entanto alguns critérios desenvolvidos através de estudos realizados em cursos de água europeus e norte americanos, sendo um exemplo destes, o critério proposto por Dodds *et al.* (1998) apresentado na Tabela 2 (Bola, 2009).

Tabela 2 - Classes tróficas segundo Dodds *et al.* (1998).

Classe trófica	Concentração de fósforo (mg/m <sup>3</sup> )	Concentração de azoto (mg/m <sup>3</sup> )
Oligotrófico	< 25	< 700
Mesotrófico	25 - 75	700 - 1500
Eutrófico	> 75	> 1500

## 2.6 Usos da água do rio

A água do rio Noéme é essencialmente utilizada para rega, sendo que também é frequentemente utilizada como meio recetor das águas residuais, de algumas indústrias existentes na zona envolvente.

Logo no início do curso do rio podemos encontrar uma fábrica que se dedica à produção de fios e cabos isolados para a indústria automóvel e energia, mais à frente, junto da localidade da Gata, existe uma lagoa de macrófitas e ainda uma indústria de lanifícios, com uma linha de lavagem de lãs da qual resultam efluentes compostos por matéria orgânica e detergentes, entre outros. Também a ETAR de S.Miguel pode ser considerada uma ameaça pois as suas descargas são feitas no rio Diz, sendo este afluente no Noéme. Durante o percurso do rio existem ainda diversas explorações agrícolas que podem também interferir de alguma forma na qualidade da água do rio Noéme, nomeadamente através das escorrências das águas da chuva que lixiviam o solo e arrastam com eles carga orgânica e minerais para a linha de água. Já mais no final do percurso do rio, em Vila Fernando, existe uma lagoa de macrófitas que também faz as suas descargas no rio.



Figura 6 - Localização de alguns pontos que podem constituir focos de poluição no rio: 1-Coficab; 2-ETAR S.Miguel; 3-Indústria de lanifícios; 4-Explorações agrícolas; 5-Descargas no rio; 6-Lagoa de Macrófitas (Mapa: Pena, 2006).



### 3. Desenvolvimento teórico

#### 3.1 Localização dos pontos de recolha

Neste subcapítulo é feita a localização dos pontos de recolha ao longo do rio Noéme.

PR 1 - Vale de Estrela; PR 2 - Cruzamento do Barracão (EN 18); PR 3 – Cruzamento de Alfarazes (EN 233); PR 4 - Gata (ponto que ainda pertence ao rio Diz, mas que influência bastante a qualidade da água do rio Noéme); PR 5 - Monte Barro; PR 6 - Vila Frenando; PR 7 – Rochoso.



Figura 7 - Localização dos pontos de recolha (Mapa - Pena, 2006).

## 3.2 Descrição dos pontos de recolha

### 3.2.1 Ponto de recolha 1 – Vale de Estrela

Vale de Estrela fica situada entre o rio Mondego e o rio Zêzere, fazendo fronteira com as freguesias de Aldeia do Bispo, Vela, Fernão Joanes, Seixo Amarelo, Corujeira, Maçainhas e Guarda. Dista cerca de 5 km da sede de concelho, a cidade da Guarda, sendo por isso uma das freguesias mais próximas da sede deste concelho. O seu ponto mais elevado é o marco hidrográfico de convergência de três bacias (bacia do Mondego, Douro e Tejo), que esta erguido à cota de 1014 m de altitude. É uma freguesia com 12,95 km<sup>2</sup> de área e 394 habitantes (INE, 2011). Neste ponto é recolhida uma amostra simples e sendo este local de fácil acesso consegue-se fazer a recolha manualmente.



*Figura 8 - Ponto de recolha 1, Vale de Estrela (Data:05/06/2013)*



*Figura 9 - Perspetiva do rio no ponto de recolha 1 (Data:5/06/2013)*



### 3.2.2 Ponto de recolha 2 - Cruzamento do Barracão

Este ponto situa-se à direita da estrada nacional 18 ao km 5, no sentido Guarda – Santa Cruz, nas proximidades do cruzamento para o Barracão. Neste ponto é recolhida uma amostra simples e sendo este local de fácil acesso consegue-se recolher a amostra de forma manual.



*Figura 10 - Ponto de recolha 2, cruzamento do Barracão (EN18) (Data: 05/06/2013)*



*Figura 11 - Recolha de amostra, ponto de recolha 2 (Data: 30/07/2013)*

### 3.2.3 Ponto de recolha 3 – Cruzamento de Alfarazes

Este ponto situa-se na saída da estrada nacional 233 para Alfarazes, que pertence à freguesia da Guarda. Neste ponto é recolhida uma amostra simples fazendo-se a recolha a partir de uma ponte existente no local e com o auxílio de um amostrador automático que nos permitiu obter a amostra nos locais de difícil acesso, pois as margens encontravam-se com excesso de vegetação e era impossível a recolha ser feita manualmente.



*Figura 12 - Ponto de recolha 3, cruzamento de Alfarazes (Data: 07/11/2013)*



*Figura 13 - Recolha de amostra, ponto de recolha 3 (Data:30/07/2013)*

### 3.2.4 Ponto de recolha 4 – Gata

Este ponto localiza-se na aldeia da Gata. Esta aldeia fica situada a 5 km da cidade da Guarda e pertence à freguesia de Casal de Cinza, esta é uma freguesia com 17,18 km<sup>2</sup> e 561 habitantes (INE, 2011). Neste ponto é recolhida uma amostra simples fazendo-se a recolha a partir de uma ponte existente no local e utilizando, tal como no ponto de recolha anterior, um amostrador automático com tudo de 7 metros.



*Figura 14 - Ponto de recolha 5, aldeia da Gata (Data: 05/06/2013)*



*Figura 15 - Recolha de amostra, ponto de recolha 5 (Data: 30/07/2013)*



### 3.2.5 Ponto de recolha 5 – Monte Barro

Este ponto pertence à freguesia da Guarda, e situa-se entre a Gata e Carapito da Légua. Neste ponto, à semelhança dos últimos dois, é também recolhida uma amostra simples fazendo-se a recolha a partir de uma ponte existente no local e tendo sido usado o amostrador automático.



*Figura 16 - Ponto de recolha 6, Monte Barro (Data: 05/06/2013)*



*Figura 17 - Recolha de amostra, ponto de recolha 6 (Data: 30/07/2013)*

### 3.2.6 Ponto de recolha 6 – Vila Fernando

Freguesia do concelho da Guarda com 15,97 km<sup>2</sup> e 500 habitantes (INE, 2011). Neste ponto é recolhida uma amostra simples fazendo-se a recolha a partir de uma ponte existente no local, com o auxílio do amostrador automático.



*Figura 18 - Ponto de recolha 7, Vila Fernando (Data: 05/06/2013)*



*Figura 19 - Recolha de amostra, ponto de recolha 7 (Data: 30/07/2013)*

### 3.2.7 Ponto de recolha 7 – Rochoso

O Rochoso pertence à união de freguesias de Rochoso e Monte Margarida tem uma área de 19,21 km<sup>2</sup> e 264 habitantes (INE, 2011). Neste ponto é recolhida uma amostra simples fazendo-se a recolha a partir de uma ponte existente no local, mais uma vez com o auxílio do amostrador automático.



*Figura 20 - Ponto de recolha 8, Rochoso (Data: 05/06/2013)*



*Figura 21 - Recolha de amostra, ponto de recolha 8 (Data: 30/07/2013)*



### 3.3 Recolha de amostras

A amostragem foi realizada ao longo de sete meses, desde 8 de abril até 7 de novembro de 2013, de modo a determinar a qualidade da linha de água em diferentes condições meteorológicas, e subsequentemente em condições diversas de caudal. No mês de setembro por problemas logísticos no laboratório não foi possível efetuar nenhuma recolha.

Assim, para efeito de comparação de resultados foram registados todos os eventos meteorológicos sucedidos durante o período de monitorização.

Em cada um dos pontos selecionados, seguiu-se o método de amostragem simples:

- Amostra simples: O material a analisar é recolhido todo no mesmo instante e os análitos necessitam de ser analisados o mais rapidamente possível. Nestas amostras os parâmetros normalmente analisados são: pH, cloro residual, oxigénio dissolvido, temperatura, monóxido de carbono, etc. Recorre-se a este tipo de amostra quando se prevê que a água apresenta uma constituição constante ao longo do tempo ou quando ocorre um fenómeno irregular na massa de água.

Os recipientes usados têm uma capacidade de aproximadamente 2L e são previamente lavados antes de receberem a amostra. Todas as amostragens foram realizadas sensivelmente à superfície dos cursos de água. Todas as amostras foram colhidas e preservadas de modo a evitar possíveis variações e/ou degradação das características originais da amostra entre o período de recolha e o de análise laboratorial.

Na impossibilidade de realizar todos os ensaios analíticos imediatamente após a colheita da amostra, foram usadas técnicas de conservação destinadas a retardar os processos que podem provocar a alteração dos constituintes de uma amostra, como por exemplo o pH da amostra que pode ser alterado pela remoção de CO<sub>2</sub> ou pela atividade fotossintética, ou arejamento. Os métodos de conservação usados foram os seguintes: refrigeração (frigorífico e malas térmicas) e proteção da luz solar (frascos de vidro escuro e local sem incidência direta da luz solar).

### 3.4 Análise dos caudais

O caudal num rio é função da secção da linha de água, altura da lâmina de água e a respetiva velocidade de escoamento o qual exerce um impacto na qualidade da água assim como nos organismos e em seus habitats. Geralmente rios mais caudalosos apresentam maior capacidade de diluição de poluentes e maior capacidade de auto depuração, assim como maiores níveis de oxigénio dissolvido (Bola, 2009).

O estudo dos caudais médios em cada ponto de recolha do rio Noéme, foi elaborado com base na secção do troço do rio onde se efetuava a recolha, da altura nesse mesmo ponto e do tempo que um objeto, à superfície da lâmina de água, demorava a percorrer o comprimento desse troço. Em cada ponto de recolha foi escolhido um troço do rio no qual foi medido o comprimento, a largura e a profundidade, sendo que estes valores são meramente indicativos pois este método utilizado não tem qualquer precisão.

A partir dos dados de caudal calculados e dos dados de precipitação mensal registados durante o período das recolhas e através da análise de ambos os dados, verifica-se que de um modo geral e como seria de esperar, os meses de maior precipitação correspondem a meses de maior caudal. Os meses menos caudalosos correspondem a meses de verão, sendo que no dia 14 de agosto, não foi possível determinar o caudal em nenhum dos pontos de recolha, pois o objeto quando lançado no leito do rio não adquiriu qualquer movimento. Já no dia 30 de julho, também só foi possível calcular o caudal no ponto de recolha 'Gata', pois nos restantes locais à semelhança do que ocorreu no dia 14 de agosto, não existia velocidade de escoamento. Para o dia 8 de abril, não existem valores de caudal porque não foram medidos no local os parâmetros necessários.



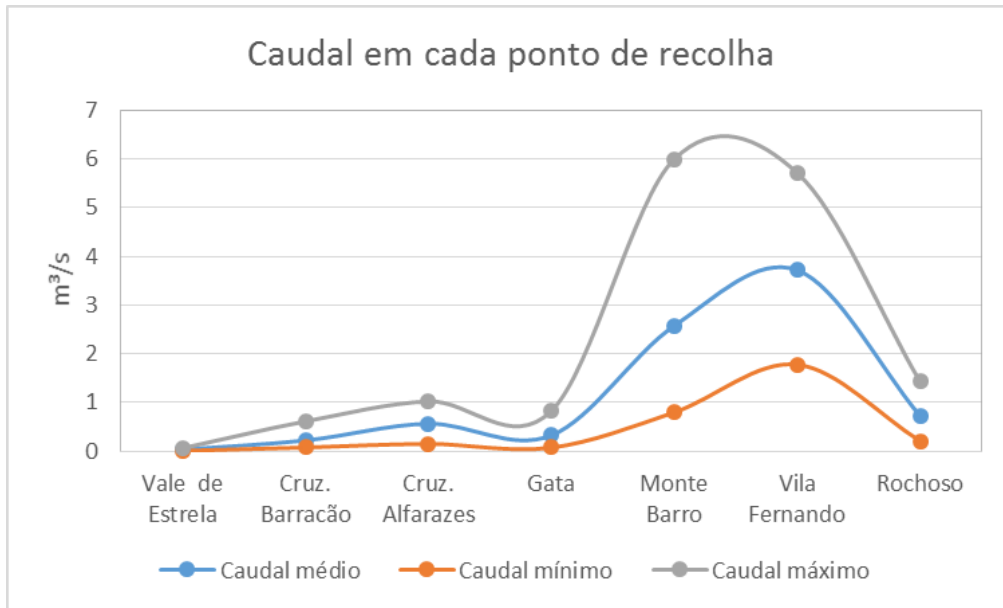


Gráfico 1 – Caudal médio, mínimo e máximo em cada ponto de recolha

## 4. Desenvolvimento experimental

Para avaliar a qualidade da água do rio Noéme e dar resposta aos objetivos deste trabalho foram utilizadas algumas técnicas analíticas entre elas a cromatografia iónica e a espectrofotometria de absorção molecular (UV-vis).

### 4.1 Técnicas utilizadas

#### 4.1.1 Cromatografia Iónica

Cromatografia é o nome utilizado para designar um conjunto de técnicas separativas onde se utilizam duas fases, uma estacionária e outra móvel, através das quais se vão distribuindo os vários componentes da solução (Simões, 2008).

A análise por cromatografia iónica consiste em quatro etapas: transporte, separação, deteção e análise de dados. O transporte diz respeito à amostra líquida que é transportada, sob pressão, por um eluente líquido, com composição e concentração conhecida. Na etapa da separação, os diferentes iões da amostra migram completamente na coluna cromatográfica em diferentes períodos de tempo, de acordo com as interações com os sítios ativos da coluna de separação. A deteção é feita por uma célula de condutividade, que monitoriza e mede a condutividade elétrica dos iões da amostra, produzindo um sinal baseado numa propriedade física ou química do analíto (Parron *et al.*, 2011).

No processo é gerado um cromatograma de dados, formado por picos, que representam os iões presentes na amostra. O tempo de retenção é usado para, qualitativamente, identificar e analisar cada pico ou ião. A altura do pico ou a sua área são proporcionais à concentração do ião na amostra e são usados para a quantificar. Antes de injetar a amostra no sistema, este é previamente calibrado com soluções padrão que geram picos com os quais se comparam os da amostra (Simões, 2008).

Na análise de dados, o programa informático que controla o equipamento, recebe o sinal da célula de condutividade e analisa os dados comparando os picos da amostra num cromatograma com os produzidos por uma solução padrão. Identifica os iões com

base no tempo de retenção de cada analito sendo as concentrações iônicas determinadas através da integração da área do pico, no final o software exibe a concentração de cada um dos analitos detetados (Parron *et al.*, 2011).

#### 4.1.2 Espectrofotometria de absorção molecular (UV-vis)

É uma técnica analítica que tem sido aplicada para a identificação e determinação quantitativa de muitas espécies moleculares, inorgânicas e orgânicas, incluindo espécies provenientes de matrizes biológicas. Graças à sua versatilidade analítica, permite um grande número de aplicações, ao seu baixo custo e robustez do método instrumental, a espectrofotometria é uma das técnicas analíticas mais utilizadas nos laboratórios de controlo químico da qualidade (Almeida, 2012).

Quando a radiação eletromagnética monocromática passa através de um material transparente, uma parte dessa radiação pode ser absorvida e outra parte transmitida (Almeida, 2012). Como resultado da absorção de energia, os átomos ou as moléculas passam de um estado de baixa energia – estado fundamental – para um estado de maior energia – estado excitado. Sendo assim, a absorvância, segundo Almeida (2012), é dada por:

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$

onde,  $I_0$  é a intensidade da radiação monocromática que incide na amostra e  $I$  é a intensidade da radiação transmitida pela amostra.

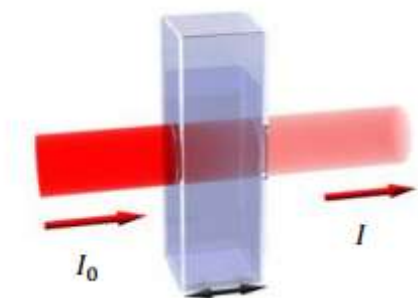


Figura 22 - Esquema representativo da absorção de um feixe de luz monocromática a atravessar a amostra (Almeida, 2012)

O programa informático que controla o equipamento, determina e regista a absorvância da radiação provocada pela presença do fósforo na amostra, permitindo a partir desta o cálculo da concentração de fósforo.

## 4.2 Parâmetros analisados

Neste subcapítulo é feita uma pequena explicação de cada um dos parâmetros usados na avaliação da qualidade do rio e os respectivos procedimentos analíticos. Assim, para a avaliação da qualidade foram usados parâmetros que nos informam sobre a presença de nutrientes, como o azoto e o fosforo, e da carga orgânica, como o CBO e o CQO, normalmente associados a poluição por efluentes domésticos e/ou industriais.

### 4.2.1 Azoto

O ciclo do azoto é um dos ciclos bioquímicos mais complexos, cuja compreensão apresenta elevada dificuldade, devido às inúmeras formas que o azoto pode assumir. A cada espécie química corresponde um composto com características próprias e diferentes potenciais de reação e, em consequência, com diversas formas de interação com o meio, possibilitando aos seres vivos modos distintos de utilização (Garcia *et al.*, 2011).

O azoto, na sua forma orgânica, é um fator fundamental na regulação da produtividade dos sistemas ecológicos terrestres, e a sua concentração no solo mantém-se aproximadamente constante, independentemente dos diversos usos a que este possa estar sujeito. Os teores de azoto nas suas formas inorgânicas, podem estar sujeitos a grandes variações, em função do tipo de uso a que o solo está submetido (Garcia *et al.*, 2011).

A interferência humana rompeu o equilíbrio natural deste ciclo, introduzindo artificialmente, nos diversos ecossistemas, grandes quantidades de azoto de origem antropogénica, sob formas inorgânicas que, por serem instáveis e facilmente lixiviáveis, não permitem a sua transformação em azoto orgânico contribuindo, de forma decisiva, para a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas (Garcia *et al.*, 2011).

### **Procedimentos Analíticos:**

1. Preparação das soluções (todos os reagentes utilizados foram de qualidade P.A. ou superior):

Reagente de digestão: Numa balança analítica (PG 503-S, Mettler Toledo) pesar 20,1g de persulfato de potássio e 3g de NaOH e dissolver em 1000mL de água ultra pura (Mili-Qplus e Mili-RO, Millipore).

Solução de Borato: Dissolver 61.8g de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) e 8,0g de NaOH em 1000ml de água ultra pura.

Solução intermédia de Nitrato: Secar o nitrato de potássio ( $KNO_3$ ) a  $105^\circ C$  durante 24 horas. Dissolver 7,221g em 1000mL de água ultra pura. Preservar em 2mL de clorofórmio ( $CHCl_3$ ). Diluir 100mL da solução anterior em 1000mL de água ultra pura. Preservar com 2mL de clorofórmio ( $CHCl_3$ ).

Solução intermédia de ácido glutâmico: Secar o ácido glutâmico a  $105^\circ C$  durante 24h. Dissolver 1,051g em 1000mL de água ultra pura. Preservar com 2mL de clorofórmio. Diluir 100mL da solução anterior em 1000mL de água ultra pura. Preservar com 2mL de clorofórmio.

## 2. Preparação dos padrões:

Em balões volumétricos de 100mL colocar: 1mL, 2,5mL, 5mL, 10mL, 15mL e 20mL de solução intermédia de nitrato e ajustar para 100mL de água. Para a preparação do branco foi apenas usada água ultra pura num balão de 10mL.

## 3. Digestão:

Colocar 10ml de amostra num frasco de vidro (Schott Duran) e 15mL de reagente de digestão. Autoclavar (Uniclave 88) a  $100^\circ C$  e à pressão de 1 bar durante 1 hora. Deixar arrefecer.

## 4. Leitura:

Após a estabilização do cromatógrafo iónico (DX-120, Dionex), procedeu-se à calibração do equipamento.

Preparar as soluções de calibração e proceder à injeção de cada um dos padrões. A identificação dos picos de cada anião é efetuada através dos tempos de retenção, característicos de cada anião.

Através do programa informático (PeakNet, Dionex) é possível calcular a área de cada um dos picos obtidos no computador e associar à concentração, o que permite a construção de uma curva de calibração. Depois de realizar a curva de calibração, procedeu-se da mesma forma para as amostras.

No cálculo da concentração mássica (mg/L) de azoto, na solução, utilizando as áreas do pico, é fundamental ter em consideração todas as etapas de diluição/concentração efetuadas ao longo do processo de preparação da amostra.

#### 4.2.2 Fósforo

O fósforo encontra-se presente na natureza sob a forma mineral e orgânica, constituindo cerca de 0,07% da crosta terrestre. É um elemento essencial à vida mas que em excesso se torna tóxico para os seres vivos. O fósforo é o nutriente mineral que mais limita a produtividade biológica nas águas e no solo, uma vez que contribui para o processo de eutrofização, visto permitir e acelerar a proliferação de organismos aquáticos, inclusive de algas produtoras de toxinas (Silva, 2007).

O fósforo sob a forma de  $\text{PO}_4^{3-}$  é a forma sob a qual, normalmente, se encontra dissolvido nas águas superficiais, podendo resultar da biodegradação das substâncias orgânicas ou da lixiviação dos solos (Silva, 2007).

Convém, todavia, salientar que o maior contributo para o aparecimento de fosfatos resulta de efluentes industriais, domésticos e agrícolas, provocando a biodegradação da matéria orgânica aí presente. Os fosfatos podem ser utilizados em detergentes como agentes de redução da dureza da água. No entanto, este uso deve ser restringido, devido à possibilidade de poluição de rios, sapais, e lagoas (Silva, 2007).

Os fosfatos funcionam como índice de capacidade eutrofizante dos nutrientes contidos numa massa de água, assumindo o maior interesse no âmbito da gestão dos recursos hídricos. Não se trata de um risco sanitário direto, mas sim de uma fonte de potenciais inconvenientes, que importa prever e controlar (Silva, 2007).

A principal fonte de fósforo nos ecossistemas aquáticos do nosso país é a água de escoamento superficial das bacias de alimentação. A quantidade de fósforo que chega por esta via às massas de água é condicionada pela natureza do solo da bacia e pelo tipo de aproveitamento a que está sujeita. Como exemplo a aplicação de fertilizantes na agricultura, a montante da massa de água, é um dos fatores que pode potenciar o aumento da quantidade de fósforo nas águas de escoamento (Silva, 2007).



### **Procedimentos Analíticos:**

A norma ISO 6878:2004 especifica a determinação de diferentes formas de compostos de fósforos dissolvidos e não dissolvidos, em várias concentrações, presentes no solo, nas águas superficiais, nas águas residuais e efluentes provenientes da indústria.

A colorimetria é uma técnica rápida e eficiente para a determinação do teor em fósforo total em águas residuais. Este método baseia-se em medidas espectrofotométricas na gama de comprimento de onda do ultravioleta e do visível de um complexo azul. Através da medida de absorvância deste complexo e de padrões com concentração conhecida de fósforo, consegue-se determinar a concentração de fósforo numa amostra.

#### 1. Preparação das soluções

Ácido ascórbico: Dissolver  $10 \pm 0,5$ g de ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ) em  $100 \pm 5$ mL de água ultra pura.

Solução de molibdato I: Dissolver  $13 \pm 0,5$ g de heptamolibdato de amónio tetrahidratado em  $100 \pm 5$ mL de água ultra pura. Dissolver  $0,35 \pm 0,05$ g de tartarato de antimónio e potássio hemi-hidratado em  $100 \pm 5$ mL de água ultra pura.

Solução de molibdato II: Cuidadosamente adicionar  $230 \pm 0,5$ mL de ácido sulfúrico em  $70 \pm 5$ mL de água ultra pura. Dissolver  $13 \pm 0,5$ g de heptamolibdato de amónio tetrahidratado em  $100 \pm 5$ mL de água ultra pura. Adicionar à solução de ácido e misturar bem. Dissolver  $0,35 \pm 0,05$ g de tartarato de antimónio e potássio hemi-hidratado em  $100 \pm 5$ mL em água ultra pura. Adicionar a solução de ácido de molibdato e misturar bem.

Solução de tiosulfato de sódio penta-hidratado: Dissolver  $1,20 \pm 0,05$ g de tiosulfato de sódio penta-hidratado em  $100 \pm 5$ mL de água ultra pura. Adicionar  $0,05 \pm 0,005$ g de carbonato de sódio para conservar.

Solução de ácido sulfúrico (4,5M): Adicionar  $500 \pm 5$ mL de água ultra pura numa proveta de 2L. Adiciona-se cuidadosamente, com agitação e arrefecimento contínuo, 500 mL de ácido sulfúrico. Misturar bem e deixar arrefecer até à temperatura ambiente.

Solução intermédia de ortofosfato (2mg/L): Colocar  $20 \pm 0,01$  mL de solução stock de ortofosfato num balão volumétrico de 500mL. Ajustar com água ultra pura até à marca e misturar bem.

2. Preparação dos padrões:

Em balões volumétricos de 50mL colocar: 1mL, 2,5mL, 5mL, 10mL, 15mL e 20mL de solução intermédia de ortofosfato, 1mL de ácido ascórbico, 2mL de solução de molibdato I e ajustar com água ultra pura até à marca.

3. Preparação das amostras:

Em balões volumétrico de 50mL colocar 40mL de amostra, 0,4mL de solução de ácido sulfúrico, 1mL de tiosulfato, agitar e esperar 10 minutos, juntar 2mL de ácido de molibdato II e ajustar com água ultra pura até à marca.

Para o branco, num balão volumétrico de 50mL colocar 40mL de água e seguir os mesmos procedimentos das amostras.

4. Leitura:

Após o desenvolvimento de cor azulada, e num intervalo de tempo entre os 10 e os 30 minutos, foi efetuada a leitura a 880 nm num espectrofotómetro UV-Visível (CINTRA 40, GBC).

### 4.2.3 Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO)

A carência bioquímica de oxigênio (CBO) consiste num ensaio laboratorial que nos permite determinar de forma indireta a carga orgânica que se encontra presente numa amostra de água. Durante a oxidação da matéria orgânica, os microrganismos aeróbios consomem o oxigênio que se encontra dissolvido na massa de água. Através da medição do consumo do oxigênio é possível avaliar o grau de poluição orgânica.

A CBO é expressa como a massa de oxigênio consumido por unidade de volume (mg O<sub>2</sub>/L) de água durante 5 dias e a uma temperatura constante de 20°C, na ausência de luz solar para evitar a interferência dos processos fotossintéticos. Na realidade para que a oxidação seja completa são necessários entre 21 e 28 dias. Considerando que este período é muito longo, convencionou-se que a medição seria executada apenas durante 5 dias, o qual representa uma oxidação de aproximadamente 70% da carência bioquímica de oxigênio obtida após 21 a 28 dias.

#### **Procedimentos Analíticos:**

1. Colocar um volume conhecido da amostra, tendo em consideração o valor da CBO esperado (ver Tabela 3, neste caso 400mL) numa garrafa de vidro escuro.
2. Colocar uma barra magnética no interior da mesma garrafa.
3. Colocar umas pastilhas de hidróxido de sódio na estrutura de borracha que se ajusta ao gargalo da garrafa.
4. Colocar a garrafa numa base apropriada (agitador Velp), a qual possui um mecanismo que permite que o magnete que se encontra no interior da garrafa gire.
5. Colocar a base e as garrafas no interior da incubadora refrigerada (Velp Científica - FOC 225E) que se encontra regulada para uma temperatura de 20°C.
6. Enroscar o sensor de pressão (Velp) ao gargalo da garrafa, seleccionar a escala no sensor, em função da previsão de CBO (Tabela 3), e dar início à medição.
7. Aguardar 5 dias e fazer a leitura da CBO (mg O<sub>2</sub>/L) no visor do sensor.

Tabela 3 - Valores de CBO esperados consoante o volume.

Escala	Volume de amostra
0 – 1000mg/L	100mL
0 – 600mg/L	150mL
0 – 250mg/L	250mL
0 – 90mg/L	400mL

#### 4.2.4 Carência Química de Oxigénio (CQO)

A carência química em oxigénio (CQO) é a quantidade de oxigénio necessária para oxidar completamente, por via química, a matéria orgânica a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. O resultado deste teste laboratorial é expresso em mg O<sub>2</sub>/L.

##### **Procedimentos Analíticos:**

1. Seguir as instruções do fabricante para a preparação do kit (utilização de um kit da Dr. Lange) e colocá-lo no Termóstato/Digestor (DR LANGE, Thermostat LT) durante 2 horas.
2. Deixar arrefecer e fazer a respetiva leitura no fotómetro (DR LANGE, LASA 50), o qual fornece diretamente a concentração em mg O<sub>2</sub>/L.

#### **4.2.5 Sólidos totais**

Os sólidos totais observam-se geralmente em quantidade significativa em linhas de água que drenam de solos agrícolas e descarga de águas residuais domésticas ou industriais, podendo estes conter compostos orgânicos que em concentrações elevadas são prejudiciais à vida aquática. Sólidos totais é o termo aplicado ao material residual retido no cadinho após evaporação da amostra quando submetido a uma temperatura de 105°C.

#### **Procedimentos Analíticos:**

1. Colocar um cadinho na estufa (WTB Binder) a 105°C durante 6 horas.
2. Retirar o cadinho da estufa e coloca-lo no exsiccador até que atinja a temperatura ambiente.
3. Pesá-lo na balança e anotar o peso do cadinho.
4. Medir o volume de amostra (50mL) e colocar na estufa a 105°C.
5. Após evaporação completa da amostra colocar o cadinho novamente no exsiccador para arrefecer.
6. Pesá-lo o cadinho e anotar o valor.

#### **4.2.6 Sólidos Suspensos**

Quando se fala em sólidos suspensos refere-se a matéria suspensa na água, estes podem afetar a qualidade da água de várias formas. Os sólidos suspensos condicionam negativamente a profundidade da coluna de água atingida pela luz, e podem causar problemas respiratórios em peixes e outros seres vivos (Gonçalves, 2011).

Assim, sólidos suspensos é a porção total de sólidos obtidos após a filtração e posterior evaporação e secura da amostra.

### **Procedimentos Analíticos:**

1. Lavar o filtro de fibra de vidro (Pall corporation, Type A/E Glass Fiber Filter), circular e de diâmetro apropriado para o equipamento de filtração (90 mm, neste caso), e que têm uma massa, por unidade de área, entre  $50\text{g/m}^2$  e  $100\text{g/m}^2$ . A perda de massa destes filtros é inevitável, contudo, deve ser menor ou igual a 0,3mg.
2. Colocar na estufa a  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ .
3. Retirar os filtros da estufa e colocá-los no exsiccador até que atinja a temperatura ambiente.
4. Pesar na balança e anotar o peso do filtro.
5. Medir o volume de amostra (250mL) e filtrar à temperatura ambiente, usando os filtros que foram anteriormente lavados.
6. Colocar na estufa a  $105^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ .
7. Retirar os filtros da estufa e colocá-los no exsiccador até que atinjam a temperatura ambiente.
8. Pesar na balança e anotar o peso dos filtros.

### **4.2.7 pH**

O pH representa o potencial do ião Hidrogénio ( $\text{H}^+$ ) presente na água, indicando o balanço entre ácidos e bases presentes na solução. Pela escala de Sorensen, o pH varia de 0 a 14, sendo 7 o valor neutro. Abaixo de 7, a água é considerada ácida, e acima de 7 é considerada básica (Gonçalves, 2011).

A gama de concentração a que é capaz de sobreviver a maior parte da biodiversidade aquática é tipicamente de 6 a 9 (Gonçalves, 2011).

A alteração do valor do pH relativamente ao valor normalmente observado para a linha de água pode indiciar um fenómeno de poluição, nomeadamente a descarga de efluentes domésticos ou industriais, com características ácidas ou básicas (Gonçalves, 2011).

As águas superficiais apresentam geralmente um pH entre 6 e 8,5. Dificilmente o pH será neutro, em consequência da enorme quantidade de iões dissolvidos na água. O pH influi no grau de solubilidade de certas substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, como também define o potencial de toxicidade de alguns elementos (Gonçalves, 2011).

### **Procedimentos Analíticos:**

A determinação do pH foi feita através de técnicas eletroquímicas com a utilização de um potenciómetro e um eléctrodo sensível ao ião  $H^+$ .

1. Ligar o medidor de pH (Radiometer, modelo 900).
2. Introduzir o eléctrodo na 1ª solução tampão (pH=7).
3. Remover o eléctrodo da 1ª solução tampão e limpá-lo com papel absorvente.
4. Introduzir o eléctrodo na 2ª solução tampão (pH=4).
5. Remover o eléctrodo da 2ª solução tampão e limpá-lo com papel absorvente.
6. Agitar levemente a amostra, invertendo o frasco.
7. Introduzir o eléctrodo na amostra, estabelecido o equilíbrio, fazer a leitura do pH.
8. Repetir o processo para as 7 amostras, entre cada amostra limpar o eléctrodo com papel absorvente, e registar o respetivo valor de pH.

## 5. Resultados Obtidos

Neste capítulo são apresentados todos os resultados obtidos para a avaliação da qualidade da água do rio Noéme. Os resultados são apresentados em gráficos no caso das temperaturas, precipitação e variação espacial e temporal da qualidade da água e na forma de tabela para a classe trófica. É ainda apresentado neste capítulo toda a interpretação dos resultados e os requisitos legais tendo em consideração o uso da massa de água.

### 5.1 Temperatura e Precipitação

#### 5.1.1 Temperatura

Segundo os dados constantes nos boletins climatológicos mensais do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, em 2013, no concelho da Guarda, os meses mais quentes foram julho e setembro, com temperaturas médias de 22°C e 24°C, respetivamente. Os meses mais frios foram janeiro e fevereiro, com temperaturas médias de 5°C e 4°C, respetivamente (IPMA, 2013).

No mês de abril, mês de início das recolhas, as temperaturas mínimas rondam os 4°C e as temperaturas máximas os 13°C, ocorrendo lentamente a subida da temperatura nos meses seguintes. Nesta altura do ano, os solos encontram-se normalmente encharcados e é nesta altura que algumas plantas, de folha caduca, apresentam grande desenvolvimento.

Nos meses de verão a temperatura é mais elevada e a quantidade de água disponível na linha de água é menor existindo assim consequências diretas na qualidade da água, nomeadamente nas características químicas, pois a capacidade de diluição e de autodepuração é menor.



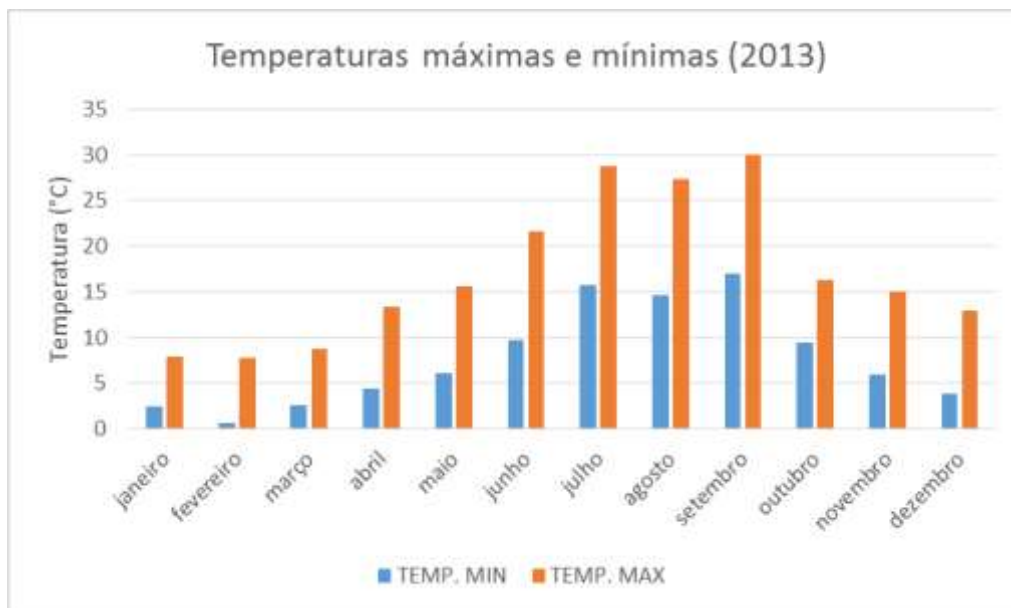


Gráfico 2 - Temperaturas máximas e mínimas durante o ano de 2013, no concelho da Guarda (Fonte: IPMA, 2013).  
 NOTA: Para os meses de setembro, novembro e dezembro por falta de dados disponíveis no IPMA foram tidos em consideração valores do accuweather.

### 5.1.2 Precipitação

Quanto à precipitação, esta tem um papel determinante na definição da quantidade de água disponível no escoamento superficial, bem como nas suas características químicas, nomeadamente na concentração de nutrientes, podendo estes atingir nos meses de verão valores consideravelmente mais elevados.

Em 2013, a precipitação total anual rondou os 980 mm sendo que nos meses de maio, junho, setembro e outubro, a precipitação ocorreu especialmente devido a fenómenos de trovoadas. O nevoeiro foi frequente no inverno, havendo semanas completas em que a bacia do Côa foi inteiramente envolvida por um denso e frio nevoeiro.

Como podemos observar pelo Gráfico 3, durante o período de recolha, o mês com maior precipitação foi outubro, pelo contrário os meses com menor precipitação foram junho, julho e agosto (precipitação mensal de 0 mm), tendo este parâmetro consequências diretas na qualidade da massa de água do rio. A distribuição temporal da precipitação é, em Portugal Continental, assimétrica, com a maior quantidade de precipitação a concentrar-se entre outubro e março e um período de estiagem, mais ou menos longo,

entre abril e setembro. Este facto condiciona de forma bastante clara a quantidade e a qualidade das linhas de água, principalmente quando estas são pouco caudalosas.

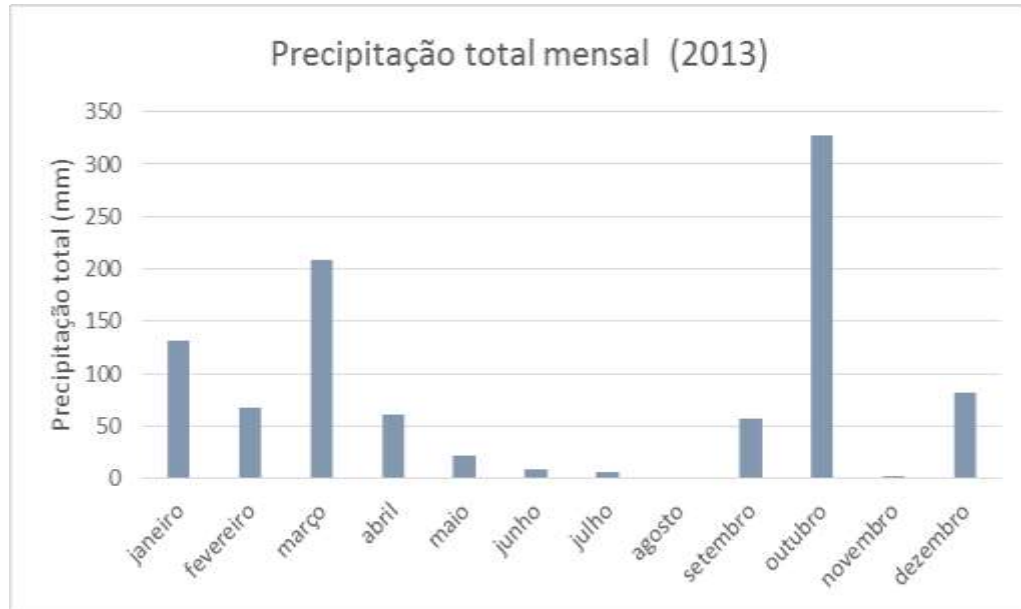


Gráfico 3 - Precipitação total mensal para o ano de 2013, no concelho da Guarda (Fonte: IPMA, 2013). NOTA: Para os meses de setembro, novembro e dezembro por falta de dados disponíveis no IPMA foram tidos em consideração valores do accuweather (<http://www.accuweather.com>)

## 5.2 Variação espacial e temporal da qualidade da água

Na avaliação da qualidade da água superficial do rio Noéme foram analisados os seguintes parâmetros: nutrientes (azoto e fósforo), matéria orgânica (CQO e CBO<sub>5</sub>), sólidos suspensos, sólidos totais e pH. A partir dos resultados obtidos foi feita a análise espacial e temporal de forma a permitir a comparação da qualidade da água em diferentes estações do ano e diferentes troços do rio.

### 5.2.1 Nutrientes (N e P)

Pela análise do Gráfico 4 e Gráfico 5 podemos verificar que, de uma forma geral, a concentração de azoto aumenta à medida que nos aproximamos do verão, atingindo um pico no mês de agosto, especialmente para as amostras recolhidas no troço final do rio. Estes dados demonstram por um lado que o troço do rio é mais afetado a partir da zona da Gata e que a diminuição do caudal motivado pela falta de precipitação tem uma influência muito significativa na concentração de azoto. É também possível observar que o troço inicial do rio (“Vale de Estrela”, “Cruz. Barracão”, “Cruz. Alfarazes”) apresenta, no geral, concentrações mais baixas de azoto e que após o pico, atingido na Gata, o rio consegue melhorar a sua qualidade no que diz respeito a este parâmetro devido ao efeito de autodepuração.

O azoto presente na linha de água pode ter origem na aplicação de fertilizantes nos terrenos agrícolas que se encontram nas zonas limítrofes e nas descargas de águas residuais domésticas e industriais, causa que poderá estar associada ao ponto de recolha “Gata”, uma vez que sempre que era feita uma visita a este local se observava que no leito do rio existia uma descarga da qual resultava uma grande quantidade de espuma acinzentada e gordura, concedendo à água alguma turvação e mau cheiro.

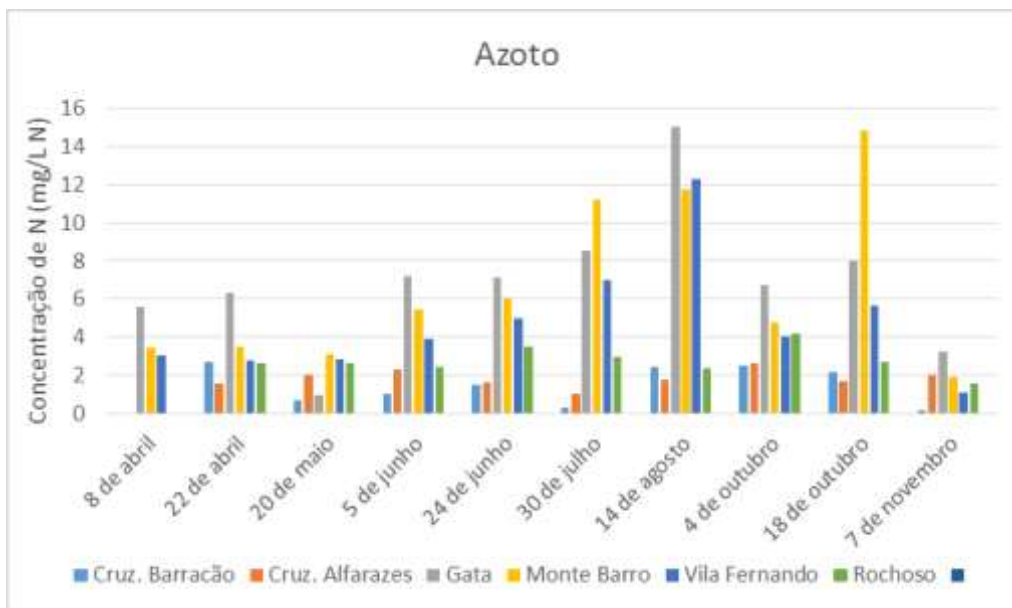


Gráfico 4 - Concentração de azoto em (mg/L N) registada em cada ponto de recolha ao longo do período de monitorização (ano de 2013)

Como se pode observar pelo Gráfico 5 a tendência da concentração de azoto, no local em estudo, é para aumentar de ponto de recolha para ponto de recolha e à medida que nos afastamos da nascente do rio até ao ponto “Gata”, local onde a média da concentração de azoto atinge o valor mais elevado; começando a diminuir a partir deste mesmo ponto progressivamente até ao “Rochoso”. O ponto de recolha “Vila Fernando” é dos pontos analisados o que tem nas suas margens maior quantidade de vegetação aquática, a qual pode ser consequência da concentração de azoto que se regista no troço final do rio assim como das características das próprias margens.

Sendo o azoto posteriormente oxidado a nitrato (nitrificação), durante o transporte pelo curso de água, é natural que a concentração obtida em cada um dos pontos de amostragem siga um comportamento semelhante ao observado para o elemento azoto, como se pode constatar pelo Gráfico 6.

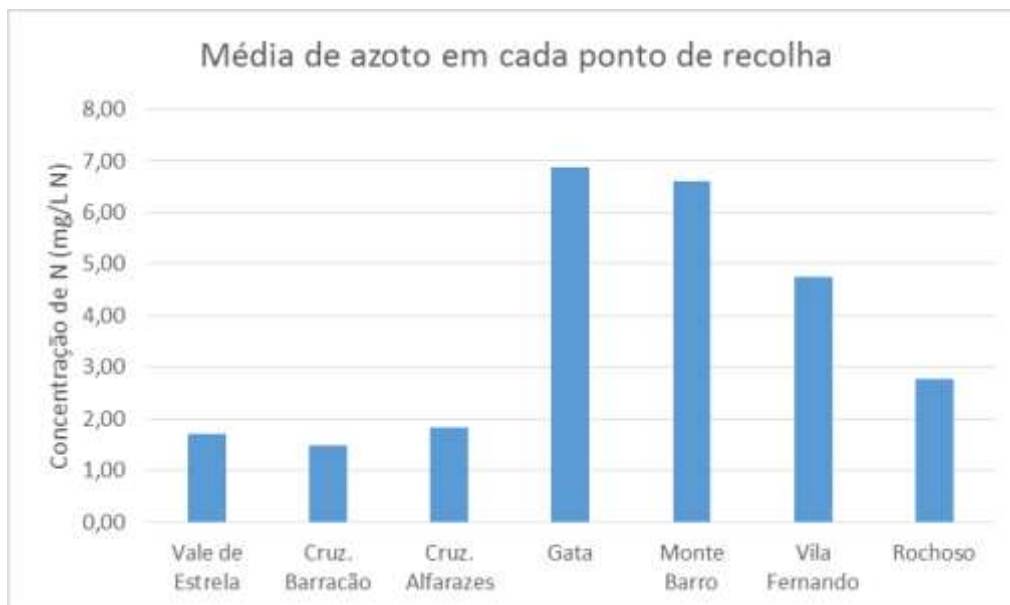


Gráfico 5 - Concentração média de azoto (mg/L N) registada em cada ponto de recolha

Tendo em consideração que um dos principais usos do rio Noéme é a rega de terrenos agrícolas adjacentes à linha de água e na ausência de um valor de referência para qualidade de águas superficiais, recorreu-se ao valor paramétrico nitrato para águas destinadas à rega (Decreto-Lei 236/98), como referência da ordem de grandeza das concentrações médias no rio. Assim, em termos médios, nenhum dos pontos de recolha ultrapassou o limite máximo estipulado pelo decreto-lei, e que é de 50mg NO<sub>3</sub>/L apesar de algumas recolhas, nomeadamente nos meses de julho e de agosto, nos pontos de recolha de “Monte Barro” e “Gata” terem excedido esse limite.

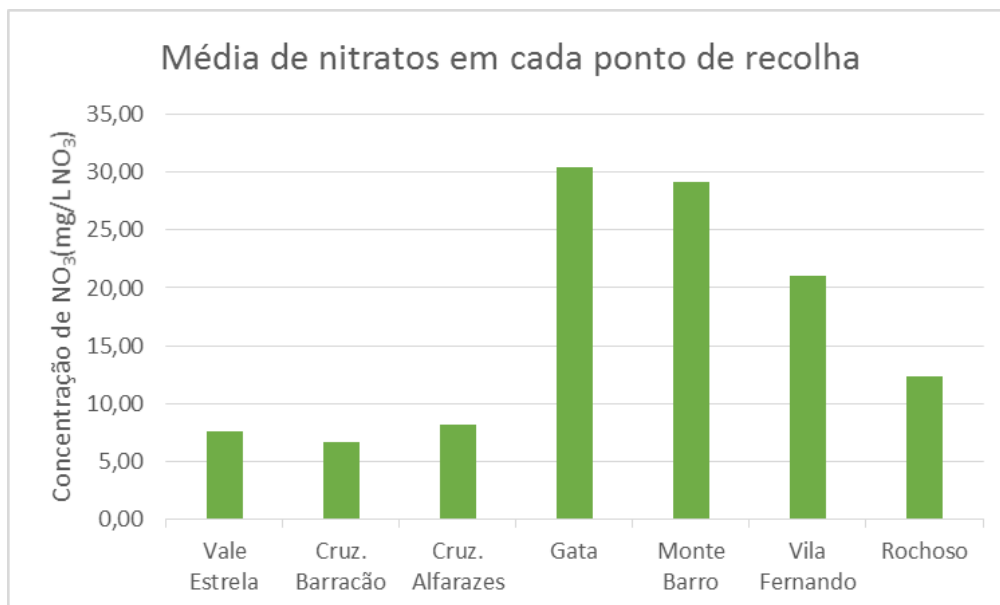


Gráfico 6 - Média da concentração de nitratos (mg/L NO<sub>3</sub>) em cada ponto de recolha

Analisando os dados da concentração de fósforo (Gráfico 7) sobressaem os resultados obtidos para o ponto de recolha “Gata”, principalmente no dia 14 de agosto e no dia 18 de outubro. De todas os pontos de amostragem, foi aqui que se observaram as concentrações mais elevadas, com uma tendência clara para um agravamento da qualidade da água no período seco nomeadamente em julho e agosto, chegando a atingir uma concentração de aproximadamente 14mg/L P no mês de agosto. Tendo em conta que a presença de fósforo nas águas pode estar associada ao uso de detergentes contendo fosfatos, os resultados deste local parecem indiciar a ocorrência de descargas de águas residuais domésticas ou industriais.

Quanto aos restantes locais, os pontos de recolha “Monte Barro” e “Vila Fernando” também se encontram com valores de fósforo bastante elevados em relação a outros pontos como “Vale de Estrela”, “Cruz. Barracão” e “Cruz. Alfarazes”. O local onde se verificou uma menor concentração de fósforo foi no ponto “Cruz. Barracão”, sendo o valor mais baixo de 0,046 mg/L P, no dia 18 de outubro.

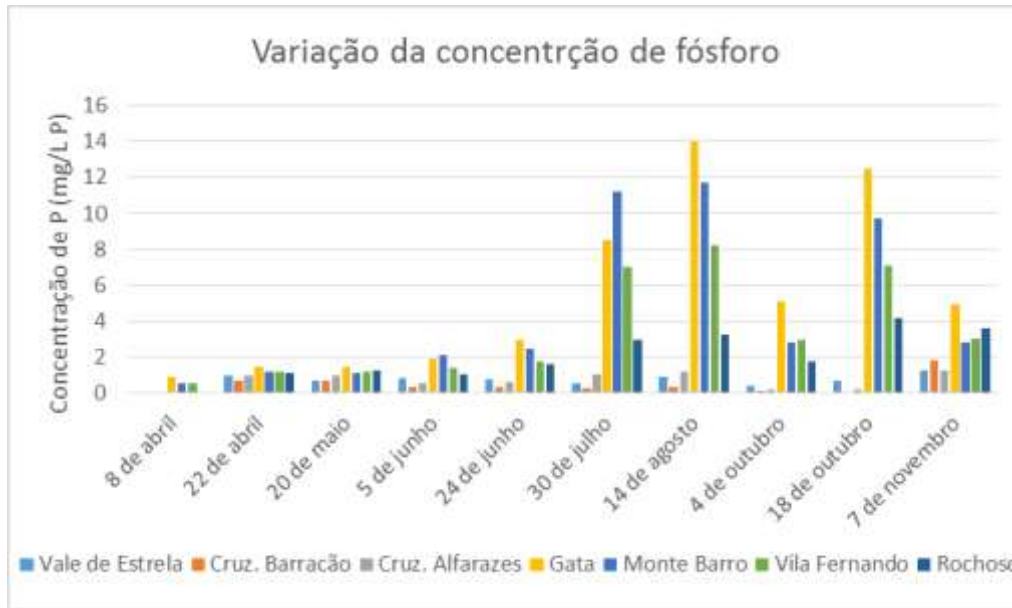


Gráfico 7 - Variação da concentração de fósforo (mg/L P) registada em cada ponto de recolha ao longo do período de monitorização (ano de 2013)

Como se pode observar pelo Gráfico 8, o qual apresenta as concentrações médias registadas ao longo do período de monitorização, a concentração de fósforo mantém-se relativamente constante nos pontos de recolha “Vale de Estrela”, “Cruz. Barracão” e “Cruz. Alfarazes”, tal como anteriormente observado para o azoto e para os nitratos. A partir do ponto de recolha “Gata” a concentração aumenta significativamente, diminuindo gradualmente a partir desse ponto.

Tendo em conta que valor máximo admissível (VMA), indicado no Decreto-Lei nº236/98, de 1 de agosto, apresenta como objetivo ambiental de qualidade mínima para as águas superficiais uma concentração de 1mg/L P, apenas os pontos de recolha situados a montante (“Vale de Estrela”, “Cruz. Barracão” e “Cruz. Alfarazes”) se encontram dentro desse valor objetivo.



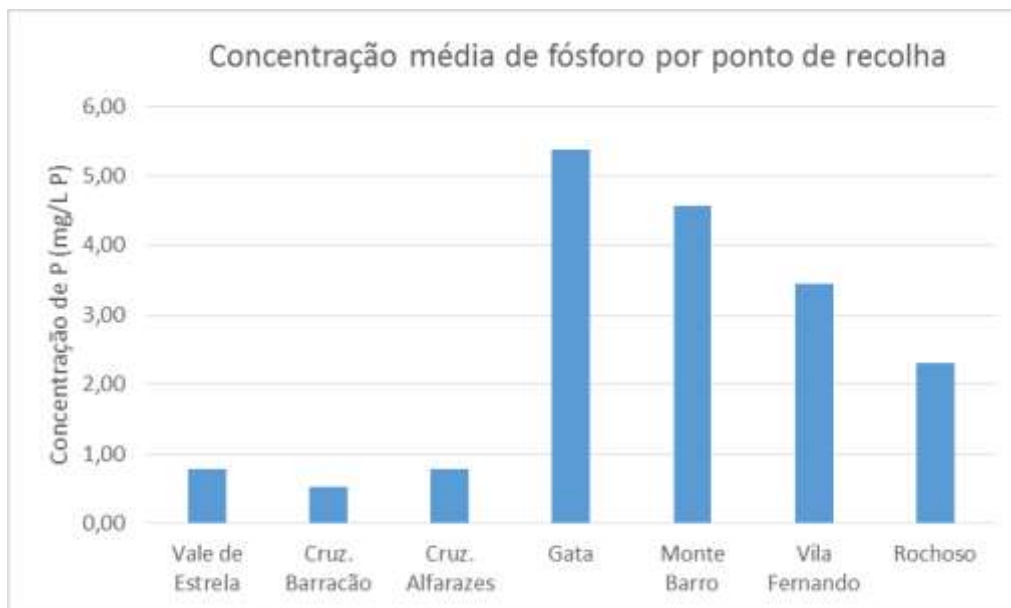


Gráfico 8 - Concentração média de fósforo (mg/L P) registada em cada ponto de recolha

Tendo em consideração as concentrações médias obtidas ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), em cada ponto de recolha, para os nutrientes (azoto e fósforo), podemos classificar cada ponto de recolha de acordo com a sua classe trófica. Como se pode observar pela Tabela 4 e tendo em consideração a classificação referida na Tabela 2, os pontos de recolha em estudo encontram-se todos na classe eutrófica. As águas eutróficas apresentam normalmente uma elevada concentração de nutrientes e as suas águas são turvas, por vezes opacas, de cor verde ou castanha. A esta classe trófica associam-se também, por norma, cargas orgânicas elevadas, facilmente detetadas através de CBO elevados. No verão as águas perdem o oxigénio e tornam-se ricas em nutrientes, que estavam sedimentados e nesta altura se dissolvem. Já durante o outono estes nutrientes são transportados para a superfície, funcionando como fertilizantes das águas (Carapeto, 1999).

Tabela 4 - Classe trófica em cada ponto de recolha.

Ponto de recolha	Valores médios de fósforo (mg/m <sup>3</sup> )	Valores médios de azoto (mg/m <sup>3</sup> )	Classe trófica
Vale de Estrela	780	1720	Eutrófico
Cruz. Barracão	520	1490	Eutrófico
Cruz. Alfarazes	780	1850	Eutrófico
Gata	5370	6870	Eutrófico
Monte Barro	4570	6600	Eutrófico
Vila Fernando	3440	4760	Eutrófico
Rochoso	2310	2780	Eutrófico

Existem vários fatores de origem humana que podem induzir o processo de eutrofização numa massa de água, tais como: descarga de efluentes domésticos, urbanos e industriais, o arrastamento de fertilizantes agrícolas pelo escoamento de superfície ou infiltrações nos lençóis freáticos subterrâneos (Gonçalves, 2011).

Quanto aos principais problemas causados pela eutrofização da massa de água podemos referir os aspetos inestéticos e indesejáveis, como por exemplo, os odores e a coloração da água, bem como a inadequação do uso da água para diversos fins, como sejam os usos recreativos. A perda de biodiversidade é outro aspeto ecológico muito relevante nos processos de eutrofização, o qual pode culminar no desaparecimento da massa de água e transformação em pântanos (Gonçalves, 2011).

### 5.2.2 Matéria Orgânica (CQO e CBO<sub>5</sub>)

Os parâmetros CQO e CBO, são um bom indicador da poluição de origem orgânica presente na água. Dos resultados observados (Gráfico 9) podemos constatar que de uma forma sistemática, dos resultados obtidos para a Carência Química de Oxigênio (CQO), o ponto de recolha que apresenta valores mais elevados é “Monte Barro”. Pelo contrário, o ponto de recolha com valores mais baixos de CQO é “Cruz. Barracão”. Note-se ainda que neste ponto, no dia 7 de novembro, a CQO atingiu o valor mais baixo registado ao longo do período de monitorização (1,4mg/L O<sub>2</sub>), em oposição encontra-se o ponto de recolha “Monte Barro”, que no dia 30 de julho atingiu o valor mais elevado de 359mg/L O<sub>2</sub>. Este último valor, substancialmente mais elevado, pode indicar que nessa altura houve uma descarga de efluentes na linha de água, entre os pontos “Gata” e “Monte Barro”, de origem orgânica. Também não é de excluir que este registo possa estar relacionado com a forte precipitação registada durante o mês de outubro, que terá arrastado ao longo da linha de água a matéria orgânica acumulada durante o verão.

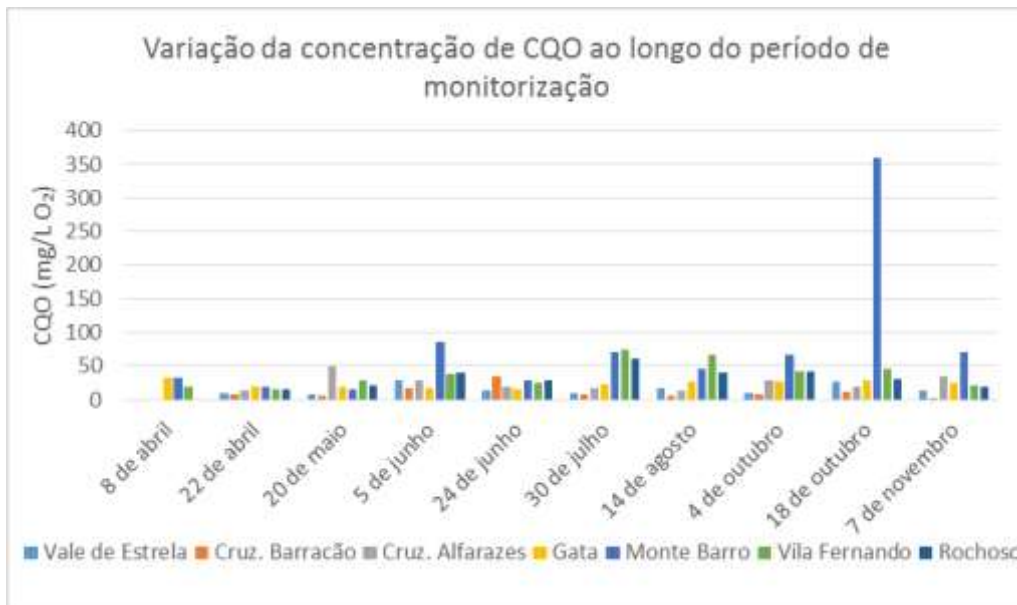


Gráfico 9 - Variação da concentração de CQO (mg/L O<sub>2</sub>) ao longo do período de monitorização (ano de 2013)

Em termos do registo das médias (Gráfico 10) podemos igualmente constatar que os valores se apresentam relativamente baixos nos pontos de recolha situados mais a

montante na linha de água, como sejam “Vale de Estrela” e “Cruz. Barracão”. No ponto “Cruz. Alfarazes” regista-se já um ligeiro aumento da CQO, o qual se pode dever à influência de algumas explorações agropecuárias de pequena dimensão que existem na zona e que poderão contribuir com os seus lixiviados para a linha de água. É também evidente a influência das descargas de águas residuais existentes entre o ponto de recolha da “Gata” e de “Monte Barro” para o aumento da carga orgânica na linha de água. Fica também evidente a capacidade de autodepuração da mesma, já que em termos médios os pontos a jusante (“Vila Fernando” e “Rochoso”) conseguem apresentar concentração de CQO (37,5 e 33,1 mg O<sub>2</sub>/L, respetivamente) inferiores a metade do valor registado em “Monte Barro” (79,5 mg O<sub>2</sub>/L).

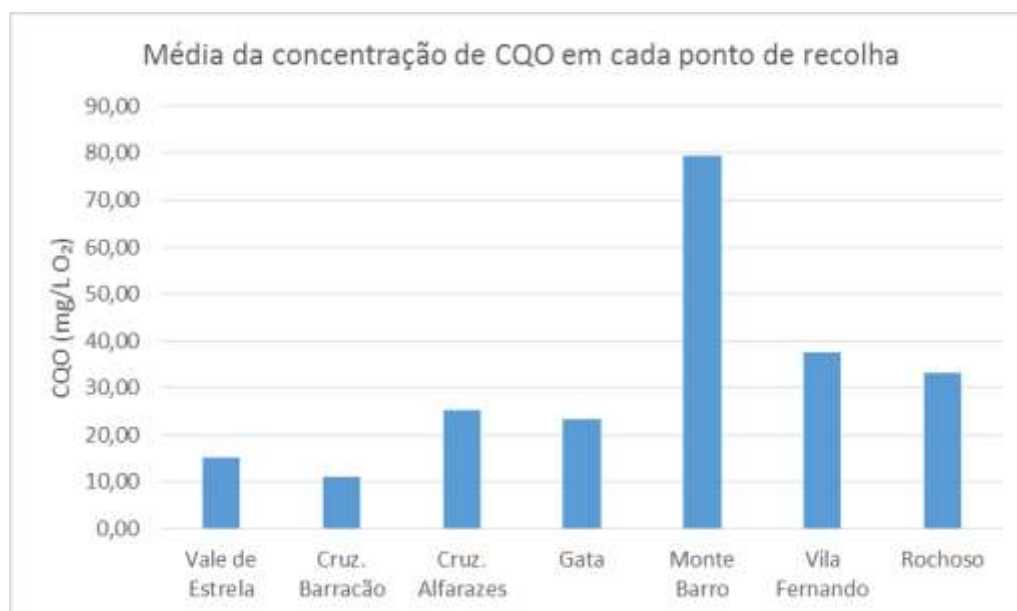


Gráfico 10 - Média da concentração de CQO (mg/L O<sub>2</sub>) registada em cada ponto de recolha

Comportamento semelhante regista-se para o parâmetro Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO), o qual, tal como a CQO, está associado à presença de matéria orgânica na água e à deteção de eventuais descargas de efluentes de origem orgânica. Mais uma vez, como se pode observar pelo Gráfico 11, as concentrações mais baixas de CBO verificam-se nos pontos de recolha situados a montante do rio (“Vale de Estrela” e “Cruz. Barracão”) e os mais elevados situam-se nos pontos a jusante, em especial no ponto de recolha “Monte Barro”. Tal como já referenciado para a CQO, a concentração de CBO<sub>5</sub>

mais elevada registada durante o período de monitorização e tendo em consideração todos os pontos de recolha foi obtida em “Monte Barro” (120mg O<sub>2</sub>/L) no dia 18 de outubro. As possíveis explicações para este comportamento foram já referidas no subcapítulo anterior. Ou seja, uma descarga de efluentes orgânicos na linha de água, entre os pontos “Gata” e “Monte Barro” ou a influência da precipitação registada durante o mês de outubro, que terá arrastado ao longo da linha de água a matéria orgânica acumulada durante os meses de verão.

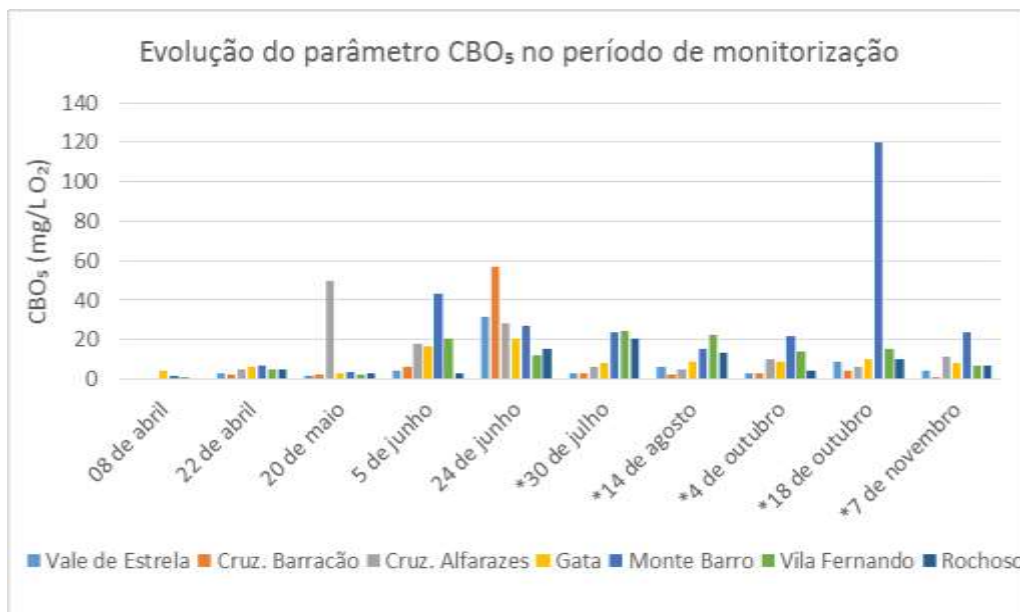


Gráfico 11 - Evolução da concentração do parâmetro CBO<sub>5</sub> (mg/L O<sub>2</sub>) no período de monitorização (ano de 2013).  
 \*Nas datas assinaladas não foi seguido o método descrito anteriormente no subcapítulo 4.3.3, pois os valores obtidos não eram coerentes sendo por isso admitido que o CBO<sub>5</sub> seria 1/3 do valor de CQO.

Em termos do registo das médias das concentrações de CBO (Gráfico 12) podemos verificar que os pontos de recolha situados a montante na linha de água, como sejam “Vale de Estrela” e “Cruz. Barracão” apresentam valores mais baixos. No ponto “Cruz. Alfárizes” regista-se um aumento da CBO, o qual se pode dever à influência de algumas explorações agropecuárias de pequena dimensão, tal como anteriormente referido. É também evidente a influência das descargas de águas residuais existentes entre o ponto de recolha da “Gata” e de “Monte Barro” para o aumento da carga orgânica na linha de água. Fica mais uma vez em evidência a capacidade de autodepuração da linha de água, uma vez que os pontos a jusante (“Vila Fernando” e “Rochoso”) conseguem

apresentar concentração de CBO (12,3 e 9 mg O<sub>2</sub>/L, respetivamente) inferiores a metade do valor registado em “Monte Barro” (28,6 mg O<sub>2</sub>/L).

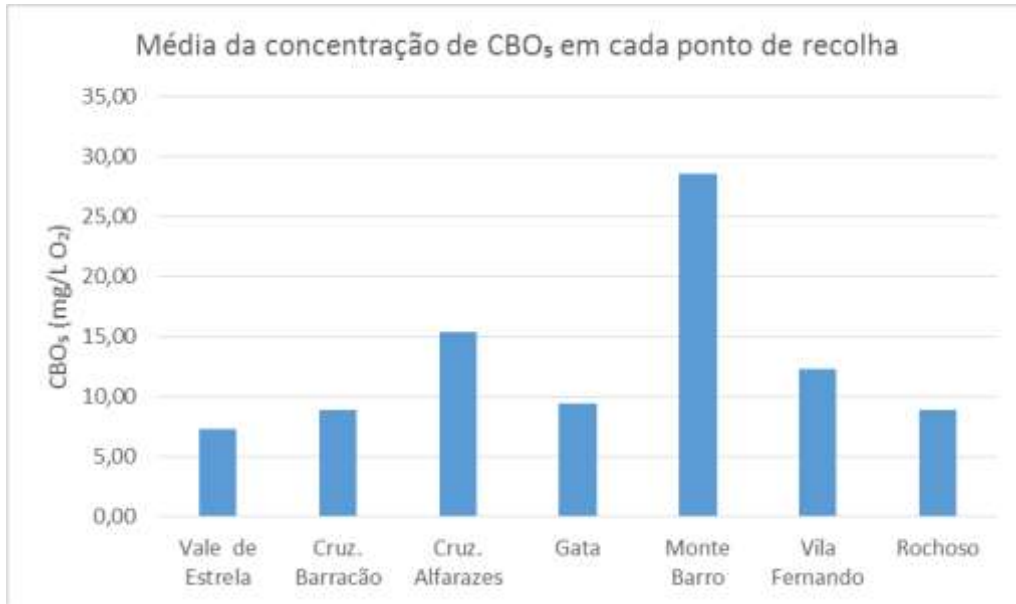


Gráfico 12 - Média da concentração de CBO<sub>5</sub> (mg/L O<sub>2</sub>) registada em cada ponto de recolha

É de referir que em termos ambientais, a qualidade mínima estipulada por lei (Decreto-Lei nº236/98, de 1 de agosto) para águas de superfície é de 5mg O<sub>2</sub>/L. Perante este valor podemos verificar que em todos os pontos de recolha se registaram concentrações superiores ao limite máximo legal o que evidencia a deficiente qualidade da água, principalmente no troço mais a jusante. Sob o ponto de vista da CQO não está descrito um valor máximo para a qualidade das águas destinadas à rega, nem para a qualidade das águas de superfície. No entanto, se recorrermos ao valor máximo recomendado para a qualidade de águas destinadas à produção de água para consumo humano (30mg O<sub>2</sub>/L) verificamos que apenas o troço do rio até à “Gata” possui qualidade mínima para ser utilizada com esse fim.



### 5.2.3 Sólidos Totais e Sólidos Suspensos

Embora os sólidos presentes na água possam ter origem natural, nomeadamente através de fenómenos de erosão, estes podem também ser indicadores da presença de poluição, como por exemplo de efluentes domésticos ou industriais, ou da atividade agropecuária. No que diz respeito aos Sólidos Suspensos (SS) verificou-se uma concentração bastante próxima nos pontos “Vale de Estrela”, “Cruz. Barracão” e “Cruz. Alfarazes” que são os locais onde existe menor concentração de SS. Tal como para os parâmetros anteriormente analisados, também para os SS, Gráfico 13 e Gráfico 14, se verifica um aumento mais significativo a partir do ponto de recolha da “Gata”. Destes resultados, destaca-se ainda o dia 18 de outubro, no ponto de recolha “Monte Barro”, com uma concentração de SS de 50 mg/L, o que pode indiciar uma descarga de efluentes na linha de água, entre os pontos “Gata” e “Monte Barro”, possivelmente de origem orgânica, já que para o mesmo dia se registou um valor anormalmente elevado, face ao nosso histórico de resultados, para o parâmetro CQO (Gráfico 9). Contudo, não é de excluir que este registo possa estar relacionado com a forte precipitação registada durante o mês de outubro, que terá arrastado ao longo da linha de água a matéria orgânica acumulada durante o período estival. Esta situação pode ocorrer uma vez que a precipitação faz aumentar a velocidade de escoamento da água superficial e por consequência, os sólidos que se encontram sedimentados ficam em suspensão.

É ainda de assinalar que os valores registados para o ponto de recolha “Vila Fernando”, para o mesmo dia, revelam uma grande diferença na concentração de SS o que pode estar relacionado com a dimensão das margens da linha de água, o que possibilita a sedimentação de alguma matéria em suspensão, e com a existência de vegetação abundante que pode reter parte dos sólidos, impedindo a sua progressão para jusante.

O ciclo vegetativo das plantas, pode também contribuir não apenas para o aumento da carga orgânica mas também para o aumento dos sólidos presentes na água. Este fenómeno pode ser mais evidente no período de outono/inverno quando grande parte das plantas entra em decomposição.

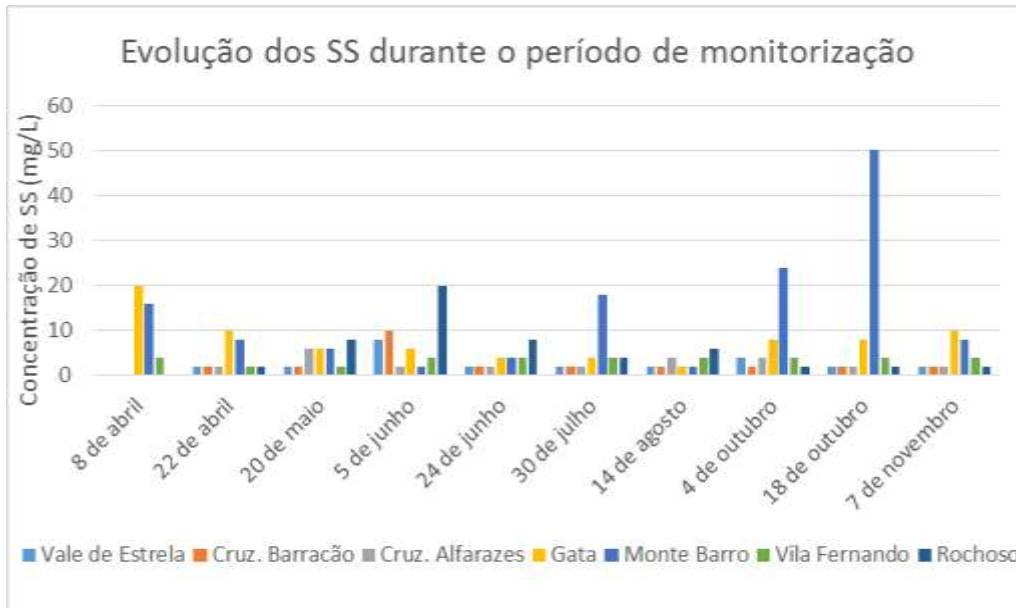


Gráfico 13 - Evolução da concentração de SS (mg/L) durante o período de monitorização (ano de 2013)

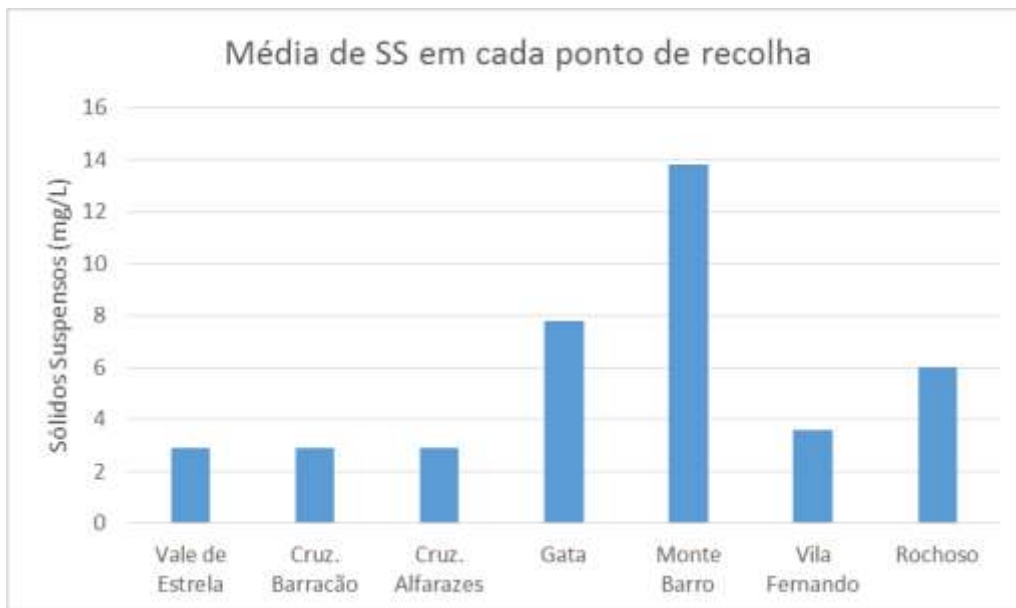


Gráfico 14 - Média da concentração de SS (mg/L) em cada ponto de recolha

Quanto aos Sólidos Totais (ST), Gráfico 15, é de salientar a não realização da análise de ST no dia 5 de junho devido a problemas logísticos no laboratório. Tal como verificado para os SS assim como para os nutrientes e para a carga orgânica presente no rio, também para os ST se verifica uma tendência de aumento da concentração dos ST à medida que nos vamos afastando da zona da nascente do rio. Em termos temporais

verificamos um aumento generalizado dos ST a partir de 24 de junho, especialmente para os pontos a jusante de “Cruz. Alfarazes”. Este aumento da concentração de sólidos está relacionado com a diminuição do caudal, resultante da diminuição da pluviosidade, embora as descargas de águas residuais se mantenham. Em termos da concentração média de ST (Gráficos 16) podemos observar que os resultados obtidos seguem a mesma tendência dos restantes parâmetros analisados até ao momento. A explicação para este comportamento não difere da apresentada em subcapítulos anteriores.

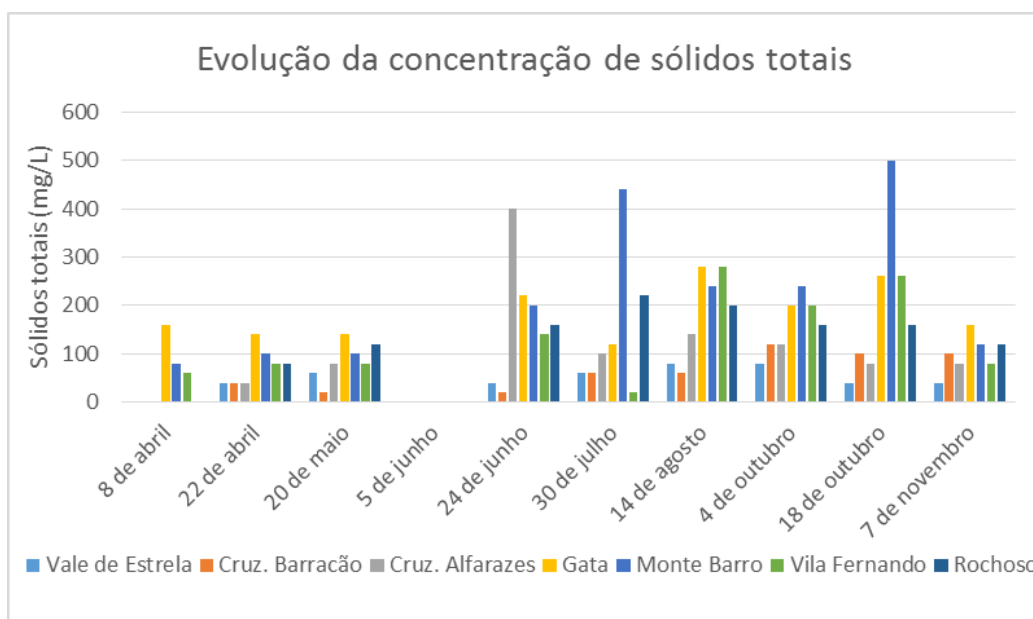


Gráfico 15 - Evolução da concentração de ST (mg/L) registada em cada ponto de recolha ao longo do período de monitorização (ano de 2013)

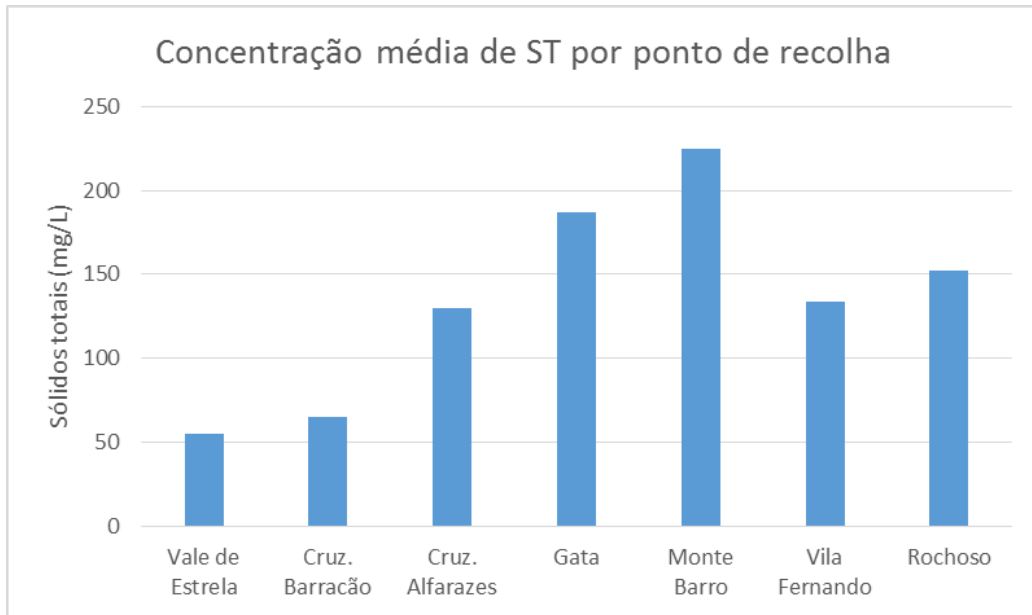


Gráfico 16 - Concentração média de ST (mg/L) registada em cada ponto de recolha

#### 5.2.4 pH

Relativamente ao pH, os valores obtidos mostram uma grande consistência de resultados para as amostras recolhidas ao longo do troço de rio, sendo o valor mais baixo de 4,8 e o valor mais elevado de 7,3. Em termos médios o pH mais baixo (5,7) foi registado no ponto de recolha “Vale de Estrela”, junto à nascente, e o valor médio mais elevado (6,9) foi registado no ponto de recolha “Rochoso”.

Quanto aos valores mínimos, os resultados obtidos para os pontos de recolha “Vale de Estrela”, “Cruz. Barracão” e “Cruz. Alfarazes” situam-se abaixo de 6,5, facto que pode estar relacionado com a predominância de solos graníticos na região. Por outro lado, fica patente que à medida que a linha de água sofre um aumento de poluição, o pH, em termos médios, vai aumentando, atingindo um máximo, que se mantém mais ou menos constante, a partir do ponto de recolha “Monte Barro”. Este aumento pode ser explicado pela descarga de águas residuais domésticas e industriais contendo quantidades significativas de detergentes, que se apresentam normalmente na forma de ortofosfatos, sendo o mais predominante  $\text{HPO}_4^{2-}$ , e contribuindo assim para o aumento do pH. Sendo estes detergentes inorgânicos, poderá ocorrer o efeito de acumulação, e à medida que avançamos no troço do rio, e que as descargas de efluentes vão sendo mais predominantes o valor de pH aumenta. (Mota *et al.*, 2009).

Nos meses de abril e maio, meses de primavera, e nos quais existe uma atividade fotossintética mais elevada, verifica-se que os valores de pH se encontram no geral mais elevados, quase todos acima de 6, assim uma vez que ao reduzir o dióxido de carbono dissolvido, a fotossíntese reduz indiretamente o nível de ácido carbónico, o que tem como consequência uma ligeira subida do pH da água (Bola, 2009).

Sob o ponto de vista da utilização da água para rega, o Decreto-Lei nº236/98 de 1 de agosto, estabelece que o pH se deve situar entre 6,5 e 8,4. Neste caso, a linha de água apresenta em toda a extensão analisada qualidade para ser utilizada na agricultura.

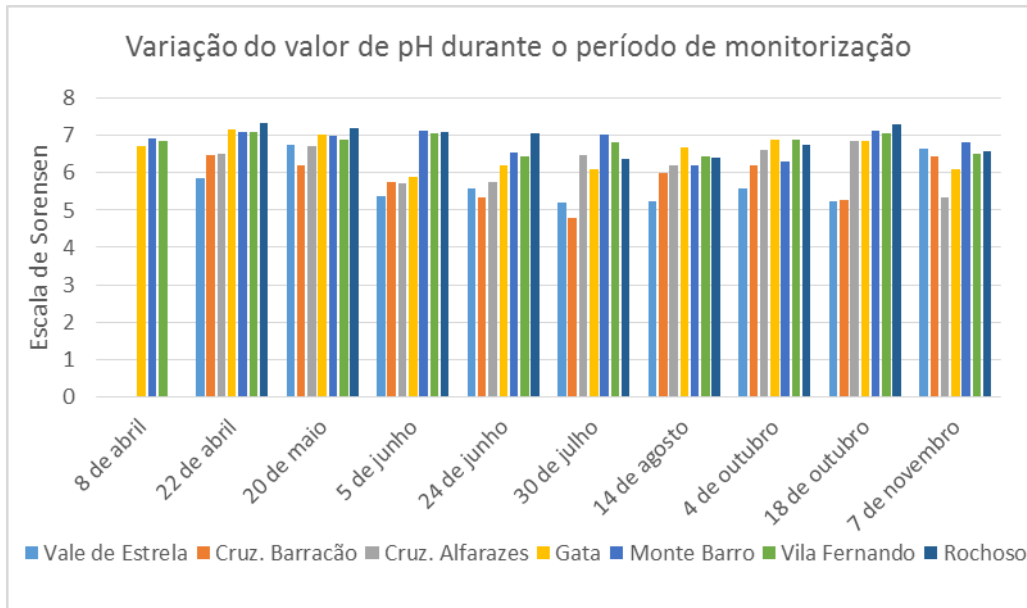


Gráfico 17 - Variação do valor de pH durante o período de monitorização (ano de 2013)

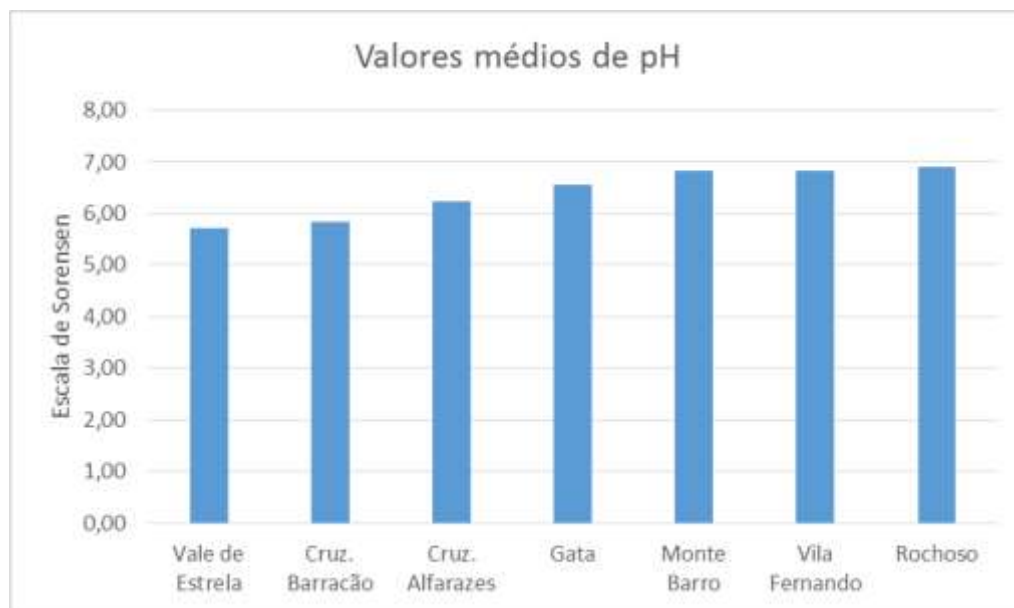


Gráfico 18 - Valores médios de pH registados em cada ponto de recolha

### 5.3 Enquadramento legal

Neste subcapítulo é feito um resumo dos valores obtidos comparando-os com os constantes no Decreto-Lei nº236/98 de 1 de agosto, para águas superficiais destinadas à rega, para águas de consumo humano e ainda segundo o objetivo ambiental de qualidade mínima para águas superficiais.

Consideremos três casos possíveis para avaliar a qualidade da água do rio Noéme:

1º Caso: Construção de uma praia fluvial no rio Noéme – Para a construção desta infraestrutura seria necessário que a água cumprisse os requisitos descritos no Decreto-Lei nº236/98 de 1 de agosto, para águas balneares. Assim o pH teria que estar compreendido entre 6 e 9 na escala de Sorensen o que não acontece em alguns pontos. A construção teria que ser feita a montante entre Vale de Estrela e Alfarazes pois é o troço do rio onde a concentração de fósforo cumpre a legislação.

2º Caso: Captação de água destinada à rega – Ao longo do percurso do rio verifica-se que são vários os casos em que os agricultores retiram águas diretamente do rio para rega das suas culturas. Assim para efeitos legais e segundo constante no Decreto-Lei nº236/98 de 1 de agosto a concentração de nitratos não deve ultrapassar os 50 mg/L NO<sub>3</sub>, o que se verifica. Quanto ao pH deveria estar compreendido entre 6,5 e 8,4, existindo valores abaixo de 6,5 não seria possível fazer captações de água para rega no troço a montante, entre os três primeiros pontos de recolha.

3º Caso: Captação de água para consumo humano – Segundo o Decreto-Lei que tem vindo a ser referido, para que a água do rio pudesse ser consumida esta teria que atravessar diversas fases de tratamento, que podem ser do tipo: físico e desinfeção (classe A1), físico e químico e desinfeção (classe A2) ou ainda físico, químico de afinação e desinfeção (classe A3). A legislação estipula para o parâmetro qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, segundo a classe A1, que o valor máximo recomendado de pH se encontre entre 6,5 e 8,5, o de ST até 25 mg/L, nitratos até 25 mg/L NO<sub>3</sub> e CBO até 3 mg O<sub>2</sub>/L. Assim sendo, tendo em consideração estes valores da legislação para o pH existem três pontos que seria necessário fazer uma



correção de pH, nos ST todos os valores cumprem, nos nitratos existem dois pontos que não cumprem, na CBO nenhum dos valores cumpre.

Tabela 5 - Enquadramento legal

Parâmetros analisados	Valores segundo o DL 236/98 1 de Agosto	Ponto de recolha	Valor médio obtido	Observação
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	50 mg/L NO <sub>3</sub> (Águas destinadas à rega)	Vale de Estrela	7,60	Cumpre
		Cruz. Barracão	6,60	Cumpre
		Cruz. Alfarazes	8,18	Cumpre
		Gata	30,43	Cumpre
		Monte Barro	29,21	Cumpre
		Vila Fernando	21,06	Cumpre
		Rochoso	12,30	Cumpre
Fósforo	1 mg/L P (objetivo ambiental de qualidade mínima)	Vale de Estrela	0,78	Cumpre
		Cruz. Barracão	0,52	Cumpre
		Cruz. Alfarazes	0,78	Cumpre
		Gata	5,37	Não cumpre
		Monte Barro	4,57	Não cumpre
		Vila Fernando	3,44	Não cumpre
		Rochoso	2,31	Não cumpre
CBO	5 mg/LO <sub>2</sub> (objetivo ambiental de qualidade mínima)	Vale de Estrela	7,10	Não cumpre
		Cruz. Barracão	8,88	Não cumpre
		Cruz. Alfarazes	15,43	Não cumpre
		Gata	9,43	Não cumpre
		Monte Barro	28,63	Não cumpre

Avaliação da Qualidade da Água do Rio Noéme

		Vila Fernando	12,33	Não cumpre
		Rochoso	8,95	Não cumpre
CQO	30 mg/L O <sub>2</sub> (águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, classe A3)	Vale de Estrela	15,06	Cumpre
		Cruz. Barracão	11,02	Cumpre
		Cruz. Alfarazes	25,32	Cumpre
		Gata	23,36	Cumpre
		Monte Barro	79,52	Não Cumpre
		Vila Fernando	37,45	Não Cumpre
		Rochoso	33,14	Não Cumpre
pH	6,5 – 8,4 Escala de Sorensen (Águas destinadas à rega)	Vale de Estrela	5,72	Não cumpre
		Cruz. Barracão	5,83	Não cumpre
		Cruz. Alfarazes	6,24	Não cumpre
		Gata	6,56	Cumpre
		Monte Barro	6,82	Cumpre
		Vila Fernando	6,82	Cumpre
		Rochoso	6,91	Cumpre
ST	25 mg/L (águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, classe A3)	Vale de Estrela	55	Não cumpre
		Cruz. Barracão	65	Não cumpre
		Cruz. Alfarazes	130	Não cumpre
		Gata	187	Não cumpre
		Monte Barro	224	Não cumpre
		Vila Fernando	133	Não cumpre
		Rochoso	153	Não cumpre

## 6. Conclusão

Com este trabalho fez-se uma avaliação geral do estado da qualidade da água do rio Noéme através da monitorização de um conjunto de parâmetros físico-químicos, como a carga orgânica (CQO e CBO), o azoto, o fósforo, ou os sólidos. Foi também possível verificar os pontos do rio que apresentam maior impacto devido à descarga de efluentes domésticos e/ou industriais. Foi ainda possível ter uma perceção da capacidade de autodepuração da linha de água.

Como se trata de uma linha de água com dimensão reduzida em termos de caudal e de extensão, existe muito pouca informação disponível não sendo possível a comparação dos dados obtidos neste trabalho com outras campanhas de monitorização, ou porque não existem ou porque não são do domínio público.

No que diz respeito a possíveis focos de contaminação de origem humana, identificaram-se algumas origens prováveis para a contaminação detetada. Assim, os principais focos de contaminação são as descargas de águas residuais domésticas e industriais que ocorrem entre as localidades de Gata e de Monte Barro. É ainda de assinalar que a montante destes pontos, o rio apresenta na zona de Alfarazes uma tendência para o aumento da poluição orgânica, a qual pode ser devida às pequenas explorações agropecuárias existentes na zona bem como a uma ETAR que serve uma parte da cidade da Guarda.

Os resultados das análises efetuadas entre o dia 8 de abril de 2013 e o dia 7 de outubro do mesmo ano, para o ponto de recolha “Monte Barro”, apontam para uma situação de incapacidade do curso de água suportar a carga poluente que está a receber. Esta incapacidade leva a que este troço do rio se encontre num estado trófico de degradação, ao qual não é também alheia a falta de limpeza do rio, nomeadamente de material lenhoso que se acumula no leito do rio. Os resultados analíticos nos restantes pontos de recolha a jusante (Vila Fernando e Rochoso) demonstram por um lado que o rio, apesar da sua pequena dimensão, apresenta uma boa capacidade de autodepuração e que os principais pontos de contaminação se encontram na zona entre a Gata e Monte Barro.

Neste trabalho e ao longo do período de recolha das amostras foi possível observar que devidamente intervencionado, recuperado e gerido, este rio poderia possuir um bom

potencial, servindo não apenas de habitat para diversas espécies, como também poderia potenciar a criação de zonas de lazer. Por exemplo, no Rochoso existe atualmente um pequeno parque junto do rio que pode ser usufruído pela população. Procedendo-se a ações de recuperação do rio Noéme este exemplo poderia multiplicar-se em outras zonas permitindo que as populações pudessem tirar partido da mais valia que é a proximidade de um rio, sendo também um fator de valorização para as localidades atravessadas por esta linha de água.

Para que num futuro próximo a despoluição do rio possa ser uma realidade, as entidades competentes deverão realizar um esforço no sentido de reduzir os focos de poluição, quer pelo aumento da eficiência das estações de tratamento que se encontram a drenar para o rio quer pelo reposicionamento de alguns pontos de descarga. Neste momento a construção da Estação Elevatória (EE) da Quinta da Granja está concluída, pelo que poderá ser possível no futuro próximo encaminhar efluentes industriais, pré tratados, para a ETAR de São Miguel. Se assim for vai ser possível uma melhoria significativa da qualidade da água do rio Noéme e o regresso de algumas espécies à linha de água.

## Bibliografia

Accuweather, pesquisa de dados meteorológicos, (consultado desde Abril até Novembro de 2013) <http://www.accuweather.com/pt/pt/guarda/273402/weather-forecast/273402>

Almeida, M. R. S., (2012), Validação de um Método Analítico: Determinação de fósforo total, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra (consultado em Janeiro de 2014) <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20639/1/Valida%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20M%C3%A9todo%20Anal%C3%ADtico.pdf>

Antão, A. M. M. C., (2004), Comportamento geotécnico do granito da Guarda relacionado com a sua alteração, Dissertação para obtenção do grau de Doutor, Universidade de Coimbra

Bola, Joaquim Patrício Lopes, (2009), Avaliação do estado trófico da Pateira de Fermentelos, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro (consultado em Novembro/Dezembro de 2013) <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/646/1/2010000237.pdf>

Carapeto, Cristina, (1999), Poluição das Águas, Universidade Aberta

Casado, Ana Maria de Almeida, (2008), Sistemas de Indicadores para a Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais. Um caso de estudo, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho (consultado em Novembro/Dezembro de 2013) <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/8483/2/disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>

Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto 1998, (consultado em Janeiro de 2014)

EPAL, Empresa Portuguesa de Água Livres, (2011) – Pequeno Guia Prático, Limpeza e Gestão de Linhas de Água, Galerias ripícolas, volume III (consultado em Novembro/Dezembro de 2013)

Garcia, Jorge; Vicente, Henrique; Arteiro, José, (2011), Estudo do comportamento ambiental do azoto em zonas de intensa atividade pecuária, Artigo (Jornadas do centro de química de Évora, Universidade de Évora)

[http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/3861/1/2011\\_Jornadas%20CQE\\_2011\\_JG\\_RD.pdf](http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/3861/1/2011_Jornadas%20CQE_2011_JG_RD.pdf)

Gonçalves, Inácio Manuel dos Santos, (2011), Avaliação da qualidade da água superficial do concelho de Mira, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro (consultado em Novembro/Dezembro de 2013) <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/8708/1/TESE.pdf>

Guia de requalificação e limpeza de linhas de água – Instituto da Água (consultado em Novembro de 2013) [http://www.alensado.pt/docs/limpeza\\_linhas\\_agua.pdf](http://www.alensado.pt/docs/limpeza_linhas_agua.pdf)

INE - População residente por freguesias (consultado em Novembro de 2013) [http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos\\_quadros](http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos_quadros)

IPMA, boletins climatológicos, 2013 (consultado desde Abril até Novembro de 2013) <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=---&idDep=cli&idTema=&curAno=2013>

ISO 6878:2004 – Water quality – Determination of phosphorus – Ammonium molybdate spectrometric method (consultado desde Abril até Dezembro de 2013)

Jorge, Marco André Gaspar, (2009), Geomorfometria da bacia hidrográfica do rio Côa, Relatório de Projeto, Universidade de Lisboa - [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3209/1/ulsd\\_re\\_Marco\\_Jorge\\_2008\\_2009.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3209/1/ulsd_re_Marco_Jorge_2008_2009.pdf)

MARQUES, Carlos Alberto, (1995), A Bacia Hidrográfica do Côa, ASSÍRIO E ALVIM (consultado em Novembro/ Dezembro de 2013)

MARSILY, Ghislain de (1994), L'Eau – Tradução de Jorge Pinheiro, Instituto Piaget

Mota, Francisco Suetônio Bastos; Sperling, Marcos Van (2009) – Nutrientes de esgotos sanitários: utilização e remoção [http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5\\_tema%202.pdf](http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5_tema%202.pdf)

Parron, Lucília Maria; Muniz, Daphne Heloísa de Freitas; Pereira, Cláudia Mara, (2011), Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química da água. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>

Pena, António, (2006), Guarda: um roteiro natural do concelho, Pró-Raia – Associação de Desenvolvimento Integrado da Raia Centro Norte: Câmara Municipal, 2006 (consultado em Dezembro de 2013)

PortugalWeb, Imagem do Distrito da Guarda  
<http://www.portugalweb.net/guarda/concelho/mapa.asp>

RODIER, Jean (1984) – L’analyse de l’eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7e édition, Dunod (consultado desde Abril até Dezembro de 2013)

Silva, Susana Aurora Pimenta (2007), Biorremediação em águas residuais: remoção de fosfatos utilizando microalgas chlorella vulgaris imobilizadas em meio de alginato de sódio, Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto  
[http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t\\_040370163.pdf](http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_040370163.pdf)

Simões, Manuela (2008) - Métodos cromatográficos, volumétricos e potenciométricos para análise química quantitativa de água subterrânea e sua aplicação no Aquífero Cenozoico da Bacia do Baixo Tejo, Portugal  
[http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-90822008000200001&script=sci\\_arttext](http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-90822008000200001&script=sci_arttext)

Teixeira, C, Martins, J. A, Medeiros, A. C, Pilar, L., Mesquita, L.P. e Ferro, M.N. (1963) – Folha 18 – C, Guarda. Carta Geológica de Portugal, escala 1/50 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa



## Outros documentos consultados

APA – (consultado em Outubro de 2013) <http://www.apambiente.pt/>

Apontamentos da disciplina Técnicas Laboratoriais em Ambiente (fornecido pelo Professor Pedro Rodrigues), (consultado em Novembro/Dezembro de 2013)

CLESCERI, Lenore S. (1998) – Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 20th Edition (consultado desde Abril até Dezembro de 2013)

CMG Cidade da Guarda – (consultado em Outubro de 2013) <http://www.mun-guarda.pt/index.asp?idedicao=51&idSeccao=576&Action=seccao>

Publicação na revista ‘Visão’ – ‘Poluição o rio Noéme (concelho da Guarda)’, (consultado em Outubro de 2013) <http://visao.sapo.pt/poluicao-no-rio-noeme-concelho-da-guarda=f583970>

Publicação no jornal ‘Jornal de Notícias’ – ‘Câmara abre concurso para despoluir o Rio Noéme’, (consultado em Outubro de 2013) [http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Guarda&Concelho=Guarda&Option=Interior&content\\_id=2082649](http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Guarda&Concelho=Guarda&Option=Interior&content_id=2082649)

Reportagem da SIC sobre a poluição no rio Noéme, data da reportagem: 13/10/2009 (consultado em Outubro de 2013) <http://www.youtube.com/watch?v=KxEbSw9Hah4>

RIBEIRO, Orlando; LAUTENSACH Hermann, (1999) - Geografia de Portugal, O Ritmo Climático e a Paisagem (volume II), 2ª Edição, Edições João Sá Da Costa, Lda (consultado em Novembro/Dezembro de 2013)

Site da Quercus Guarda

Site do IFAP (consultado em Outubro de 2013) [http://www.ifap.min-agricultura.pt/portal/page/portal/ifap\\_publico/GC\\_obrigacoes/GC\\_condic10\\_R/GC\\_condic10\\_D](http://www.ifap.min-agricultura.pt/portal/page/portal/ifap_publico/GC_obrigacoes/GC_condic10_R/GC_condic10_D)

# ANEXOS

## ANEXO I – Resultados das análises laboratoriais para cada ponto de recolha

## Vale de Estrela

\*O ensaio não se realizou por falta de amostra.

<b>Datas</b>	<b>CBO</b>	<b>CQO</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Azoto</b>	<b>SS</b>	<b>ST</b>	<b>pH</b>
<b>08-04-2013</b>	---	---	---	---	---	---	---
<b>22-04-2013</b>	0.816	9.41	0.956	0.669	2	40	5.861
<b>20-05-2013</b>	1.80	7.32	0.692	0.019	2	6	6.748
<b>05-06-2013</b>	4.0	28.3	0.830	2.780	8	*	5.370
<b>24-06-2013</b>	31.70	13.4	0.742	3.620	2	40	5.581
<b>30-07-2013</b>	3.210	9.63	0.571	0.571	2	60	5.198
<b>14-08-2013</b>	5.9	17.6	0.891	2.882	2	80	5.239
<b>04-10-2013</b>	3.0	9.16	0.391	2.717	4	80	5.595
<b>18-10-2013</b>	9.0	27.1	0.704	1.923	2	40	5.227
<b>07-11-2013</b>	4.5	13.6	1.286	0.273	2	40	6.647

## Barracão

<b>Datas</b>	<b>CBO</b>	<b>CQO</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Azoto</b>	<b>SS</b>	<b>ST</b>	<b>pH</b>
<b>08-04-2013</b>	---	---	---	---	---	---	---
<b>22-04-2013</b>	2.447	7.34	0.709	2.71	2	40	6.488
<b>20-05-2013</b>	2.10	5.37	0.657	0.699	2	20	6.189
<b>05-06-2013</b>	6.00	17.5	0.358	1.03	10	*	5.771
<b>24-06-2013</b>	57.00	33.6	0.303	1.46	2	20	5.343
<b>30-07-2013</b>	2.74	8.22	0.283	0.283	2	60	4.794
<b>14-08-2013</b>	2.14	6.43	0.354	2.449	2	60	6.013
<b>04-10-2013</b>	3	8.21	0.106	2.468	2	120	6.191
<b>18-10-2013</b>	4	11.1	0.046	2.190	2	100	5.275
<b>07-11-2013</b>	0.5	1.43	1.850	0.118	2	100	6.442

## Alfarazes

<b>Datas</b>	<b>CBO</b>	<b>CQO</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Azoto</b>	<b>SS</b>	<b>ST</b>	<b>pH</b>
<b>08-04-2013</b>	---	---	---	---	---	---	---
<b>22-04-2013</b>	4.7	14.1	0.975	1.53	2	40	6.522
<b>20-05-2013</b>	50.00	49.8	0.985	2.030	6	80	6.729
<b>05-06-2013</b>	18.00	29.4	0.569	2.29	2	*	5.718
<b>24-06-2013</b>	28.00	19.2	0.624	1.63	2	400	5.761
<b>30-07-2013</b>	5.87	17.6	1.022	1.022	2	100	6.472
<b>14-08-2013</b>	4.6	13.8	1.176	1.782	4	140	6.201
<b>04-10-2013</b>	10	29.6	0.188	2.651	4	120	6.606
<b>18-10-2013</b>	6	19.4	0.221	1.667	2	80	6.853
<b>07-11-2013</b>	11.7	35.0	1.284	2.023	2	80	5.330

## Ponte da Gata

<b>Datas</b>	<b>CBO</b>	<b>CQO</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Azoto</b>	<b>SS</b>	<b>ST</b>	<b>pH</b>
<b>08-04-2013</b>	4.3	32.6	0.916	5.59	20	160	6.708
<b>22-04-2013</b>	6.2	18.6	1.450	6.35	10	140	7.156
<b>20-05-2013</b>	2.80	18.7	1.440	0.930	6	140	7.020
<b>05-06-2013</b>	16.90	16.5	1.880	7.17	6	*	5.894
<b>24-06-2013</b>	20.20	15.6	2.950	7.10	4	220	6.219
<b>30-07-2013</b>	7.87	23.6	8.519	8.519	4	120	6.105
<b>14-08-2013</b>	9.0	27.0	14.010	15.049	2	280	6.682
<b>04-10-2013</b>	9.0	27.3	5.110	6.742	8	200	6.906
<b>18-10-2013</b>	10.0	29.6	12.487	8.020	8	260	6.862
<b>07-11-2013</b>	8.0	24.1	4.958	3.243	10	160	6.088

## Monte Barro

<b>Datas</b>	<b>CBO</b>	<b>CQO</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Azoto</b>	<b>SS</b>	<b>ST</b>	<b>pH</b>
<b>08-04-2013</b>	1.60	31.7	0.556	3.46	16	80	6.926
<b>22-04-2013</b>	6.53	19.6	1.210	3.47	8	100	7.115
<b>20-05-2013</b>	3.50	15.1	1.090	3.09	6	100	7.003
<b>05-06-2013</b>	43.20	86.5	2.110	5.42	2	*	7.117
<b>24-06-2013</b>	27.00	28.9	2.430	6.06	4	200	6.544
<b>30-07-2013</b>	23.60	70.8	11.218	11.22	18	440	7.013
<b>14-08-2013</b>	15.20	45.7	11.716	11.73	2	240	6.204
<b>04-10-2013</b>	22.00	66.7	2.821	4.80	24	240	6.321
<b>18-10-2013</b>	120.00	359	9.714	14.85	50	500	7.140
<b>07-11-2013</b>	23.70	71.2	2.837	1.87	8	120	6.815

## Vila Fernando

<b>Datas</b>	<b>CBO</b>	<b>CQO</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Azoto</b>	<b>SS</b>	<b>ST</b>	<b>pH</b>
<b>08-04-2013</b>	1.00	19.1	0.563	3.01	4	60	6.871
<b>22-04-2013</b>	4.93	14.8	1.170	2.79	2	80	7.115
<b>20-05-2013</b>	2.20	28.5	1.200	2.81	2	80	6.905
<b>05-06-2013</b>	20.20	37.7	1.380	3.88	4	*	7.048
<b>24-06-2013</b>	12.00	24.3	1.760	4.97	4	140	6.458
<b>30-07-2013</b>	24.63	73.9	7.025	7.03	4	20	6.836
<b>14-08-2013</b>	22.30	66.9	8.239	12.28	4	280	6.455
<b>04-10-2013</b>	14.00	41.9	2.963	4.02	4	200	6.909
<b>18-10-2013</b>	15.00	46.3	7.099	5.65	4	260	7.073
<b>07-11-2013</b>	7.00	21.1	3.050	1.11	4	80	6.517

## Rochoso

<b>Datas</b>	<b>CBO</b>	<b>CQO</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Azoto</b>	<b>SS</b>	<b>ST</b>	<b>pH</b>
<b>08-04-2013</b>							
<b>22-04-2013</b>	5.03	15.1	1.100	2.64	2	80	7.348
<b>20-05-2013</b>	3.00	20.4	1.250	2.65	8	120	7.202
<b>05-06-2013</b>	3.00	39.3	1.020	2.44	20	*	7.111
<b>24-06-2013</b>	15.00	28.8	1.600	3.53	8	160	7.052
<b>30-07-2013</b>	20.60	61.8	2.952	2.95	4	220	6.382
<b>14-08-2013</b>	13.20	39.6	3.271	2.33	6	200	6.427
<b>04-10-2013</b>	4.00	42.8	1.775	4.16	2	160	6.770
<b>18-10-2013</b>	10.00	30.5	4.193	2.71	2	160	7.303
<b>07-11-2013</b>	6.70	20.0	3.603	1.59	2	120	6.592

ANEXO II – Reprodução parcial do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto

ANEXO III – Representação geográfica do rio Noéme

