

MSC

2.º
CICLO

FCUP
2015

U. PORTO

Efeitos da variação do pH da água em
Ephemeroptera (Macroinvertebrados)

Tomé Alexandre Cascão

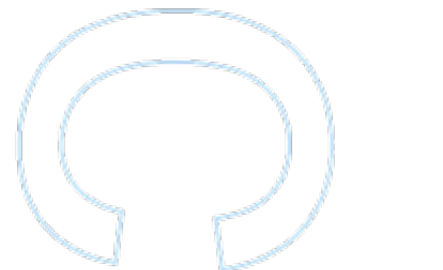
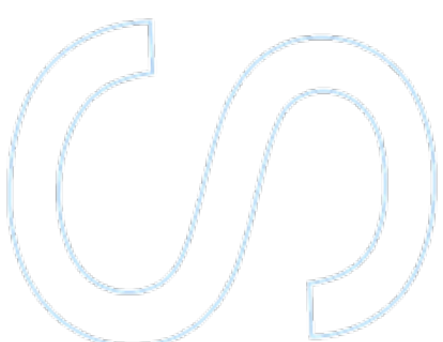
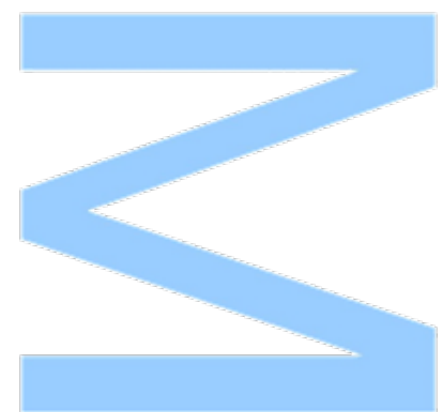
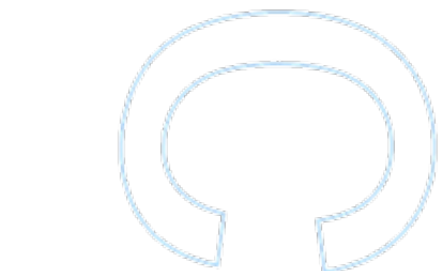
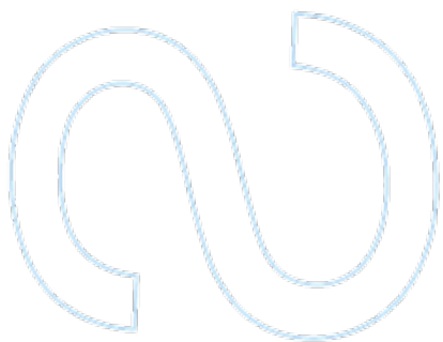
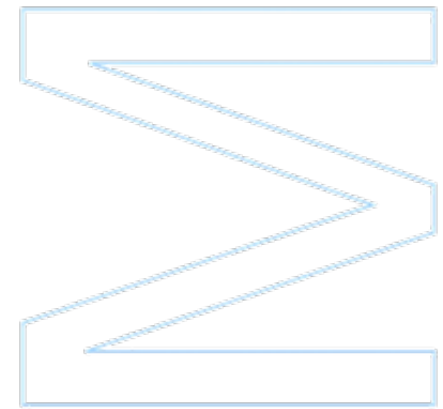
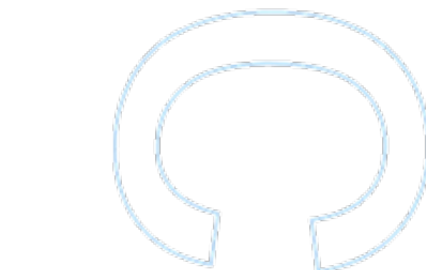
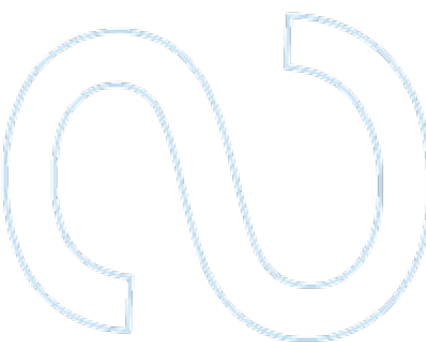
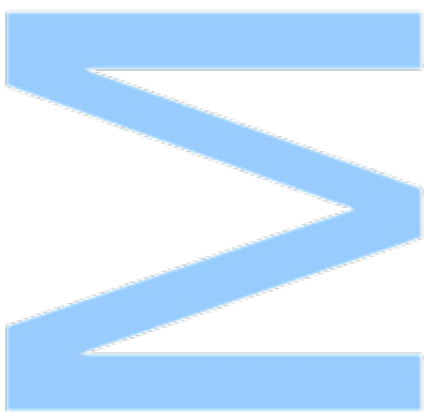
FC



Efeitos da variação do pH da água em Ephemeroptera (Macroinvertebrados)

Tomé Alexandre Cascão

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto em
Biologia e Gestão da Qualidade da Água
2015



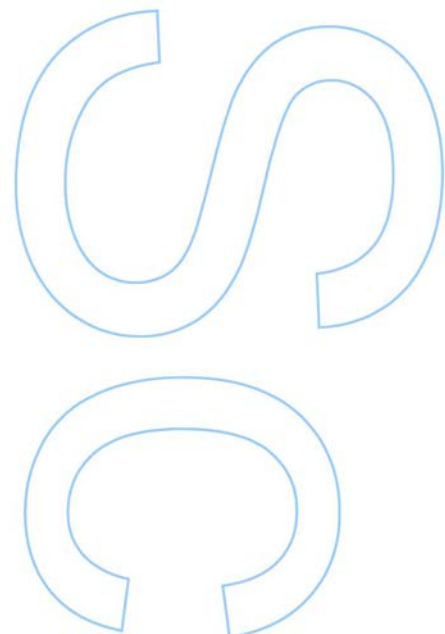
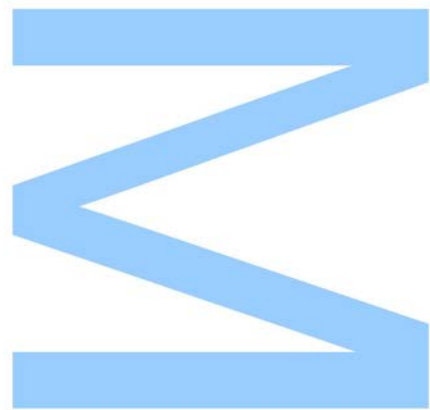


Efeitos da variação do pH da água em Ephemeroptera (Macroinvertebrados)

Tomé Alexandre Cascão
Biologia e Gestão da Qualidade da Água
Departamento de Biologia
2015

Orientador

Prof. Maria da Natividade Vieira, Docente, Faculdade de Ciências

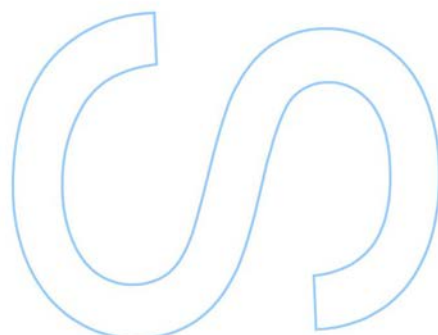
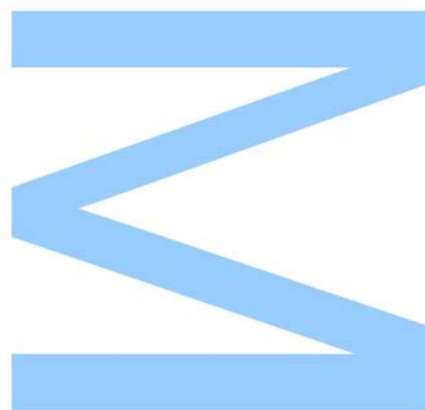




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Reconhecimentos

A realização deste trabalho tornou-se exequível devido ao apoio e dedicação de muitas pessoas que me foram tornando possível concluir mais esta etapa da minha formação pessoal com vista a um promissor futuro profissional. Assim, agradeço em especial:

- À minha colega Ana Sofia Vasconcelos por me ter auxiliado durante as minhas pesquisas, por me ter fornecido dados importantes para o meu trabalho, por me ter apoiado e ajudado sempre que senti mais dificuldades, manifestando franca disponibilidade e colaboração durante todo o período de realização deste mestrado;
- Aos seus pais pela sua total disponibilidade quer no transporte aos pontos das colheitas quer em todo o apoio que tão voluntariosamente nos forneceram;
- À Professora Natividade Vieira por toda a paciência, apoio e ajuda ao longo do mestrado, no seu auxílio aquando do trabalho em campo e, em especial, durante o desenvolvimento da tese, bem como por ter disponibilizado o laboratório ao seu cuidado e o material utilizado no estudo;
- À minha mãe pelo apoio, incentivo, alegria e motivação incondicionais transmitindo-me a força e a energia que nunca me permitiram a ideia de desistir deste trabalho. Agradeço a sua eterna dedicação para comigo pois apesar de se encontrar a leccionar longe de casa soube e quis estar presente em todos os momentos desta fase da minha vida;
- À minha irmã que, não obstante a sua juventude, tão amavelmente me apoiou, ouviu, e dedicou muito do seu tempo, numa dádiva total partilhando comigo opiniões e traçando comentários que em muito me ajudaram a reflectir contribuindo para a melhoria do meu trabalho;
- Aos meus avós não só pela paciência e persistência para comigo mas sobretudo por toda a dedicação e total disponibilidade demonstrada a cada instante;

- Às amigas da minha mãe, Anabela Fernandes, Clara Rodrigues e Cristina, pelo apoio e amizade que de forma tão singular quiseram dedicar-me, promovendo a minha franca e total motivação na realização desta tese;
- Aos meus tios e outros familiares, em especial o meu tio José Alexandre, que me forneceu material capaz para realizar as colheitas no rio;
- Aos meus amigos que, ao longo destes dois anos de realização do trabalho de mestrado, quiseram ter a amabilidade de, com o seu tempo, compensarem as minhas ausências no trabalho voluntário da igreja;
- Em especial ao Sr. Padre Nuno Rocha e ao Sr. Feliciano Correia, bem como aos meus colegas: Daniela Mendes, a Marta Gonçalves e o Sr. Almerindo de Pinho presentes nas alturas mais difíceis, demonstrando grande união e entreaajuda;
- Agradeço particularmente a todos os meus Professores do mestrado pelos conhecimentos que transmitiram e que não só me auxiliaram mas, sobretudo, permitiram-me a realização deste trabalho;
- Agradeço à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto por esta oportunidade única de construção de vida e pela dedicação, direta e indireta, na construção deste meu futuro que aspiro seja, a partir daqui, rumo ao sucesso.

Resumo

A água é um bem essencial para todos os seres vivos no planeta. Apenas temos acesso a uma pequena percentagem da água doce nele existente. Infelizmente, essa percentagem tem vindo a diminuir, devido ao uso excessivo que fazemos deste recurso, pois grande parte do seu consumo não é essencial à nossa sobrevivência. Com o passar dos anos, temos contaminado esse recurso tão precioso com as atividades antropogénicas negativas tanto para o ser humano como para o meio ambiente. Os animais adoecem e morrem quando bebem dessa água imprópria, o ecossistema dos cursos de água também morre devido às contaminações físico-químicas e biológicas.

Sabe-se que a variação do pH afeta negativamente os peixes [22; 23], mas há pouca informação pertinente acerca dos efeitos da variação em macroinvertebrados, onde a maioria dos trabalhos se centra especialmente em pH ácido.

Neste estudo foi possível confirmar que o pH têm influência na capacidade de sobrevivência dos organismos no seu habitat, onde valores mais baixos ou mais altos de pH aumentam a taxa de mortalidade dos Ephemeropteros mais sensíveis. Foi possível observar-se outros efeitos que a variação do pH tem nos organismos e que envolvem um estado avançado de decomposição em pH alto bem como a realização de muda de carapaça em pH baixo.

Palavras-chave: acidificação; basificação; pH; macroinvertebrados; Ephemeroptera.

Abstract

Water is an essential good to every single living being in the planet. We only have access to a single fraction of the existing fresh water in the planet. Unfortunately, that percentage has been diminishing, because of the overconsumption that we make of this resource, since the vast majority of that consumption is not essential to our survival. Over the years, we have been contaminating this precious resource with our anthropogenic activities, which are not only bad for the human being but also bad for the environment. Even the ecosystem itself from the water course dies, due to the physicochemical and biological contamination.

It's known that the pH variation affects negatively the fishes [22; 23], but there is few important information about its effects on macroinvertebrates, whereas most of the studies focus solely on the acidic pH.

In this study was possible to confirm that the pH has influence in the survival capacity of the organisms in their habitat, where higher or lower values of pH rises the mortality rate of the most sensible Ephemeroptera. It was also possible to observe other effects of the pH variation in the mayfly's nymphs, effects like the advanced state of decomposition in high pH, or carapace shedding in low pH.

Key-words: acidification; basification; pH; macroinvertebrates; Ephemeroptera.

Índice

Resumo	7
Abstrat	8
Lista de Tabelas	12
Lista de Figuras	13
Capítulo 1 – Introdução	15
Capítulo 2 – Água e tipos de Água	16
2.1 – Águas Acidicas	18
2.2 – Águas Básicas/Alcalinas	19
Capítulo 3 – Macroinvertebrados	21
3.1 – Ordem dos Ephemeroptera	21
Capítulo 4 – Material e Métodos	23
4.1 – Recolha e Triagem	26
4.2 – Protocolo “Taxa de Mortalidade de Ephemeropteros”	29

Capítulo 5 – Análise dos dados obtidos	31
5.1 – Parâmetros Físico-Químicos	31
5.2 – Dados da recolha de Macroinvertebrados	35
5.3 – Teste da variação do pH	42
Capítulo 6 – Conclusões	46
Referências Bibliográficas	47
Anexo	53

Lista de Tabelas

Tabela 1 “Nível de sensibilidade das famílias...”	24
Tabela 2 “Pontos de Amostragem e respetivas Coordenadas”	28
Tabela 3 “Dados dos parametros físico-químico, ...”	31
Tabela 4 “Dados da primeira recolha de macroinvertebrados”	35
Tabela 5 “Dados da segunda recolha de macroinvertebrados”	38
Tabela 6 “Análise estatística ANOVA”	44

Lista de Figuras

Fig. 1 “Legenda do ciclo da água”	16
Fig.2 “Origem e consequências das chuvas ácidas”	18
Fig. 3 “Esquema do Rio ave com os pontos 6, 5 e 4”	26
Fig. 4 “Esquema do Rio Ave com os pontos 3 e 2”	27
Fig. 5 “Esquema do Rio Ave com o ponto 1”	27
Fig. 6 “Gráficos da taxa de mortalidade...”	43
Fig. 7 “Ponto 1, Ponte da Parada, Agra (Vieira do Minho)”	53
Fig. 8 “Ponto 2, Praia Fluvial da Rola, Areosa (Fafe)”	53
Fig. 9 “Ponto 3, Calçada de Barco, Caldas das Taipas (Guimarães)”	54
Fig. 10 “Ponto 4, Azenha Velha, Riba D’Ave (V. N. Famalicão)”	54
Fig. 11 “Ponto 5 – Parque Urbano da Rabada, Burgães (Santo Tirso)”	55
Fig. 12 “Ponto 6 – Ponte da Lagoncinha, Lousado (Santo Tirso)”	55
Fig. 13 “Identificação das diversas partes do corpo de uma ninfa Ephemeroptera”	56
Fig. 14 “Identificação das diversas peças bucais de uma ninfa Ephemeroptera”	56
Fig. 15 “Esquema representativo dos efeitos da variação do pH”	57
Fig. 16 “Gráficos de um estudo realizado por MacCausland, ...”	58

Capítulo 1

Introdução

A água é um bem essencial para todos os seres vivos no planeta e, muito possivelmente, o bem mais importante para que a vida se possa manter. Da superfície do planeta Terra, 71% corresponde a água salgada e apenas 2,5% a água doce. Desses 2,5%, uma pequena percentagem correspondente a 1% das águas superficiais cuja maioria corresponde aos lagos, rios e ao vapor de água.

Com a evolução das tecnologias e da indústria, a água tem-se tornado mais escassa e poluída, em grande parte. Águas que, antigamente, se podiam consumir sem problemas, agora necessitam de cuidados mínimos para se tornarem próprias para consumo e, ainda assim, corremos riscos de contrair doenças transmissíveis ou até intoxicações derivados do uso excessivo de pesticidas ou derivados de metais pesados, resultantes de explorações mineiras [18, 26]. Esta contaminação das águas é prejudicial para toda a comunidade biótica dos ecossistemas aquáticos [6]. Com os ecossistemas aquáticos a tornarem-se eutróficos, aparecem grandes “blooms” de microrganismos nas camadas superficiais, tornando estas zonas anoxias, provocando a morte dos organismos dependentes do oxigénio [43]. Além disso, esses mesmos microorganismos podem libertar toxinas prejudiciais para os seres vivos.

Estes problemas de eutrofização fazem com que as águas fiquem acidificadas e alcalinas, tornando o meio impróprio para a sobrevivência dos organismos. A acidificação e a alcalinização das águas não preocupou o homem, uma vez que não têm impacto direto sobre ele. Contudo, só aquando da contaminação da água, se dá conta da importância deste processo.

Este problema leva a que este trabalho tenha como objetivo complementar os dados existentes sobre a qualidade da água em termos do pH e demonstrar que existe informação pertinente sobre os efeitos do pH, pois, ao contrário dos pensamentos populares, a acidez e a basicidade realmente têm efeitos nefastos sobre a biodiversidade de um curso de água, mesmo quando não existe qualquer outro tipo de contaminação.

Capítulo 2

Água e tipos de Água

Em termos geográficos, as bacias hidrográficas desempenham um importante papel ao nível da irrigação das áreas interiores da terra, assim como na antiguidade eram o principal limite ou fronteira das povoações e reinos. Em termos geológicos, a água tem um papel importante nas atividades geológicas e vai afetar os padrões das falhas ao nível do manto que é responsável por um conjunto de atividades que vão dar origem aos vulcões e às áreas de subducção.

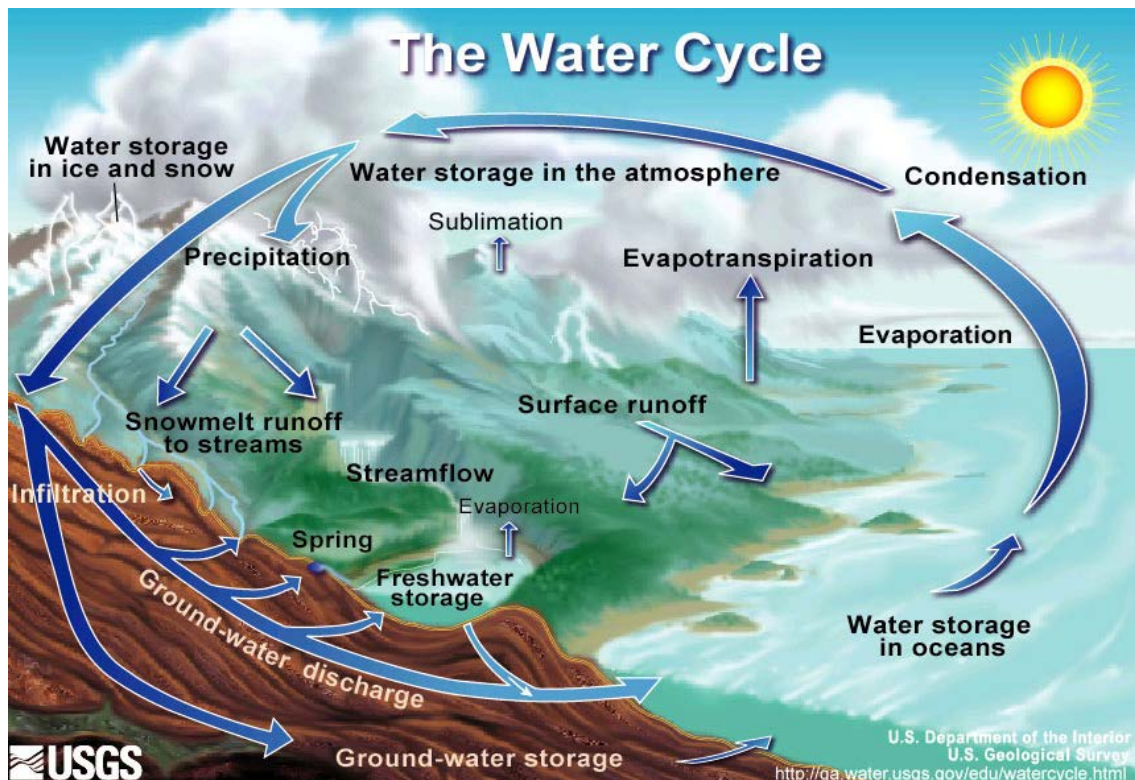


Fig. 1 – Legenda do ciclo da água (imagem da autoria do USGS – Unidade States Geological Survey)

O ciclo da água é um conjunto de processos de troca de água entre a atmosfera, águas superficiais, águas subterrâneas e plantas. É através deste ciclo que a água se distribui por todo o planeta e onde a água doce tem origem, resultando da evaporação da água marinha. Esse vapor de água é transportado para terra através da precipitação. Parte dessa água será absorvida pelas plantas, outra irá escorrer e

acumular-se em bacias, dando origem aos cursos de água, uma última parte, irá infiltrar-se no solo dando origem às águas subterrâneas. Este processo é importante uma vez que garante a constante renovação das águas.

Infelizmente, o uso excessivo da água doce por parte do homem tem levado à sua escassez. Em termos concretos, a nível global existe a mesma quantidade, mas aquela que está disponível para o consumo tem vindo a diminuir. Entre as várias ações do homem está a poluição desmedida dos cursos de água. Tratando-se de um ciclo, a existência de uma interferência numa parte do ciclo acaba por influenciar todo o processo. Por exemplo, as chuvas ácidas são uma grande/grave consequência da atividade antropogénica.

Mais importante que a geografia e a geologia é o facto de a água ser a base para os organismos vivos. Na sua constituição a água desempenha um papel importante, mesmo quando os organismos se adaptam à prolongada ausência deste bem. Devido à atividade do homem, a manutenção deste recurso tem-se tornado cada vez mais um dos objetivos da sociedade, levando os estudiosos a realizar diversos trabalhos sobre a temática da contaminação das águas.

A variação do pH nas águas é um dos assuntos mais estudados pelos investigadores [3; 4; 5; 8; 10; 15; 16] e a prevenção e recuperação dos cursos de água centrados neste parâmetro têm tido, de forma geral, bons resultados, apesar do processo ser lento e existirem outros fatores que influenciam o nível de contaminação [2; 3; 10; 11; 12; 13; 15; 16; 17]. O parâmetro pH representa a atividade do ião de hidrogénio na água de forma logaritmizada, resultando inicialmente da dissociação da molécula da água e posterior acréscimo por um ião de hidrogénio proveniente de outra fonte. Fonte essa que pode ser efluente industrial, chuvas ácidas, atividade fotossintética e decomposição do material orgânico na água.

2.1 Águas Ácidas

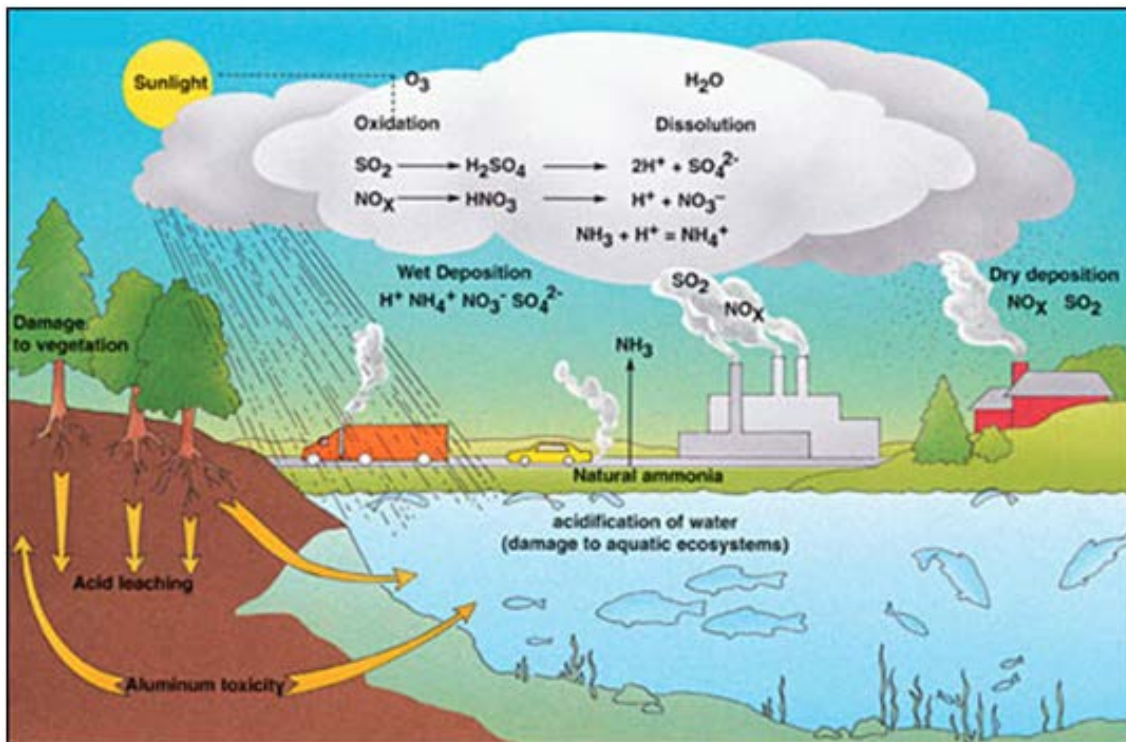


Fig. 2 – Origem e consequências das chuvas ácidas (imagem retirada do site <http://www.askiitians.com>)

As águas ácidas não são comuns no meio ambiente e sabemos que estas aumentaram em número com a atividade humana. Os principais fatores de acidificação da água são as explorações mineiras superficiais [4; 6], descargas de efluentes industriais e a decomposição de material orgânico depositado nos rios e/ou lagos. O ácido sulfúrico resulta do processo oxidação-redução de metais existentes na água. Este processo liberta SO_4 (sulfato), que ao reagir com os iões H^+ forma H_2SO_4 , ou seja, o ácido sulfúrico. Isto é um problema sério, pois a acidificação da água, além de alterar o equilíbrio ácido-base, também permite que metais perigosos se acumulem na água, como por exemplo o alumínio [37; 39]. O ácido húmico resulta do processo de decomposição de matéria orgânica. É constituído por diversos compostos, entre eles o ácido carboxílico e fenóis. Este ácido é bastante comum nos rios e lagos de zonas tropicais, uma vez que as temperaturas altas e a grande diversidade aumenta a taxa de decomposição.

A “chuva ácida” é outro importante contribuinte para a acidificação das águas (Fig. 2). De uma forma geral, este tipo de chuva resulta da deposição seca e húmida de componentes da atmosfera com grandes concentrações de ácidos sulfúrico e nítrico. Os precursores desta chuva podem resultar tanto da atividade antropogénica como da Natureza, por exemplo dos vulcões e da vegetação em decomposição, uma vez que libertam para atmosfera SO_2 e NO_x (dióxido de enxofre e óxidos de azoto, respetivamente) [26; 37; 39].

Para concluir o tópico da “Acidez da água” é necessário realçar que os organismos reagem todos de diferentes maneiras à acidez. Por exemplo os peixes perdem a capacidade de osmorregular devido ao excesso de iões H^+ existentes na água. Os moluscos, em especial os bivalves, ficam com as suas conchas mais frágeis devido à perda de cálcio. Os macroinvertebrados, de uma forma geral, são organismos que demonstram sensibilidades variadas, mas todos eles são consideravelmente mais sensíveis à acidez das águas do que os organismos vertebrados [21; 38].

2.2 Águas Básicas/Alcalinas

As águas alcalinas são um acontecimento raro, mesmo quando há interferência antropogénica no ecossistema aquático. Normalmente, as águas alcalinas estão associadas a águas de dureza elevada ou que estejam no estado de eutrofização. Relativamente aos ecossistemas, muitos organismos são afetados negativamente, entre eles, os peixes. Infelizmente, a informação relativa aos macroinvertebrados é nula, não se sabe concretamente se este tipo de água tem alguma desvantagem para estes organismos.

De uma forma geral, a alcalinidade da água está diretamente relacionada com a quantidade de HCO_3^- . O Bicarbonato e o Carbonato são derivados de ácidos fracos, mas hidrolisam em contacto com água formando bases fortes. Estas bases fazem com que o pH da água aumente consideravelmente, atingindo valores próximos de 10. Uma forma de a água atingir pH superior a 10 seria através do limo. O limo é um conjunto de bactérias fotossintéticas (cianobactérias, por exemplo) que através da fotossíntese removem os compostos carbónicos da água formando compostos alcalinos. Isto faz com que o pH nas zonas mais superficiais das águas seja mais

elevado. Descargas industriais de empresas que empregam o uso de bases fortes, como o cal e a soda, também são importantes contribuintes para o aumento do pH dos cursos de água, assim como algumas estações de tratamento de águas que podem descarregar águas com grande quantidade de hidróxidos [34].

A grande preocupação das águas alcalinas para peixes são os problemas que ela causa a nível da homeostasia. Isso pode ser uma explicação, porque um grande número de organismos morre quando surgem os “blooms” de cianobactérias e as análises às águas não detetam a presença de toxinas, isto já contando com a possível perda de oxigénio [22; 23].

Capítulo 3

Macroinvertebrados

Os macroinvertebrados são pequenos organismos visíveis a olho nu, ou seja, as suas dimensões são superiores a 0,5 mm [28]. Existem em maior número nos rios, sendo o seu habitat preferencial o fundo dos rios, debaixo de rochas, nas plantas aquáticas e troncos submersos. São uma importante fonte de alimento para os peixes e incluem vários grupos de animais, como anelídeos, crustáceos, moluscos e insetos, sendo estes últimos os mais representados. Devido às suas vastas sensibilidades, os macroinvertebrados são muito utilizados como bioindicadores de qualidade da água. Assim sendo, qualquer habitat é caracterizado por um conjunto de fatores do meio que fazem com que diferentes organismos de fauna e flora estejam presentes ou ausentes nesse habitat. Dentro destes macroinvertebrados temos várias estratégias alimentares: predadores, filtradores, raspadores, detritívoros, trituradores, parasitas e furadores.

Sendo assim, através de vários índices de abundância de macroinvertebrados (IBB) e índices de presença ou ausência de famílias taxonómicas, podendo em alguns casos chegar à espécie (BWMP), os cursos de água podem ser caracterizados de acordo com a qualidade biológica da água. De entre a grande variedade de macroinvertebrados, neste trabalho, optamos por estudar os Ephemeroptera por serem os de maior sensibilidade.

3.1 Ordem dos Ephemeroptera

Os ephemeropteros, mais conhecidos popularmente por efémeras, são insetos aquáticos pertencentes à ordem Ephemeroptera. São conhecidas cerca de 3000 espécies de efémeras mundialmente agrupadas em 400 géneros e 42 famílias [25].

A ordem dos Ephemeropteros, apesar de ter duas famílias que apresentam considerável resistência, é, de uma forma geral, muito sensível às variações físico-químicas da

água e, normalmente, estão ausentes de cursos de água que apresentam níveis de poluição consideráveis.

Estes organismos são insetos relativamente primitivos e apresentam diversas características ancestrais provavelmente presentes nos primeiros insetos voadores. Sendo insetos aquáticos, possuem estágios imaturos denominados ninfas que vivem em água doce e cuja presença, normalmente, é indicativo de um ambiente limpo. As ninfas vivem nos cursos de água, mais precisamente por baixo das rochas, vegetação em decomposição ou no sedimento. Poucas espécies vivem em lagos, devido à geografia destes, mas as poucas espécies que vivem estão entre as mais prolíficas.

As ninfas, que neste trabalho são o organismo em estudo, têm um corpo alongado e cilíndrico, passam por diversas mudas, aumentando o seu tamanho cada vez que sofrem muda. Estes organismos, conforme as espécies, podem atingir um tamanho entre 3 e 30 milímetros [27] e as cabeças têm um revestimento exterior de esclerotina, uma proteína que habitualmente está associada à quitina, formando, com regularidade, altos resistentes e projeções. A cabeça tem um par de olhos compostos, 3 ocelos e um par de antenas que se posicionam em frente dos olhos, anteriormente ou entre os ocelos. As peças bucais são designadas para mastigar e consistem num labrum, mandíbulas, uma hipofaringe membranosa semelhante a uma língua e um lábio (Fig.14) [29].

O torácio é constituído por 3 segmentos: o protorácio, o mesotorácio e o metatorácio, estando estes dois últimos fundidos. Cada segmento do torácio tem um par de patas, cada uma delas terminando numa garra que pode ser denticulada ou não denticulada. Cada segmento do membro pode possuir espinhos e/ou pêlos, que dependendo da espécie podem servir para filtrar alimento, cavar, agarrar ou proteger as brânquias. As placas alares formam-se no mesotorácio e, em algumas espécies, placas alares traseiras desenvolvem-se no metatorácio (Fig. 13) [29].

O abdómen consiste em 10 segmentos, alguns dos quais podem ser ocultos por um grande par de brânquias operculadas, protegidas por um escudo ou placa torácica, que é uma extensão do protorácio, ou por placas alares. Dependendo das espécies, as efémeras podem possuir até 7 pares de brânquias, que podem estar localizadas lateralmente no abdómen, ou em alguns casos, ventralmente. Ainda existem casos em que as garras podem situar-se na coxa (coxae) das patas [29]. Esta distribuição das brânquias permite aos investigadores identificar, juntamente, com outras

características como as peças bucais, os organismos até à espécie. Na extremidade do abdômen há um par ou um conjunto de 3 cercos.

Relativamente às branquias, as funções desta estrutura varia conforme as espécies e o seu habitat. De uma forma geral, as branquias não auxiliam o organismo no consumo de oxigénio, indicando que estas estruturas têm como função a ventilação da superfície respiratória do corpo da ninfa. Mas, em outras espécies, quando o organismo está exposto a baixas concentrações de oxigénio, as branquias já adquirem a função de verdadeiro tracto respiratório, cuja ausência levaria à morte do organismo. Para espécies escavadoras, como é o caso da *Ephemera vulgata*, as branquias apresentam sempre a função de verdadeiro tracto respiratório, seja em altas ou baixas concentrações de oxigénio [20].

Em termos de dieta, a maioria das espécies de ninfas são organismos herbívoros ou detritívoros, mas também existem organismos predadores em menor número. Estes seres processam grandes quantidades de matéria orgânica e, juntamente com outros macroinvertebrados, têm grande impacto em termos de “grazing” ou pasto nos produtores primários do leito dos cursos de água e rios [30].

As ninfas de Ephemeropteros, de uma forma geral, são bastante suscetíveis à poluição e por isso são frequentemente utilizadas na biomonitorização de ecossistemas aquáticos. Em termos da variação do pH, as efémeras são particularmente sensíveis à acidificação, mas existem espécies que apresentam considerável resistência a baixo pH, entre eles as famílias Caenidae e Siphonuridae (as famílias mais resistentes da ordem Ephemeroptera) [32].

Para concluir, na tabela um estão representados os diversos níveis, ou pontos, de sensibilidade presente nas várias ordens de macroinvertebrados. Estes níveis de sensibilidade foram calculados segundo o índice do BMWP (Biological Monitoring Working Party), em que o valor 10 representa os organismos de maior sensibilidade, e o 1 os de maior resistência. No caso da ordem Ephemeroptera, as famílias apresentam níveis de sensibilidade altos, apesar de existirem duas famílias que apresentam considerável resistência, os Baetidea e os Caenidea, cujo nível de sensibilidade é 4.

Tabela 1 – Nível de sensibilidade das famílias das várias ordens de macroinvertebrados, segundo o índice BMWP

	Familia	Sensibilidade
Ordem Diptera	CHIRONOMIDAE	2
	DIXIDAE	4
	EMPIDIDAE	4
	PSYCHODIDAE	4
	CERATOPOGONIDAE	4
	ATHERICIDAE	10
	LIMONIIDAE	4
Ordem Ephemeroptera	BAETIDAE	4
	CAENIDAE	4
	LEPTOPHLEBIIDAE	10
	HEPTEGENIIDAE	10
	NEOEPHEMERIDAE	10
	SIPHLONURIDAE	10
	EPHEMERELLIDAE	7
Ordem Amphipoda	GAMMARIDAE	6
Ordem Gastropoda	VALVATIDAE	3
	HYDROBIIDAE	3
	BITHYNIIDAE	3
	LYMNAEIDAE	3
	VIVIPARIDAE	6
	BERAEIDAE	10
	POLYCENTROPODIDAE	7
	SERICOSTOMATIDAE	10
	HYDROPTILIDAE	6
	LIMNEPHILIDAE	7
	LEPTOCERIDAE	10
	CORBICULIDAE	-
Ordem Oligochaeta	Todas as Famílias	1
Ordem Arachnida	-	-

Ordem Coleoptera	DYTISCIDAE	5
	ELMIDAE	5
	HYDRAENIDAE	5
	HALIPLIDAE	4
Ordem Odonata	PLATYCNEMIDIDAE	6
	AESHNIDAE	8
	GOMPHIDAE	8
Ordem Hirudinae	ERPOBDELLIDAE	3
Ordem Plecoptera	LEUCTRIDAE	10
	NEMOURIDAE	7
	CAPNIIDAE	10
	TAENIOPTERIGIDAE	10
Ordem Heteroptera	CORIXIDAE	3
	GERRIDAE	4

Capítulo 4

Material e Métodos

4.1 Recolha e Triagem

O curso de água amostrado foi o Rio Ave. Este rio foi escolhido para a recolha dos macroinvertebrados devido à sua qualidade da água [36], pois é um rio bastante poluído.

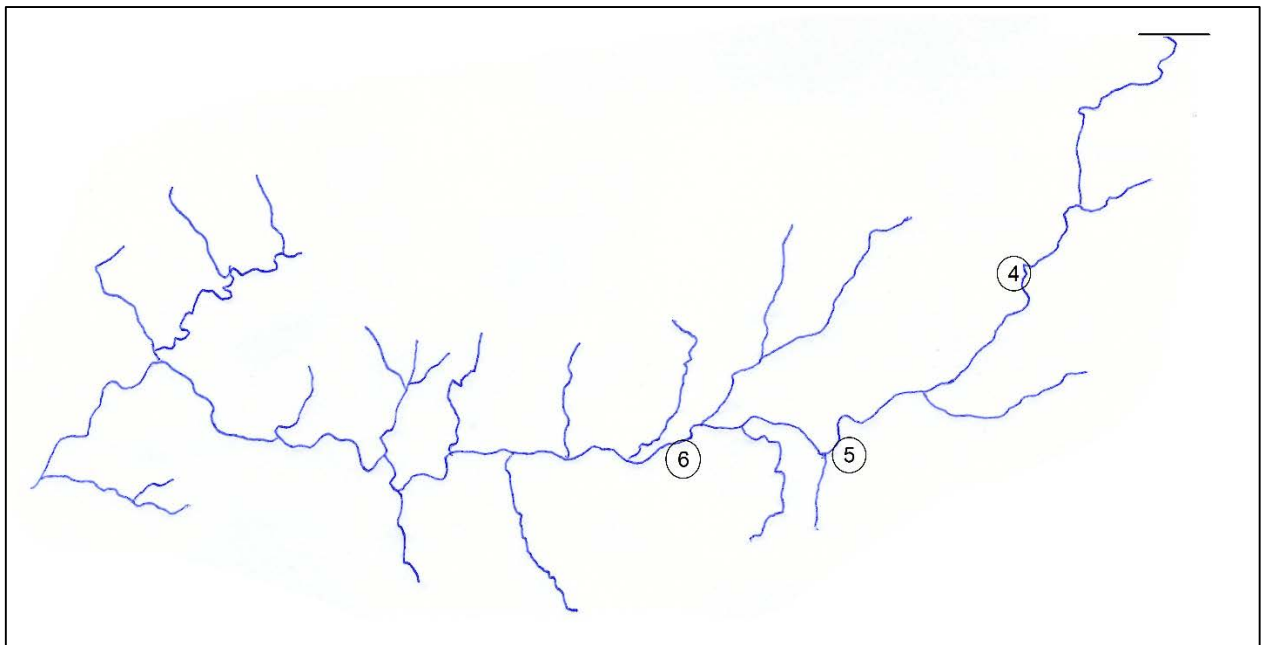


Fig. 3 – Esquema do Rio Ave com os pontos 6, 5 e 4.

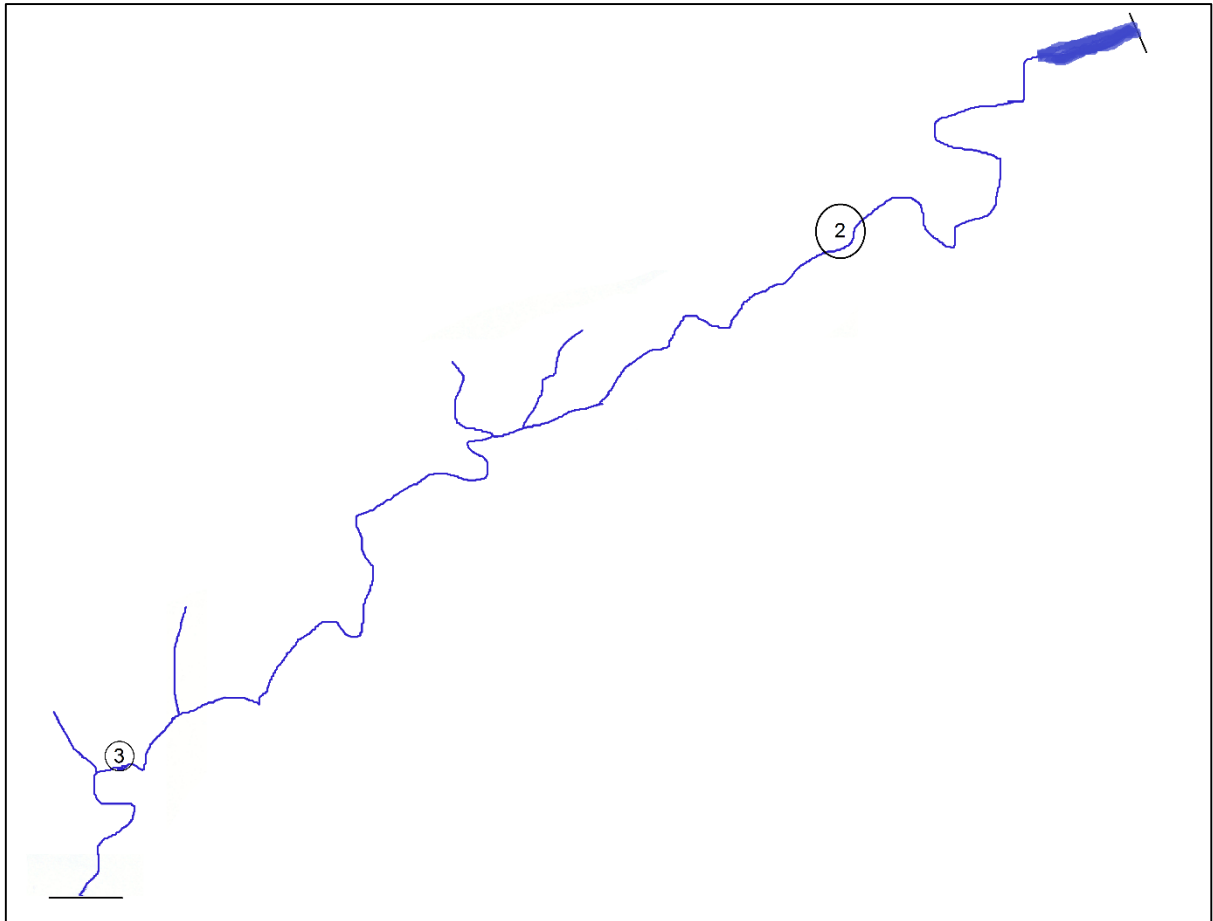


Fig. 4 – Esquema do Rio Ave com os pontos 3 e 2 (visível a albufeira da barragem de Travessos, canto superior direito)

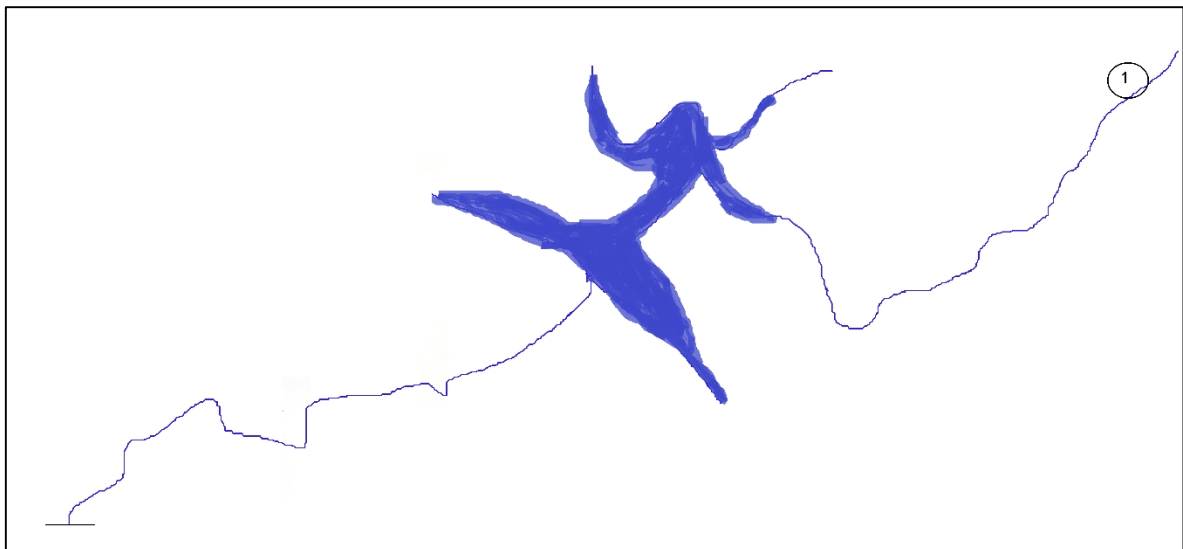


Fig. 5 – Esquema do Rio Ave com o ponto 1 (visível a albufeira da barragem do Ermal)

Tabela 2 – Pontos de Amostragem e respetivas Coordenadas

Ponto	Local	Coordenadas	Foto
1	Ponte da Parada, Agra (Vieira do Minho)	41° 36' 11.06" N 8° 2' 54.72" W	Fig. 7
2	Praia Fluvial da Rola, Areosa (Fafe)	41° 33' 28.36" N 8° 12' 58.68" W	Fig. 8
3	Calçada de Barco, Caldas das Taipas (Guimarães)	41° 28' 54.23" N 8° 20' 40.78" W	Fig. 9
4	Azenha Velha, Riba D'Ave (V.N. Famalicão)	41° 23' 49.00" N 8° 23' 28.73" W	Fig. 10
5	Parque Urbano da Rabada, Burgães (Santo Tirso)	41° 21' 7.74" N 8° 27' 46.12" W	Fig. 11
6	Ponte da Lagoncinha, Lousado (Santo Tirso)	41° 20' 56.65" N 8° 31' 12.02" W	Fig. 12

Nos pontos 5 e 6 o pH da água variava entre 8 e 10. Nos restantes, o valor do pH rondou entre 5,5 e 7, sendo o valor mais próximo do que seria normal para este curso de água.

O protocolo para a recolha e triagem dos macroinvertebrados utilizado foi indicado segundo as normas da DGQA, do INAG. As amostras recolhidas foram mantidas em caixas de plástico para transporte, sem adição de formol ou etanol, uma vez que a triagem seria realizada in vivo, no laboratório.

Para se proceder à recolha dos macroinvertebrados da ordem Ephemeroptera, deve ter-se em atenção certos factos: as ninfas, a fase larvar das efémeras, são organismos que apenas se dão em cursos de água lento e baixo. Isto implica que as recolhas só possam ser realizadas nos períodos em que não haja precipitação; por outro lado, a

época de acasalamento decorre nos períodos da primavera e outono, o que torna a altura ideal para recolhas os meses de maio, julho e setembro [9]. Um último facto importante é a temperatura das águas, uma vez que em águas muito frias, como acontece entre novembro e março (tabela 2), o número de organismos será muito reduzido.

O manuseamento dos organismos em laboratório deve privar de rigor e cuidado. Fora do seu habitat natural as efémeras têm tendência a morrerem em poucos dias caso não se tenham os devidos cuidados. Isto exige que os testes tenham de ser realizados o mais brevemente possível por forma a evitar a morte dos organismos.

4.2 Protocolo “Taxa de Mortalidade de Ephemeropteros”

O protocolo utilizado para os testes ecotoxicológicos foi baseado nos protocolos da OCDE – “Imobilização Aguda de *Daphnia* sp.” e “Toxicidade Aguda em Embriões de Peixe”. Foram feitas diversas adaptações de forma a adequar o protocolo ao estudo pretendido.

Os químicos utilizados no teste foram o ácido sulfúrico (H_2SO_4), visto ser o mais comum, quando se trata da acidificação das águas, e o hidróxido de sódio ($NaOH$), sendo o um dos químicos responsáveis pela alcalinização em termos antropogénicos. Estes químicos serão utilizados para permitirem variação de pH que pode existir na Natureza.

Protocolo adaptado:

1º - A partir de uma solução mãe de ácido sulfúrico e de hidróxido de sódio, e usando água de diluição (água da torneira envelhecida), preparar 250 ml de seis soluções (para cada solução mãe) com as seguintes valores de pH : 6,5; 5; 4; 8; 9; 10 (+/- 0,5). Como controle usar 250 ml de água de diluição com pH a 7 (ou mais próximo possível) e 250 ml de água dos pontos de amostragem (de onde foram recolhidos os macroinvertebrados a serem estudados);

2º - Colocar 10 ml de água de diluição em 10 placas de Petri. Para cada placa, transferir 10 macroinvertebrados; de seguida, retirar o máximo de água possível da placa e adicionar 10 ml de solução de ácido/base/controle – Este passo serve para impedir possíveis variações do pH no poço de teste ao adicionar-se o macroinvertebrado;

3º - Em placas de poços colocar 2 ml de solução de ácido/base/controle em 10 poços. Transferir os macroinvertebrados das placas de Petri para as placas de poços, colocando um macroinvertebrado por poço (deverão ser realizadas 3 réplicas);

4º - Incubar, se possível, as placas com os macroinvertebrados em câmara climática/estufa entre 18°C e os 22°C;

5º - Contabilizar a mortalidade ao fim de 24h e ao fim de 48h. Anotar possíveis anomalias observadas.

Capítulo 5

Análise dos dados obtidos

Para realização deste estudo, foi necessário fazer uma primeira colheita de macroinvertebrados dos pontos 1 a 6 selecionados no rio Ave para se poder fazer uma primeira triagem e determinar quais as famílias de Ephemeropteros bem como as mais sensíveis existentes ao longo dos pontos selecionados. Também se aproveitou para realizar uma análise dos parâmetros físico-químicos, de forma a poder fazer breves comparações entre a densidade de certas famílias e a qualidade da água do local onde foram recolhidos.

5.1 Parâmetros Físico-Químicos

Tabela 3 – Dados dos parâmetros físico-químicos analisados

	pH				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	7,31	6,86	7,45	5,98	8,9
Ponto 2	7,5	6,4	7,8	7,56	7,95
Ponto 3	6,98	6,6	7,46	7,43	7,57
Ponto 4	7,04	6,8	7,83	7,7	7,55
Ponto 5	8,02	7,5	8,53	8,09	6,66
Ponto 6	8,6	7,3	8,18	7,63	8,5

	Temperatura °C				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	17	18,5	10,73	6,99	18,38
Ponto 2	22,18	26,6	13,26	10,68	20,91
Ponto 3	22,1	23	13,33	10,07	21,3
Ponto 4	20,1	22,8	13,4	10,49	19,4
Ponto 5	21	22,5	13,555	10,8	20,68
Ponto 6	23,78	22,4	13,32	10,96	19,74

	%O2 dissolvido				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	92,3	84	85	95	95,1
Ponto 2	79	81,1	85	84,4	99
Ponto 3	73	65,3	88,6	90,4	91
Ponto 4	69,4	80	88,3	93,7	93
Ponto 5	72	70,2	89,5	98	91
Ponto 6	83,5	72,2	92,6	94,5	88

	Condutividade (µS)				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	14	15	6,5	9	32
Ponto 2	48	213	43,5	77	74
Ponto 3	75	48	42	47	94
Ponto 4	139	99	108	109	170
Ponto 5	141	193	147,5	133	222
Ponto 6	245	227	135	107	274

	CBO5				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	-	10	8,1075	11,07	7,885
Ponto 2	-	8,75	8,885	10,465	6,7
Ponto 3	-	8,325	9,0525	10,28	6
Ponto 4	-	8,5	9,23	10,17	5,875
Ponto 5	-	8,58	9,18	8,24	6,11
Ponto 6	-	7,855	8,825	8,97	7,1

	Amónia (mg/L)				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	0	0,295	0,2185	0	0
Ponto 2	0,085	0,19	0,2145	0	0
Ponto 3	0,125	0,316	0,15	0	0
Ponto 4	0,279	0,878	0,192	0	0,158
Ponto 5	0,656	0,437	0,225	0,012	0,101
Ponto 6	0,219	0,368	0,097	0,12	0,223

	Nitritos (mg/L)				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	0	0	0	0	0
Ponto 2	0	0	0	0	0
Ponto 3	0	0	0	0	0
Ponto 4	0	0	0,01	0	0,01
Ponto 5	0	0	0	0,022	0,01
Ponto 6	0	0	0,0085	0	0,02

	Nitratos (mg/L)				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	0	0,148	0,074	0	0,3
Ponto 2	0	0,443	1,846	0	0,8
Ponto 3	0,015	0	3,101	7,68	0,9
Ponto 4	0,295	1,329	3,175	4,73	1,5
Ponto 5	0,148	1,034	0	8,01	1,8
Ponto 6	2,806	1,92	4,3565	13,59	2

	Fosfatos (mg/L)				
	jun/14	set/14	dez/14	fev/15	mai/15
Ponto 1	0	0,755	0,8125	0,623	0,546
Ponto 2	1,745	0,274	1,11	0,692	0,518
Ponto 3	1,86	0,1	0,1445	0,043	0,072
Ponto 4	14,167	0,337	0,1295	0,092	0,139
Ponto 5	33	1,533	0,3615	0,16	0,512
Ponto 6	12	1,197	0,491	0,304	0,497

Como é possível verificar na Tabela 2, os parâmetros físico-químicos variaram entre os 6 pontos de recolha. É preciso ter em conta que o ponto 1 é o mais próximo da nascente do rio Ave, logo o que tem menos interferências por parte do homem. Já nos pontos 5 e 6 os valores registados mostraram valores que provavelmente são resultantes das atividades antropogénicas.

Em termos do pH, de uma forma geral, no ponto 1, a variação nunca foi muito acentuada e, no caso da análise no mês de fevereiro, o valor foi o mais baixo. Individualmente, esse valor não teria grande significado, mas sabe-se que o pH é, geralmente, mais ácido quando a temperatura da água é consideravelmente baixa, o

que podemos verificar na análise da temperatura para a mesma data, cujo valor foi de 6,99° C. O mesmo acontece com o teor de oxigénio dissolvido, onde valores baixos de temperatura tendem a fazer com que haja mais concentração de oxigénio na água. Outra explicação é o facto de, nesta altura, ter havido chuvas constantes, o que fez com que o caudal da água no ponto 1 fosse superior ao dos restantes meses. De uma forma geral, a qualidade da água manteve-se ao longo das recolhas, com exceção da última em maio de 2015, cujos valores de pH, condutividade e nitratos eram muito superiores ao considerado normal no ponto.

O ponto 5, no mês de maio, apresentou igualmente uma variação do pH diferente do normal para aquele ponto de amostragem, tendo sido o valor muito inferior ao esperado.

Relativamente aos valores da condutividade no ponto 2, na amostragem de setembro, não há explicação para o que terá acontecido para o valor ser consideravelmente acima do valor esperado. Os restantes parâmetros estão dentro dos valores normais do local.

Em suma, é curioso notar que o CBO5 no ponto 1 mostrou sempre os valores mais altos, apesar de ser o ponto com a água de melhor qualidade e, relativamente aos fosfatos, em junho de 2014 os valores foram consideravelmente mais altos que nas restantes recolhas, para os pontos 2 a 6.

De uma forma geral, os parâmetros estiveram dentro dos valores esperados para o tipo de curso de água que o rio Ave é [36], e também através destas simples análises foi possível verificar alterações no curso, seja a nível antropogénico ou a nível natural.

5.2 Dados da recolha de Macroinvertebrados

Tabela 4 - Dados da primeira recolha de macroinvertebrados (ordem Ephemeroptera)

Data: 16-06-2014	Ponto 6	Ponto 5	Ponto 4	Ponto 3	Ponto 2	Ponto 1
Ordem Diptera	353	32	151	14	55	427
CHIRONOMIDAE	339	31	149	14	55	414
Chironomini	90	19	37	7	41	81
Chironomus	7	0	0	0	0	0
Orthoclaadiinae	93	7	17	4	6	61
Tanypodinae	114	2	22	2	3	76
Tanytarsini	33	3	73	1	5	196
DIXIDAE	8	1	0	0	0	0
Dixella	8	1	0	0	0	0
EMPIDIDAE	5	0	1	0	0	5
Clinocerinae	5	0	1	0	0	5
PSYCHODIDAE	1	0	0	0	0	0
CERATOPOGONIDAE	0	0	1	0	0	6
Ceratopogoninae	0	0	1	0	0	6
ATHERICIDAE	0	0	0	0	0	1
Atherix	0	0	0	0	0	1
LIMONIIDAE	0	0	0	0	0	1
Hexatomini	0	0	0	0	0	1
Ordem Ephemeroptera	16	3	9	7	1	368
BAETIDAE	4	0	0	0	0	11
Baetis	4	0	0	0	0	8
Raptobaetopus	0	0	0	0	0	2
Cloeon	0	0	0	0	0	1
CAENIDAE	9	3	5	7	0	0
Caenis	8	3	5	7	0	0
Brachycercus	1	0	0	0	0	0
LEPTOPHLEBIIDAE	2	0	0	0	1	353
Choroterpes	1	0	0	0	0	1
Paraleptophebia	0	0	0	0	1	8
Habrophlebia	0	0	0	0	0	343
Leptophlebia	0	0	0	0	0	1
Thraulius	1	0	0	0	0	0
HEPTEGENIIDAE	0	0	4	0	0	0
Ecdyonurus	0	0	4	0	0	0
NEOEPHEMERIDAE	1	0	0	0	0	0
Neophemera	1	0	0	0	0	0
SIPHLONURIDAE	0	0	0	0	0	3
Siphonurus	0	0	0	0	0	3
EPHEMERELLIDAE	0	0	0	0	0	1

Ephemerella	0	0	0	0	0	1
Ordem Amphipoda	0	24	15	0	0	0
GAMMARIDAE	0	24	15	0	0	0
Gammarus	0	24	15	0	0	0
Ordem Gastropoda	0	1	51	0	0	0
VALVATIDAE	0	1	1	0	0	0
Valvata	0	1	1	0	0	0
HYDROBIIDAE	0	0	17	0	0	0
Lithoglyphus	0	0	1	0	0	0
Potamopyrgus	0	0	14	0	0	0
Bythiospeum	0	0	2	0	0	0
BITHYNIIDAE	0	0	21	0	0	0
Bithynia	0	0	21	0	0	0
LYMNAEIDAE	0	0	7	0	0	0
Radix	0	0	7	0		0
VIVIPARIDAE	0	0	5	0	0	0
Viviparus	0	0	5	0	0	0
Ordem Acarina	0	1	4	8	24	6
Ordem Tricoptera	0	0	1	0	0	14
BERAEIDAE	0	0	1	0	0	1
Beraeodes	0	0	1	0	0	1
POLYCENTROPODIDAE	0	0	0	0	0	3
Neureclipsis	0	0	0	0	0	3
SERICOSTOMATIDAE	0	0	0	0	0	3
Sericostoma	0	0	0	0	0	2
Oecismus monedula	0	0	0	0	0	1
HYDROPTILIDAE	0	0	0	0	0	1
Tricholeiochiton	0	0	0	0	0	1
LIMNEPHILIDAE	0	0	0	0	0	1
Limnephilinae	0	0	0	0	0	1
Limnephilini	0	0	0	0	0	1
LEPTOCERIDAE	0	0	0	0	0	5
Ceraclea	0	0	0	0	0	5
Bivalvia	0	0	4	0	0	0
CORBICULIDAE	0	0	4	0	0	0
Corbicula	0	0	4	0	0	0
Ordem Oligochaeta	2	18	90	0	7	0
Ordem Arachnida	0	0	1	0	0	6
Ordem Coleoptera	0	0	0	0	0	22
DYTISCIDAE	0	0	0	0	0	11
Hydrovatus	0	0	0	0	0	11
ELMIDAE	0	0	0	0	0	8
Limnius	0	0	0	0	0	8
HYDRAENIDAE	0	0	0	0	0	2
Hydroscapha	0	0	0	0	0	2

HALIPLIDAE	0	0	0	0	0	1
Ordem Odonata	0	0	3	0	1	0
PLATYCNEMIDIDAE	0	0	1	0	0	0
Platicnemis	0	0	1	0	0	0
AESHNIDAE	0	0	1	0	0	0
Aeshna	0	0	1	0	0	0
GOMPHIDAE	0	0	1	0	1	0
Onychogomphus	0	0	1	0	1	0
Ordem Hirudinae	0	0	0	0	0	0
ERPABDELLIDAE	0	0	0	0	0	0
Dina	0	0	0	0	0	0
Ordem Plecoptera	0	0	0	0	0	49
LEUCTRIDAE	0	0	0	0	0	10
Leuctra	0	0	0	0	0	7
Euleuctra	0	0	0	0	0	3
NEMOURIDAE	0	0	0	0	0	5
Amphinemura	0	0	0	0	0	5
CAPNIIDAE	0	0	0	0	0	5
Capnia	0	0	0	0	0	5
TAENIOPTERIGIDAE	0	0	0	0	0	29
Brachyptera	0	0	0	0	0	29
Ordem Heteroptera	0	0	0	0	0	62
CORIXIDAE	0	0	0	0	0	61
Corixinae	0	0	0	0	0	29
Cymatia	0	0	0	0	0	11
Miconecta	0	0	0	0	0	21
GERRIDAE	0	0	0	0	0	1
Gerris	0	0	0	0	0	1
Totais de indivíduos Identificados	371	79	329	29	88	954

Ao observar-se a tabela 3, podemos verificar que os CHIRONOMIDAE são a única família que está presente em todos os pontos, o que se explica pelo facto de ela ser uma das famílias mais resistentes; segundo a tabela 1 tem nível 2 de sensibilidade, e da ordem Ephemeroptera podemos verificar que a família CAENIDAE é a que está presente em mais pontos de amostragem, o que se explica pelo seu nível de resistência [32]. Também é de interesse notar que a família LEPTOPHLEBIIDAE, cujo nível de sensibilidade é 10, tem uma grande presença no ponto 1 e, se juntarmos o facto desta família ser bastante sensível à poluição com os dados representados na tabela 3 e os macroinvertebrados presentes no ponto 1 segundo a tabela 4, podemos dizer claramente que a água no ponto 1, no dia 16 de junho de 2014, era de boa qualidade.

Tabela 5 – Dados da segunda recolha de macroinvertebrados (ordem Ephemeroptera)

Data: 26-05-2015	Ponto 6	Ponto 5	Ponto 4	Ponto 3	Ponto 2	Ponto 1
Ordem Diptera	105	25	459	179	1381	71
CHIRONOMIDAE	83	24	428	179	1355	57
Chironomini	17	0	94	93	488	9
Chironomus	7	5	13	3	9	1
Orthoclaadiinae	18	11	75	2	269	1
Tanypodinae	15	6	76	25	148	35
Tanytarsini	26	2	170	56	441	11
DIXIDAE	6	0	6	0	11	1
Dixella	6	0	6	0	11	1
EMPIDIDAE	0	0	1	0	0	1
Clinocerinae	0	0	1	0	0	1
PSYCHODIDAE	1	0	4	0	0	0
TIPULIDAE	2	0	7	0	1	0
SIMULIIDAE	4	0	1	0	1	0
CERATOPOGONIDAE	7	1	9	0	3	7
Forcipomyinae	2	0	0	0	0	0
Dasyheteinae	1	1	0	0	0	0
Ceratopogoninae	4	0	9	0	3	7
ATHERICIDAE	0	0	0	0	0	0
Atherix	0	0	0	0	0	0
LIMONIIDAE	2	0	1	0	0	5
Hexatomini	2	0	0	0	0	5
Pediciini	0	0	1	0	0	0
ANTHOMYIDAE	0	0	2	0	0	0
Limnophora	0	0	2	0	0	0
CHAOBORIDAE	0	0	0	0	10	0
Mochlonyx	0	0	0	0	10	0
Ordem Ephemeroptera	51	0	67	7	346	88
BAETIDAE	48	0	0	4	140	0
Baetis	48	0	0	4	52	0
Raptobaetopus	0	0	0	0	88	0
Cloeon	0	0	0	0	0	0
CAENIDAE	2	0	42	1	193	0
Caenis	2	0	42	1	193	0
Brachycercus	0	0	0	0	0	0
LEPTOPHLEBIIDAE	1	0	10	0	12	65
Choroterpes	0	0	0	0	0	0
Paraleptophebia	0	0	0	0	0	0
Habrophlebia	0	0	0	0	12	65
Leptophlebia	0	0	0	0	0	0
Thraulius	1	0	10	0	0	0
HEPTEGENIIDAE	0	0	0	0	0	0

Ecdyonurus	0	0	0	0	0	0
NEOEPHEMERIDAE	0	0	0	0	0	0
Neophemera	0	0	0	0	0	0
SIPHLONURIDAE	0	0	0	0	0	20
Siphonurus	0	0	0	0	0	20
EPHEMERELLIDAE	0	0	15	2	1	0
Ephemerella	0	0	15	2	1	0
AMELETIDAE	0	0	0	2	10	3
Amelatus	0	0	0	2	10	3
Metreletus	0	0	0	0	0	0
Ordem Amphipoda	1	8	284	0	0	0
GAMMARIDAE	1	8	284	0	0	0
Gammarus	1	8	284	0	0	0
Ordem Gastropoda	13	2	169	1	45	0
VALVATIDAE	1	0	8	1	12	0
Valvata	1	0	8	1	12	0
HYDROBIIDAE	4	0	41	0	2	0
Lithoglyphus	2	0	0	0	0	0
Potamopyrgus	2	0	41	0	2	0
Bythiospeum	0	0	0	0	0	0
BITHYNIIDAE	5	1	44	0	8	0
Bithynia	5	1	44	0	8	0
LYMNAEIDAE	0	1	4	0	2	0
Radix	0	1	4	0	2	0
VIVIPARIDAE	0	0	72	0	0	0
Viviparus	0	0	72	0	0	0
PULMONATADAE	3	0	0	0	21	0
Acroloxidae	3	0	0	0	21	0
Ordem Acarina	0	0	0	0	5	2
Ordem Tricoptera	24	0	21	4	25	33
ODONTOCERIDAE	0	0	0	0	0	1
Odontocerum	0	0	0	0	0	1
BERAEIDAE	0	0	0	0	0	0
Beraeodes	0	0	0	0	0	0
POLYCENTROPODIDAE	0	0	1	0	1	10
Neureclipsis	0	0	0	0	0	10
Policentropus	0	0	0	0	1	0
Plectrocnemia	0	0	1	0	0	0
SERICOSTOMATIDAE	0	0	0	0	0	14
Sericostoma	0	0	0	0	0	14
Oecismus monedula	0	0	0	0	0	0
HYDROPTILIDAE	0	0	0	1	10	0
Tricholeiochiton	0	0	0	1	2	0
Oxyenthira	0	0	0	0	8	0
LIMNEPHILIDAE	0	0	0	0	0	3

Limnephilinae	0	0	0	0	0	0
Limnephilini	0	0	0	0	0	0
Anobolia	0	0	0	0	0	3
HYDROPSYCHIDAE	24	0	20	2	0	0
Hydropsyche	24	0	20	2	0	0
LEPTOCERIDAE	0	0	0	1	14	2
Ceraclea	0	0	0	1	0	0
Adicella	0	0	0	0	4	0
Athripsodes	0	0	0	0	10	2
GOERIDAE	0	0	0	0	0	3
Silo	0	0	0	0	0	3
Bivalvia	0	0	120	0	0	0
CORBICULIDAE	0	0	120	0	0	0
Corbicula	0	0	120	0	0	0
Ordem Oligochaeta	0	0	17	0	3	4
Ordem Arachnida	3	1	0	0	0	0
Ordem Coleoptera	0	0	0	6	3	1
DYTISCIDAE	0	0	0	0	0	0
Hydrovatus	0	0	0	0	0	0
ELMIDAE	0	0	0	4	3	1
Riolus	0	0	0	2	0	0
Potamophilus	0	0	0	0	2	0
Oulimnius	0	0	0	0	1	0
Elmis	0	0	0	0	0	1
Limnius	0	0	0	2	0	0
HYDRAENIDAE	0	0	0	0	0	0
Hydroscapha	0	0	0	0	0	0
HALIPLIDAE	0	0	0	0	0	0
DRYOPIDAE	0	0	0	2	0	0
Dryops	0	0	0	2	0	0
Ordem Odonata	0	0	3	2	8	12
PLATYCNEMIDIDAE	0	0	0	0	0	0
Platicnemis	0	0	0	0	0	0
CORDULEGUSTERIDAE	0	0	0	0	0	6
Cordulegaster	0	0	0	0	0	6
AESHNIDAE	0	0	1	0	1	2
Aeshna	0	0	1	0	1	2
GOMPHIDAE	0	0	1	2	4	4
Gomphus	0	0	1	2	3	3
Onychogomphus	0	0	0	0	1	1
CALOPTERIGIDAE	0	0	1	0	1	0
Calopteryx	0	0	1	0	0	0
CORDULLIDAE	0	0	0	0	2	0
Epilheca bimaculata	0	0	0	0	2	0
Ordem Hirudinae	1	0	0	0	0	0

ERPABDELLIDAE	1	0	0	0	0	0
Dina	1	0	0	0	0	0
Ordem Plecoptera	0	0	0	1	0	26
LEUCTRIDAE	0	0	0	0	0	6
Leuctra	0	0	0	0	0	0
Euleuctra	0	0	0	0	0	6
NEMOURIDAE	0	0	0	0	0	0
Amphinemura	0	0	0	0	0	0
CAPNIIDAE	0	0	0	0	0	8
Capnia	0	0	0	0	0	8
TAENIOPTERIGIDAE	0	0	0	0	0	0
Brachyptera	0	0	0	0	0	0
CHLOROPERLIDAE	0	0	0	1	0	12
Xanthoperia	0	0	0	1	0	0
Siphonoperla	0	0	0	0	0	10
Chloroperla	0	0	0	0	0	2
Ordem Heteroptera	0	0	0	0	1	5
CORIXIDAE	0	0	0	0	0	5
Corixinae	0	0	0	0	0	0
Cymatia	0	0	0	0	0	5
Miconecta	0	0	0	0	0	0
GERRIDAE	0	0	0	0	1	0
Gerris	0	0	0	0	1	0
Totais de indivíduos Identificados	198	36	1140	200	1817	242

Da análise da tabela 5, não podemos aferir as mesmas conclusões que tínhamos para com a tabela 4, uma vez que, no número total de indivíduos identificados no ponto 1, em maio de 2015, foi muito inferior ao de junho de 2014. O mesmo acontece com os pontos 4 e 2, mas nestes casos o número total de indivíduos indicados foi muito superior em maio de 2015. Mas deve ter-se em atenção que a grande maioria destes organismos identificados apresentam níveis de sensibilidade baixo, como é o caso da família CHIRONOMIDAE e das famílias BAETIDAE e CAENIDAE, que são as mais resistentes da ordem Ephemeroptera [32]. No ponto 2, além de existirem um grande número de famílias resistentes, também existem famílias sensíveis, o que juntamente com os parâmetros na tabela 3 nos permite afirmar que, apesar de a água do ponto 2 não ser de óptima qualidade, a sua qualidade era pelo menos aceitável.

Relativamente ao ponto 1 e à diferença existente entre as tabelas 4 e 5, não existe explicação conhecida pelo facto de haver um decréscimo considerável na presença da família sensível dominante na tabela 3.

Também é interessante notar que uma família da ordem Ephemeroptera, AMELETIDAE, não estava presente aquando da triagem realizada no mês de junho de 2014, e surgiu aquando da triagem realizada em maio de 2015. Outra curiosidade é o facto de no ponto 4, cuja água é considerada de má qualidade, surgiram na segunda recolha macroinvertebrados considerados sensíveis, juntamente com os mais resistentes que eram as famílias dominantes. No caso da ordem Ephemeroptera, mesmo as famílias mais tolerantes surgiam em número reduzido.

As incógnitas observadas nestes dados possivelmente estarão relacionadas com os ciclos de vida dos organismos ou então haverá outros factores desconhecidos que tenham permitido a distribuição desigual entre as duas recolhas.

5.3 Teste da Variação do pH

A forma como se testou os efeitos da variação do pH nos Ephemeropteros já foi descrita no Capítulo 4 deste trabalho. Os resultados obtidos apresentaram-se dentro dos valores esperados [15; 19; 21], e o teste relativo ao pH de água básica mostrou valores pertinentes, como podemos observar nos gráficos da Fig. 6.

Relativamente à acidez da água, o teste confirma o que o estudo de Okland [21] já havia determinado, isto é, há um decréscimo considerável da taxa de sobrevivência quando o pH varia dois valores relativamente àquilo a que os organismos estavam adaptados, neste caso, pH 6. A revisão de Matthias [40], resultado do observado em diversos países, afirma que no geral as espécies de Ephemeropteros têm tendência a diminuir conforme aumenta os valores de pH. Esta tendência é verificável ao observar-se a Fig. 16. Sempre que os valores de pH diminuíam num determinado período de tempo, a densidade de macroinvertebrados também diminuía. Quando o pH retomava os valores ideais, a densidade de macroinvertebrados aumentava.

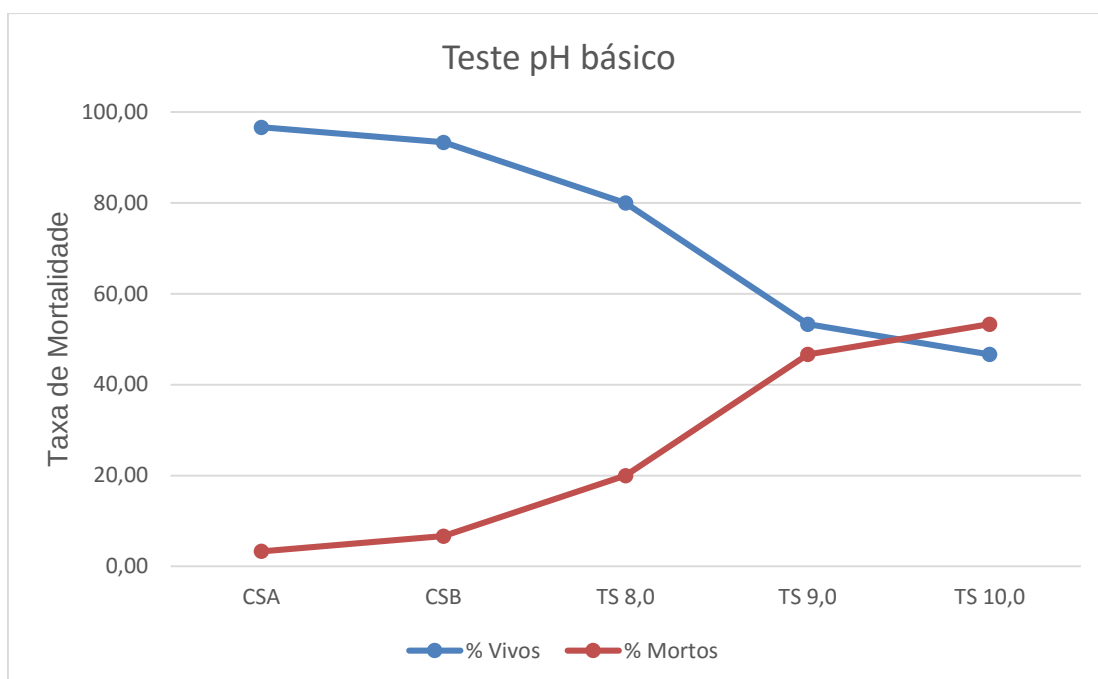
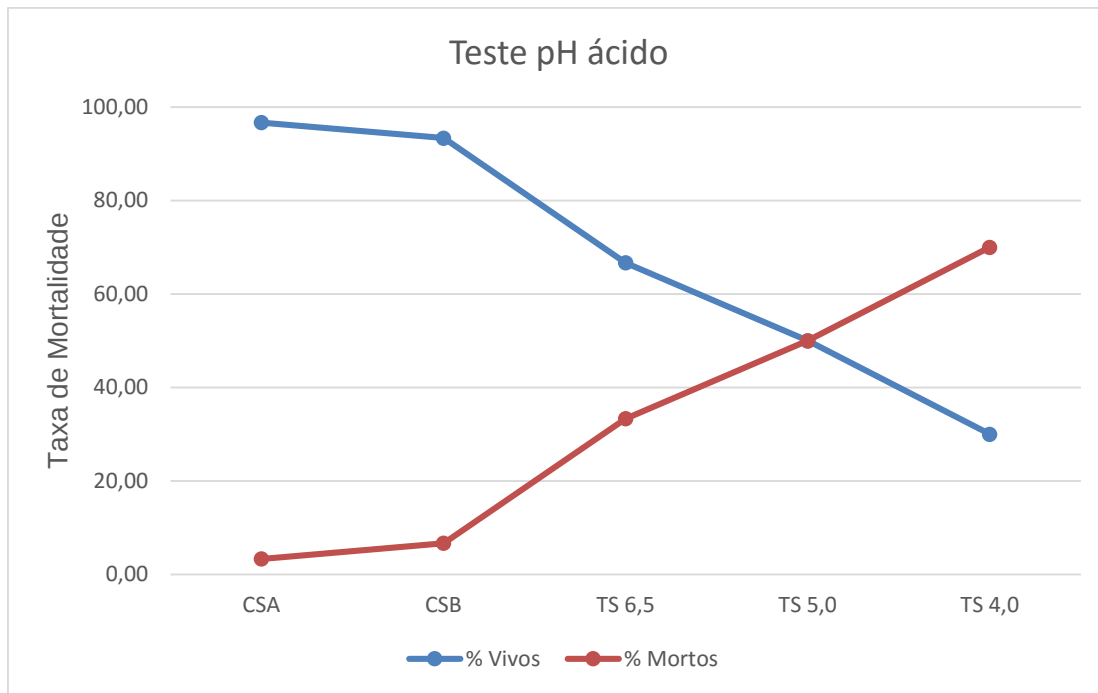


Fig. 6 – Gráficos da taxa de mortalidade do organismo em estudo relativamente às variações de pH testadas

Ao observar-se a Fig. 15 deduzimos qual é a influência do pH sobre a taxa de mortalidade dos Ephemeropteros, em termos da acidez, relativamente ao estudo que foi realizado neste trabalho. O aumento de iões H^+ provoca uma desregulação nos sistemas de regulação fisiológicos dos organismos. Por exemplo, se o pH está em baixo o sistema de regulação do sódio provoca consequências graves no organismo em termos da osmoregulação. O equilíbrio ácido-base também tem influência nos

sistemas de regulação fisiológicos e interfere na respiração, o que explica a taxa de mortalidade quando este equilíbrio desaparece [21]. Existindo interferência a nível da respiração, é possível que o facto de que mesmo a água tendo boas concentrações de oxigénio, os Ephemeropteros mais sensíveis não tenham capacidade para viver nesse tipo de água, como é possível observar-se nas Tabelas 5 e 6. Tratando-se de problemas a nível fisiológico, independentemente da função das guelras e do habitat do organismo [20], estes terão menos capacidade de sobreviver num meio cujo equilíbrio ácido-base esteja caótico.

Relativamente à basicidade da água, podemos observar na Fig. 6 que a taxa de mortalidade é inferior à da acidez da água. Isto demonstra que os organismos sensíveis são mais tolerantes à variação do pH em termos alcalinos. Segundo o esquema de Okland [20], Fig. 15, conforme aumenta o pH, mais facilmente os organismos conseguem captar os iões necessários à manutenção do seu organismo. Mas, sabe-se que em valores mais altos de pH, a taxa de mortalidade nos peixes aumenta. Segundo vários estudos [41; 42], o aumento do pH vai causar problemas na homeostasia dos peixes, isto é, vai interferir com as regulações fisiológicas internas dos organismos. Outra consequência do aumento do pH é na falha da regulação iónica e intoxicação por amónia. Em termos dos Ephemeroptera, é possível que as espécies mais sensíveis sofram problemas de homeostasia. É um facto que existem outros fatores, tanto físicos-químicos como biológicos, que influenciam taxa de mortalidade, além dos efeitos que o pH poderia causar.

Tabela 6 - Análise estatística ANOVA (realizado no programa SPSS)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11862,500	7	1694,643	23,924	,000
Within Groups	1133,333	16	70,833		
Total	12995,833	23			

Em termos estatísticos, como podemos observar na tabela 5, podemos afirmar que existem diferenças significativas na taxa de mortalidade dos Ephemeropteros para as diferentes variações do pH.

Para concluir a análise dos resultados, é de interesse e curiosidade notar que ao fim de 24h horas de exposição dos Ephemeropteros aos diferentes valores de pH, a taxa de mortalidade dos organismos para o valor de pH 4 rondou os 23%, o que demonstra uma clara sensibilidade Ephemeropteros à variação do pH. Outras curiosidades são o facto de os Ephemeropteros expostos a valores baixos do pH terem procedido à muda do seu exoesqueleto, coisa que não aconteceu aos que foram expostos aos valores altos de pH. Pelo contrário, os que foram expostos aos valores de pH alto e que não sobreviveram, demonstraram um estado de decomposição bastante avançado.

Capítulo 6

Conclusões

Após os estudos sobre os efeitos da variação do pH na taxa de mortalidade dos Ephemeropteros sensíveis, ficou confirmado que os valores de pH realmente têm influência na capacidade de sobrevivência dos organismos no seu habitat, onde os valores baixos de pH são o suficiente para que os organismos sensíveis deixem de ter capacidade de viverem nos seus habitats. Ao analisar-se diversos estudos, foi possível verificar onde os valores baixos de pH interferem com a capacidade de sobrevivência dos Ephemeropteros. Infelizmente, quanto a valores altos do pH, apesar do estudo mostrar que existe uma relação entre o aumento do pH e a taxa de mortalidade dos organismos, não existe bibliografia que explique exclusivamente quais os efeitos desta variação sobre a sobrevivência das famílias sensíveis.

Também foi possível observar-se a distribuição de macroinvertebrados ao longo dos 6 pontos de recolha, o que, juntamente com as análises físico-químicas, permitiu fazer uma análise da qualidade da água ao longo do percurso do rio. A distribuição dos macroinvertebrados ainda permitiu ver como ela varia ao longo do tempo, isto é, como a distribuição pode variar não só em termos espaciais, como também temporais.

Seria de interesse para futuras investigações fazer um estudo da distribuição de macroinvertebrados ao longo de todo o percurso do rio Ave, de forma temporal e espacial, para se poder conhecer melhor a ecologia do rio. Também seria de interesse estudar quais os efeitos fisiológicos que a variação do pH para valores altos pode causar nos macroinvertebrados no geral, e especificamente nos pertencentes à ordem Ephemeroptera. Seria igualmente importante estudar os motivos porque a decomposição das carcaças de Ephemeropteros é muito mais acelerada em valores de pH mais altos. Poder responder a estas incógnitas seria de interesse para explicar possíveis mistérios existentes à volta da qualidade biológica dos cursos de água.

Referências Bibliográficas

- [1] Coimbra, C.N., Graça, M.A.S., Cortes, R.M., 1996. "The Effects of a Basic Effluent on Macroinvertebrate Community Structure in a Temporary Mediterranean River." *Environmental Pollution* **94**: pp. 301–307. doi:10.1016/S0269-7491(96)00091-7.
- [2] Pinel-Alloul, B., Méthot, G., Lapierre, L., Willsie, A., 1996. "Macroinvertebrate Community as a Biological Indicator of Ecological and Toxicological Factors in Lake Saint-François (Québec)." *Environmental Pollution* **91**: pp. 65–87. doi:10.1016/0269-7491(95)00033-N.
- [3] Stockdale, A., Tipping, E., Fjellheim, A., Garmo, Y.A., Hildrew, A.G., Lofts, S., Monteith, D.T., Ormerod, S.J., Shilland E.M., 2014. "Recovery of Macroinvertebrate Species Richness in Acidified Upland Waters Assessed with a Field Toxicity Model." *Ecological Indicators* **37**: pp. 341–350.
doi:10.1016/j.ecolind.2011.11.002. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.002>.
- [4] MacCausland, A., McTammany, M.E., 2007. "The Impact of Episodic Coal Mine Drainage Pollution on Benthic Macroinvertebrates in Streams in the Anthracite Region of Pennsylvania." *Environmental Pollution* **149**: pp.216–226.
doi:10.1016/j.envpol.2006.12.030.
- [5] Gray, N.F., Delaney, E., 2010. "Measuring Community Response of Bentic Macroinvertebrates in an Erosional River Impacted by Acid Mine Drainage by Use of a Simple Model." *Ecological Indicators* **10**: pp. 668–675.
doi:10.1016/j.ecolind.2009.11.005.
- [6] Van Damme, P.A., Hamel, C., Ayala, A., Bervoets, L., 2008. "Macroinvertebrate Community Response to Acid Mine Drainage in Rivers of the High Andes (Bolivia)." *Environmental Pollution* **156**: pp. 1061–1068.
doi:10.1016/j.envpol.2008.04.018. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18550237>.

- [7] Felten, V., Guérol, F., 2006. "Short-Term Physiological Responses to a Severe Acid Stress in Three Macroinvertebrate Species: A Comparative Study." *Chemosphere* **63**: pp. 1427–1435. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.10.003.
- [8] Gerhardt, A., De Bisthoven, L.J., Soares, A.M.V.M., 2004. "Macroinvertebrate Response to Acid Mine Drainage: Community Metrics and on-Line Behavioural Toxicity Bioassay." *Environmental Pollution* **130**: pp. 263–274.
doi:10.1016/j.envpol.2003.11.016.
- [9] De Lange, H. J., De Haas, E.M., Maas, H., Peeters E.T.H.M., 2005. "Contaminated Sediments and Bioassay Responses of Three Macroinvertebrates, the Midge Larva *Chironomus Riparius*, the Water Louse *Asellus Aquaticus* and the Mayfly Nymph *Ephoron Virgo*." *Chemosphere* **61**: pp. 1700–1709.
doi:10.1016/j.chemosphere.2005.03.083.
- [10] Dedieu, N., Rhone, M., Vigouroux, R., Céréghino, R., 2015. "Assessing the Impact of Gold Mining in Headwater Streams of Eastern Amazonia Using Ephemeroptera Assemblages and Biological Traits." *Ecological Indicators* **52**: pp. 332–340.
doi:10.1016/j.ecolind.2014.12.012.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.012>.
- [11] Jandry, J., Brulin, M., Parinet, B., Grandjean, F., 2014. "Ephemeroptera Communities as Bioindicators of the Suitability of Headwater Streams for Restocking with White-Clawed Crayfish, *Austropotamobius Pallipes*." *Ecological Indicators* **46**: pp. 560–565. doi:10.1016/j.ecolind.2014.07.005.
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X14003124>.
- [12] Holmquist, J.G., Waddle, T.J., 2013. "Predicted Macroinvertebrate Response to Water Diversion from a Montane Stream Using Two-Dimensional Hydrodynamic Models and Zero Flow Approximation." *Ecological Indicators* **28**: pp. 115–124.
doi:10.1016/j.ecolind.2012.03.005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.005>.

- [13] Fjellheim, A., Raddum G.G., 1992. "Recovery of Acid-Sensitive Species of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in River Audna after Liming." *Environmental Pollution* **78**: pp. 173–178.
doi:10.1016/0269-7491(92)90026-7. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15091944>.
- [14] Mo, Hyung-ho, Lee, Sung-Eun, Son, J., Hwang, J.M., Bae, Y.J., Cho, K., 2013. "Exposure of Mayfly Ephemera Orientalis (Ephemeroptera) Eggs to Heavy Metals and Discovery of Biomarkers." *Environmental Toxicology and Pharmacology* **36**: pp. 1167–1175. doi:10.1016/j.etap.2013.10.004.
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668913002196>.
- [15] Murphy, J.F., Davy-Bowker, J., McFarland, B., Ormerod, S.J., 2013. "A Diagnostic Biotic Index for Assessing Acidity in Sensitive Streams in Britain." *Ecological Indicators* **24**: pp. 562–572.
doi:10.1016/j.ecolind.2012.08.014.
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X12003056>.
- [16] Driscoll, C.T., Lawrence, G.B., Bulger, A.J., Butler, T.J., Cronan, C.S., Eagar, C., Lambert, K.F., Likens, G.E., Stoddard, J.L., Weathers, K.C., 2001. "Acidic Deposition in the Northeastern United States: Sources and Inputs, Ecosystem Effects, and Management Strategies." *BioScience* **51**: pp. 180.
doi:10.1641/0006-3568(2001)051[0180:ADITNU]2.0.CO;2.
[http://bioscience.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0180:ADITNU\]2.0.CO;2](http://bioscience.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1641/0006-3568(2001)051[0180:ADITNU]2.0.CO;2).
- [17] Oberholster, P. J., Genthe, B., Hobbs, P., Cheng, P.H., De Klerk, A.R., Botha, A.M., 2013. "An Ecotoxicological Screening Tool to Prioritise Acid Mine Drainage Impacted Streams for Future Restoration." *Environmental Pollution* **176**: pp. 244–253.
doi:10.1016/j.envpol.2013.01.010. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23434775>.
- [18] Hogsden, K.L., Harding, J.S., 2012. "Anthropogenic and Natural Sources of Acidity and Metals and Their Influence on the Structure of Stream Food Webs." *Environmental Pollution* **162**: pp. 466–474.
doi:10.1016/j.envpol.2011.10.024. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22088498>.

- [19] Monteith, D.T., Hildrew, A.G., Flower, R.J., Raven, P.J., Beaumont, W.R.B., Collen, P., Kreiser, A.M., Shilland, E.M., Winterbottom, J.H., 2005. "Biological Responses to the Chemical Recovery of Acidified Fresh Waters in the UK." *Environmental Pollution* **137**: pp. 83–101.
doi:10.1016/j.envpol.2004.12.026. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15944042>.
- [20] Wingfield, C.A., 1939. "The Function of the Gills of Mayfly Nymphs from Different Habitats." *Journal of Experimental Biology* **16**: pp. 363–373.
- [21] Okland, J., Okland, K.A., 1986. "Factors and Conditions Affecting Bottom Animals in Streams and Lakes 1) External Factors." *Experimentia* **42**: pp. 471–486.
- [22] Baldissierotto, B., 2011. "Water pH and Hardness Affect Growth of Freshwater Teleosts." *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**: pp. 138–144.
- [23] Lopes, J.M., Silva, L.V.F., Baldissierotto, B., 2001. "Survival and Growth of Silver Catfish Larvae Exposed to Different Water pH." *Aquaculture International* **9**: pp. 73–80.
doi:10.1023/A:1012512211898.
- [24] Havas, M., 1981. "Physiological response of aquatic animals to low pH." *R. Singer* **141**, pp. 49-65
- [25] Barber-James, H.M., Gattolliat, J.L., Sartori, M., Hubbard, M.D., 2008. "Global Diversity of Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in Freshwater." *Hydrobiologia* **595**: pp. 339–350. doi:10.1007/s10750-007-9028-y.
- [26] Schindler, D.W., 1988. "Effects of acid rain on freshwater ecosystems." *Science* **239**.
- [27] McCafferty, W.P., 1983. "Aquatic Entomology: The Fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives - Mayflies." *Jones & Bartlett*, pp. 91–123. ISBN 978-0-86720-017-1.

- [28] Pérez, G.R., 1989. "Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia." *Journal of the North American Benthological Society* **8**: pp. 373. DOI:10.2307/1467503
- [29] Dominguez, E., Molineri, C., Pescador, M.L., Hubbard, M.D., Nieto, C., 2006. "Ephemeroptera of South America." *Pensoft Publishers* **2**: pp. 17–24. ISBN 978-954-642-259-0.
- [30] Hauer, F.R. & Lamberti, G.A., 2011. "Methods in Stream Ecology." *Academic Press* **2**: pp. 538, 561. ISBN 978-0-08-054743-5.
- [31] Feminella, J.W., Hawkins, C.P., 1995. "Interactions between stream herbivores and periphyton: A quantitative analysis of past experiments." *Journal of the North American Benthological Society* **14**: pp 465-509.
- [32] Capinera, J.L., 2008. "Encyclopedia of Entomology." *Springer Science & Business Media* **2**: pp. 4158–4165. ISBN 978-1-4020-6242-1.
- [33] <http://www.askiitians.com/iit-jee-chemistry/organic-chemistry/environmental-chemistry/effects-of-air-pollution.html>
- [34] Kato, M.T., 1983. "Roteiro de aula da disciplina Qualidade da Água, do Ar e do Solo – Alcalinidade". *Escola de Engenharia Mauá, São Caetano do Sul/SP*.
- [35] Hoell, H.V., Doyen, J.T., Purcell, A.H., 1998. "Introduction to Insect Biology and Diversity." *Oxford University Press* **2**: pp. 320. ISBN 0-19-510033-6.
- [36] Rodrigues, A.C., Coelho, P.S., Silva, S.P., Fonseca, M.R., Diogo, P.A., 2002. "Water quality modeling for the Ave river basin: evaluating diffuse pollution." Conference Proceedings of the 6th Water Congress, APRH — *Portuguese Water Resources Association*.

- [37] Menz, F.C., Seip, H.M., 2004. "Acid Rain in Europe and the United States: An Update." *Environmental Science & Policy* **7**: pp. 253–265.
doi:10.1016/j.envsci.2004.05.005.
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901104000590>.
- [38] Baldigo, B.P., Lawrence, G.B., Bode, R.W., Simonin, H.A., Roy, K.M., Smith A.J., 2009. "Impacts of Acidification on Macroinvertebrate Communities in Streams of the Western Adirondack Mountains, New York, USA." *Ecological Indicators* **9**: pp. 226–239. doi:10.1016/j.ecolind.2008.04.004.
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X08000484>.
- [39] Driscoll, C.T., Driscoll, K.M., Mitchell, M.J., Raynal, D.J., 2003. "Effects of Acidic Deposition on Forest and Aquatic Ecosystems in New York State." *Environmental Pollution* **123**: pp. 327–336.
doi:10.1016/S0269-7491(03)00019-8.
8. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749103000198>.
- [40] Matthias, U., 1983. "Der Einfluss der Versauerung auf die Zusammensetzung von Bergbachbiozönosen." *Arch. Hydrobiol. Suppl.* **65**: pp. 407-483.
- [41] Wilkie, M.P, Wood, C.M., 1994. "The effects of extremely alkaline water (pH 9,5) on rainbow trout gill function and morphology." *Journal of Fish Biology* **45**: pp. 87-98
- [42] McCormick, S.D., Farrell, A.P., Brauner, C.J., 2013. "Fish Physiology: Euryhaline Fishes." *Academic Press - Fish Physiology* **32**. ISBN: 978-0-12-396951-4
- [43] Schindler, D. and Vallentyne, J.R., 2004. "Over fertilization of the World's Freshwaters and Estuaries." *University of Alberta Press* **1**. ISBN 0-88864-484-1

Anexo

Fotos / Outras Imagens

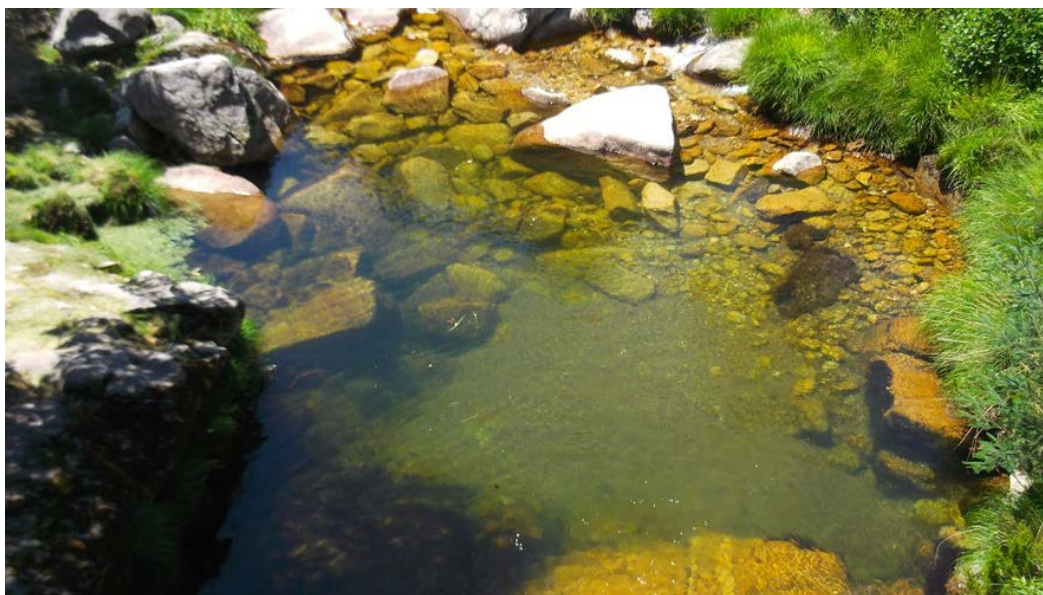


Fig. 7 - Ponto 1, Ponte da Parada, Agra (Vieira do Minho)



Fig. 8 - Ponto 2, Praia Fluvial da Rola, Areosa (Fafe)



Fig. 9 - Ponto 3, Calçada de Barco, Caldas das Taipas (Guimarães)

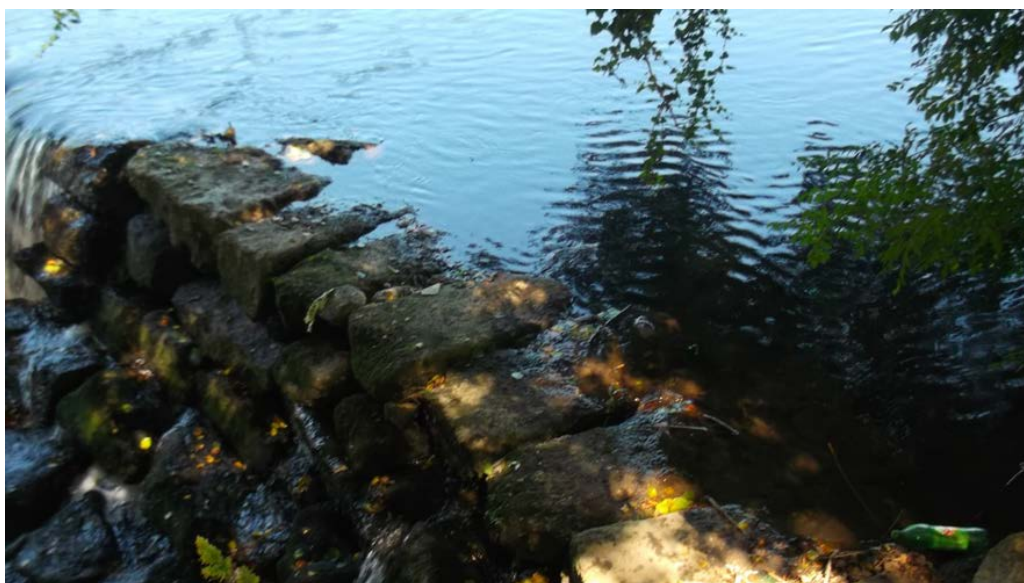


Fig. 10 - Ponto 4, Azenha Velha, Riba D'Ave (V. N. Famalicão)



Fig. 11 - Ponto 5 – Parque Urbano da Rabada, Burgães (Santo Tirso)



Fig. 12 - Ponto 6 – Ponte da Lagoncinha, Lousado (Santo Tirso)

Nota: Figuras de 1 a 6 são de autoria pessoal.

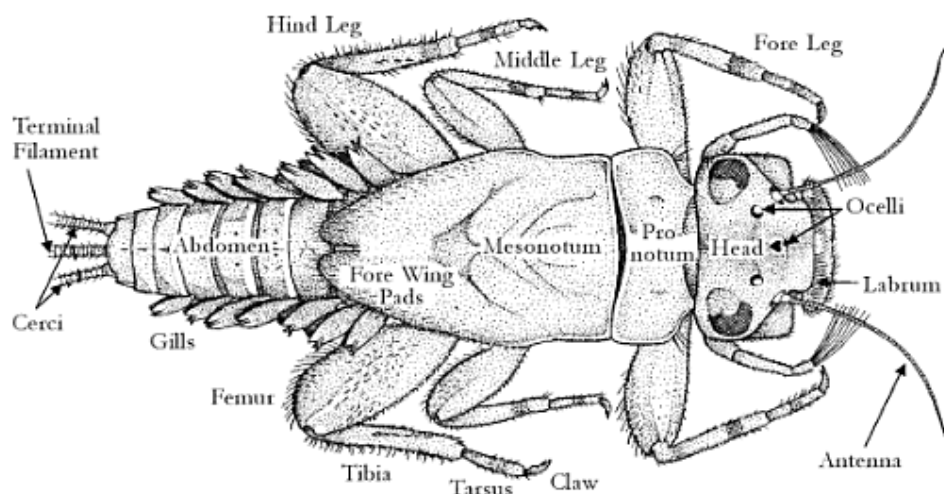


Fig. 13 – Identificação das diversas partes do corpo de uma ninfa Ephemeroptera (retirado do livro [29])

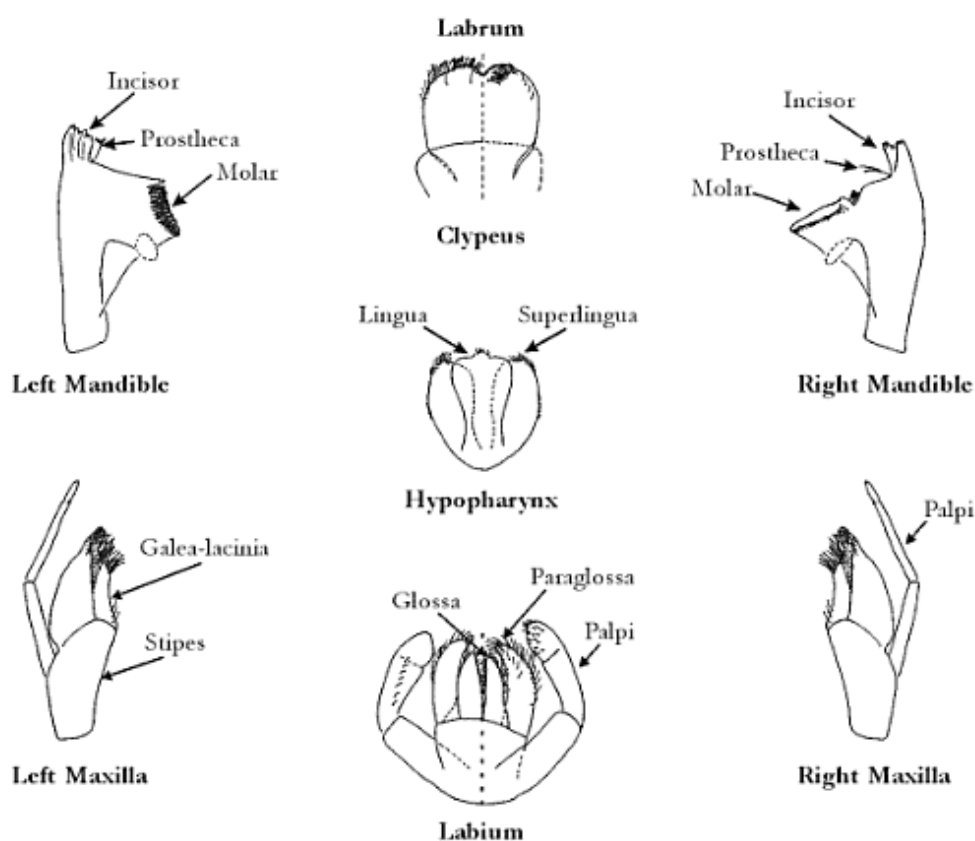


Fig. 14 – Identificação das diversas peças bocais de uma ninfa Ephemeroptera (retirado do livro [29])

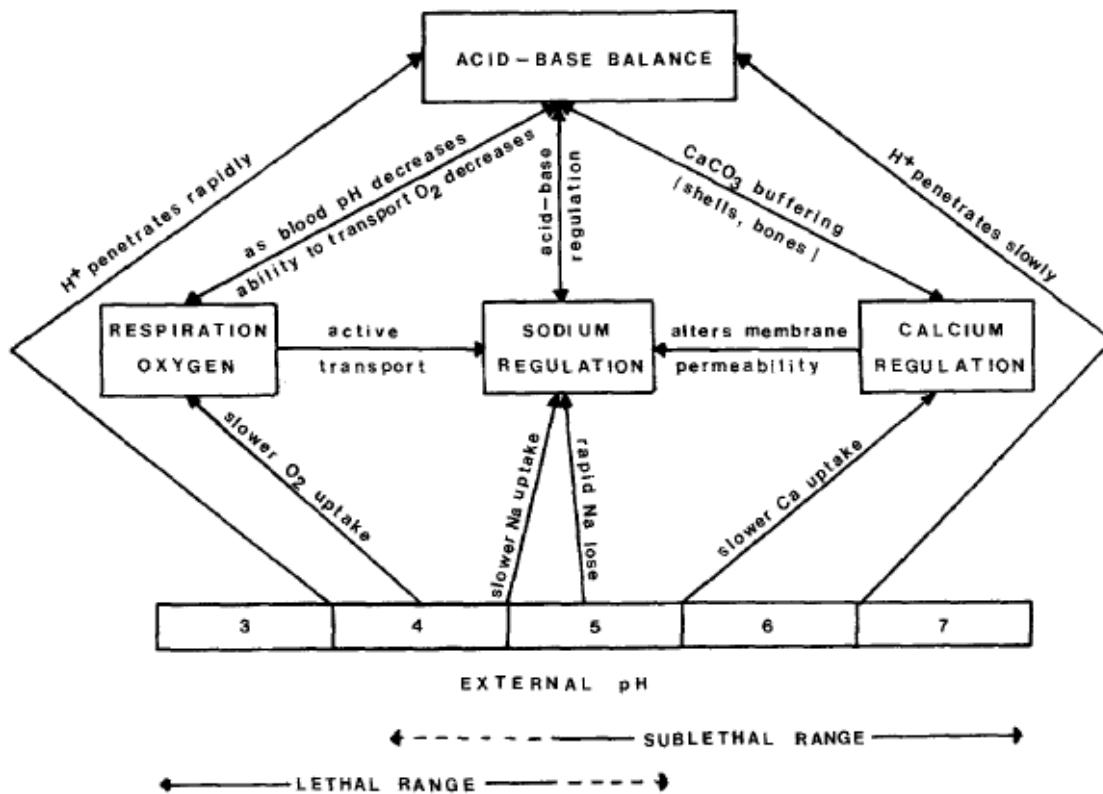


Fig. 15 – Esquema representativo dos efeitos da variação do pH (retirado do artigo [21] e desenvolvido apartir do artigo [24])

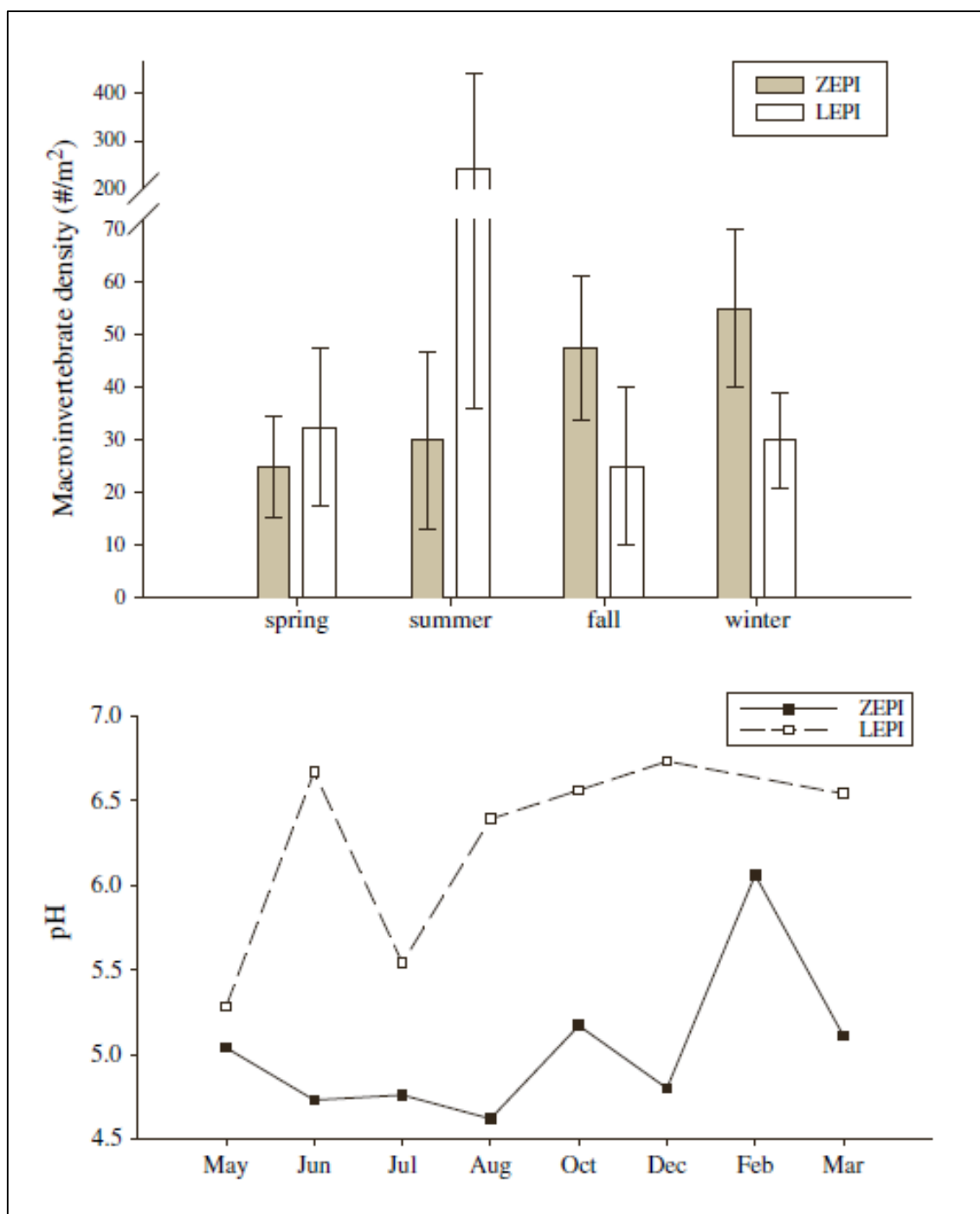


Fig. 16 – Gráficos de um estudo realizado por MacCausland, onde é possível observar uma ligação entre a variação do pH e a densidade de macroinvertebrados (retirado do artigo [4])