



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Ana Filipa Rosa Godinho
André Filipe Duarte Fróis
André Filipe Nunes Oliveira
José Carlos Melo Marôco
Vasco Augusto Amaro Lopes

**Cartografia Ecológica e Monitorização
Ambiental da
Reserva Natural do Paul do Boquilobo**

Projeto

Orientado por:

Doutor Luís Santos, Instituto Politécnico de Tomar
Doutora Cecília Baptista, Instituto Politécnico de Tomar

Júri

Engenheiro João Antunes, Instituto Politécnico de Tomar

Projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Ambiente e Biológica

Dedicamos este trabalho
aos nossos amigos e familiares
que sempre nos apoiaram
ao Instituto Politécnico de Tomar e à
Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível devido ao apoio incondicional de inúmeras pessoas. Queremos assim, expressar os nossos sinceros agradecimentos às pessoas e entidades que tornaram possível a realização deste projeto.

Em primeiro lugar queremos agradecer aos nossos orientadores, Doutor Luís Filipe Neves Carreira dos Santos e Doutora Cecília de Melo Correia Baptista pela preciosa orientação científica e ajuda ao longo deste projeto.

Aos docentes do Instituto Politécnico de Tomar, Mestre Teresa Silveira, ao Doutor Victor Gaspar, responsável pelos Laboratórios de Física, Química e Raios X, aos responsáveis pelos laboratórios de Engenharia do Ambiente e Biológica, Eng^a Isabel Silva e Eng.^o Alcino Serras, e à auxiliar de educação Conceição do Vale.

Ao responsável pela reserva natural do Paul do Boquilobo, Arq. Fernando Pereira, por ter permitido a realização deste projeto e ter ao longo do tempo estado sempre disponível.

Ao Sr. Fernando Pinto e ao Sr. António Figueiredo que estiveram sempre disponíveis para nos transportar, guiar pela reserva e ajudar na recolha das amostras. Ao Sr. Triguinho pelos esclarecimentos que permitiram o enquadramento histórico do Paul.

Às seguintes entidades, agradecemos o apoio prestado, indispensável para a realização deste projeto:

Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Tomar e Reserva Natural do Paul do Boquilobo pela total disponibilidade, quer ao nível de equipamento, quer de instalações.

A todos os familiares e amigos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

A todos um grande Bem-Haja.

RESUMO

Este trabalho de projeto surgiu na sequência do trabalho iniciado no ano letivo anterior e que visava contribuir para a análise ambiental da Reserva Natural do Paul do Boquilobo. Contudo, neste trabalho pretendeu-se alargar o âmbito de alguns domínios de estudo e introduziram-se novos temas de análise, para possibilitar a criação da cartografia ecológica daquela área protegida, o alargamento da monitorização da qualidade das águas para um horizonte de tempo anual e para dar início à análise da qualidade dos solos.

Foi realizada a caracterização da ocupação do solo da Reserva desde 1967 até 2012 e a delimitação e identificação dos habitats aí existentes. A partir de Cartas Militares, Cartas Agrícola Florestal e Carta Geológica de Portugal, Ocupação do Solo e dos ortofotomapas atuais e utilizando o software ArcMap 9.3 foram produzidos vários mapas que possibilitaram avaliar a evolução da ocupação do solo na Reserva. Deste estudo destaca-se o aumento das áreas naturais (atualmente de 45%), o que parece dever-se em grande medida ao abandono do cultivo do arroz. Identificaram-se 11 habitats distintos, ressaltando em área relativa o habitat de Pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas da *Molinio-Holoschoenion*, que ocupa 34% da área total da Reserva. Este habitat é secundado pelo de Galerias ripícolas de *Salix alba* e *Populus alba*, que ocupa 30,5% daquela zona húmida.

Com o objetivo de avaliar as principais fontes de contaminação e no sentido de estimar o impacto das atividades agrícolas extensivas praticadas nas áreas limítrofes da Reserva foi desenhado um plano de análise e caracterização dos principais solos segundo o método aleatório, estratificado de acordo com as principais unidades indicadas na carta geológica.

As análises efetuadas permitiram caracterizar a granulometria de solos, componente orgânica, arejamento, água, permeabilidade, características químicas como Azoto, Fosfatos, Potássio, Condutividade e pH, e todas as amostras foram analisadas através da Espectroscopia de Raman.

Os resultados permitiram diferenciar duas tipologias de solos, os aluvionares e os depósitos de vertente associados ao rio Tejo, criando-se uma nova cartografia de solos de acordo com os desvios padrão das amplitudes observadas para cada um dos parâmetros analisados. Os resultados indicam que a utilização agrícola dos solos tem pouco impacto na contaminação dos mesmos. No entanto, o efeito cumulativo desta atividade, agravado pelo facto destes solos

de paul estarem permanentemente saturados, pode alterar os processos naturais do ciclo de nutrientes.

Com objetivo de avaliar a qualidade da água da Reserva, que tem observado episódios de poluição regulares que afetam a importante biodiversidade que alberga, foram selecionados seis pontos, três dos quais no rio Almonda, dois nas principais valas e o último em habitat lântico num dos lagos eutróficos do paul. Seguindo as recomendações metodológicas da Diretiva Quadro da Água, foram analisados os parâmetros químicos pH, Condutividade, OD, CBO, CQO, SST, SDT, Fosfatos, Nitratos, Bactérias totais e Coliformes totais, e em simultâneo, os Bioindicadores ecológicos, tendo sido escolhidos para este efeito os macroinvertebrados bentônicos. Os resultados indicam alterações frequentes da qualidade da água, em particular no Rio Almonda e Vala das Cordas, onde a sazonalidade e alterações no caudal contribuem para acentuar as alterações introduzidas. Os macroinvertebrados bentônicos confirmam os resultados químicos, observando-se alterações consideráveis de abundância e diversidade, podendo-se concluir que existem fontes de poluição a montante no Rio Almonda, fator que se agrava na época estival onde o potencial de diluição é menor.

PALAVRAS-CHAVE: RNPB, cartografia ecológica, habitats, macroinvertebrados, análise de solos, qualidade da água.

ABSTRACT

The current Project followed the sequence of the work developed during the previous curricular year, which aimed to contribute towards the environmental analysis of the Natural reservation of Paul do Boquilobo. However, in the current work new objectives were traced in order to broaden the domains in study by introducing new parameter of analysis, enabling the creation of ecological cartography, enlarging the timescale and introduce soil analysis.

Characterization of the reservation landuse was mapped since 1067 to 2012, as were delineated and identified the existing habitats. From military, agricultural, geological maps, land use and aerial photographs, modelled with the software ArcMap 9.3 several maps were produced enabling the evaluation of landuse development of the reservation.

The current study brought to evidence the increase of natural areas (currently 45%), which is attributed mostly to the abandonment of rice plantation. Eleven habitats were identified, with emphasis, area wise, in humid Mediterranean grasslands *Molinio-Holoschoenion*, occupying 34% of the total area, followed by riparian galleries of *Salix alba* and *Populus alba*, occupying 30,5%.

With the objective to evaluate contamination sources and the impact of agricultural practices on the surrounding fields, random stratified sampling of several geological areas of the reservation was drawn, aiming towards a proper characterisation of the reservation soils. Soils were analysed in granulometry, organic concentration, air, water, permeability and chemical characteristics such as nitrates, phosphates, potassium, conductivity and pH. Furthermore all samples were analysed by Raman spectroscopy.

Results allowed the differentiation of two soil typologies, floodplains and terraces associated to the Tagus River, enabling the creation of new soil cartography following the standard deviation ranges of values identified in each sample. Results also indicate that soils have little immediate impact on water contamination, however cumulative accumulation favoured by the fact that soils are permanently saturated, may alter the natural cycles of nutrients.

Water quality was evaluated, following the frequent pollution episodes which despoil the important biodiversity, selecting six points systematically spread at frequent intervals, being 3 of which in the mainstream Almonda River, two in the drainage canals and the last point on a lentic habitat in one of the atrophic lakes. Following recommendations of the Water Framework Directive, the parameters analysed were pH, Conductivity, OD, CBO, CQO, SST,

SDT, Phosphates, Nitrates, total bacteria, total coliforms and simultaneously bioindicators of water quality using benthonic macroinvertebrates. Results indicate frequent changes in water quality, observed particularly in the Almonda River and Vala das Cordas canal, where seasonality and changes in flow levels contribute towards these changes. Benthonic macroinvertebrates support the chemical analysis, showing considerable changes in abundance and diversity, allowing the confirmation of severe pollution upstream, increasing its impact on the reservation specially during the aestival period where dilution factor is considerably reduced.

Keywords: RNPB, ecological cartography, habitats, macroinvertebrates, soil analysis, water quality.

Lista de Abreviaturas

É comum recorrer-se à utilização de siglas e de abreviaturas ao longo do texto

O significado das mesmas encontra-se identificado na lista seguinte (por ordem alfabética)

BMWP - Biological Monitoring Working Party

CBO₅ - carência bioquímica de oxigénio (5 dias)

CQO - A Carência Química de Oxigénio

ESTT – Escola Superior de Tecnologia de Tomar

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

IPT – Instituto Politécnico de Tomar

NP – Norma Portuguesa.

OD – Oxigénio Dissolvido.

PORNPB - Plano de Ordenamento da Reserva Natural do Paul de Boquilobo.

RNPB – Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

SDF - Sólidos dissolvidos fixos.

SDT - Sólidos dissolvidos totais.

SDV - Sólidos dissolvidos voláteis.

SIG – Sistemas de Informação Geográfica.

SSF - Sólidos suspensos fixos.

SST - Sólidos suspensos totais.

SSV - Sólidos suspensos voláteis.

ST - Sólidos totais.

STF -Sólidos totais fixos.

STV - Sólidos totais voláteis.

ZPE- Zona de proteção especial

ZPI – Zona de proteção integral

Índice

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

Lista de Abreviaturas

Índice

Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas.....	viii
Capítulo 1	1
Caracterização da Reserva e Enquadramento do Projeto.....	1
1.1. Enquadramento	3
1.2. História.....	5
1.3. Localização Geográfica	6
1.4. Caraterização do Paul do Boquilobo	6
1.4.1. O Campo	6
1.4.2. Legislação.....	7
1.4.3. Fauna	10
1.4.4. Flora	15
1.4.5. Caracterização Biogeográfica	19
1.4.6. Caracterização Climática.....	23
Capítulo 2	25
Cartografia Ecológica.....	25
2.1. Objetivo	27
2.2. Introdução	27
2.3. Sistema de informação geográfica.....	28
2.4. Habitats	30
2.4.1. Introdução.....	30
2.4.2. Caracterização dos habitats naturais e seminaturais	31
2.5. Elaboração de cartografia e discussão de resultados	40
2.5.1. Evolução da ocupação do solo	42
2.5.2. Habitats.....	44
Capítulo 3	51
Características dos Solos	51
3.1. Introdução	53
3.2. Formação do solo.....	53
3.3. Perfil do solo.....	54

3.4. Composição do Solo	55
3.5. Propriedades do solo	56
3.5.1. Propriedades físicas	57
3.5.2. Propriedades químicas	61
3.6. Nutrientes vegetais	63
3.7. Metodologia	68
3.8. Recolha das amostras	71
3.9. Análise de solos	72
3.10. Espectroscopia de Raman	75
3.10.1. Campo de aplicação - Vantagens e limitações	78
3.10.2. Instrumentação	78
3.10.3. Metodologia de análise	79
3.11. Resultados e discussão	80
Capítulo 4	91
Bioindicadores	91
4.1. Introdução	93
4.2. Macroinvertebrados e o estudo da qualidade da água	94
4.3. A Diretiva-Quadro da Água	97
4.4. Índice de avaliação	98
4.5. Metodologia	99
4.5.1. Pontos de recolha	99
4.5.2. Determinação de macroinvertebrados	103
4.6. Resultados e discussão	106
4.6.1 Ambiente lótico	106
4.6.2 Ambiente lêntico	113
Capítulo 5	117
Análises Físico-Químicas e Microbiológicas	117
5.1. Introdução	119
5.2. Metodologias Analíticas	120
5.2.1 Recolha de amostras	120
5.2.2 Análise dos parâmetros físico-químicos	122
5.2.3 Análises Microbiológicas	130
5.3. Apresentação e discussão de Resultados	131
5.3.1 Análise descritiva	131
5.3.2 Tratamento estatístico	143
5.3.3 Análise Canónica	150
5.3.4 Análises extemporâneas	154

Capítulo 6.....	159
Conclusão.....	159
6. Conclusão.....	161
Bibliografia/ Webgrafia.....	163
Anexo A	A1
Cartografia ecológica.....	A1
Anexo B.....	B1
Características dos Solos	B1
Anexo C.....	C1
Bioindicadores	C1
Anexo D	D1
Análises Físico-Químicas e Microbiológicas	D1

Lista de Figuras

Figura 1. 1- Logotipo da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.....	4
Figura 1. 2- Construção e restauração de umas escadas e ponte.....	5
Figura 1. 3- Garça Boieira (<i>Bubulcus ibis</i>)	11
Figura 1. 4- Garça-branca (<i>Egretta garzetta</i>)	11
Figura 1. 5- Garça-cinzenta (<i>Ardea cinerea</i>)	11
Figura 1. 6- Colhereiro (<i>Platalea leucorodia</i>)	11
Figura 1. 7- Águia pesqueira (<i>Pandion haliaetus</i>)	12
Figura 1. 8- Borrelho-pequeno-de-coleira (<i>Chaadrius dubius</i>)	12
Figura 1. 9- Marrequinha (<i>Anas crecca</i>)	12
Figura 1. 10- Pato-Real (<i>Anas platyrhynchos</i>).....	12
Figura 1. 11- Lontra (<i>Lutra lutra</i>)	13
Figura 1. 12- Toirão (<i>Mustela putorius</i>)	13
Figura 1. 13- Rato-de-cabrera (<i>Microtus lasiopterus</i>)	13
Figura 1. 14- Raposa (<i>Vulpes vulpes</i>)	13
Figura 1. 15- Doninha (<i>Mustela nivaalis</i>)	13
Figura 1. 16- Cágado- de-carapaça-estriada (<i>Emys orbicularis</i>)	14
Figura 1. 17- Cobra-de-água-veperina (<i>Natrix maura</i>)	14
Figura 1. 18- Enguia (<i>Anguilla anguilla</i>)	14
Figura 1. 19- Ruivaco (<i>Rutilus macrolepidotus</i>)	14
Figura 1. 20- Fataça (<i>Lisa Ramada</i>)	14
Figura 1.21- Rã-verde (<i>Rana perezi</i>).....	15
Figura 1. 22- Salamandra-de-costelas-salientes (<i>Pleurodeles walti</i>)	15
Figura 1. 23- Salgueiro-branco (<i>Salix alba</i>) na faixa ripícola.....	16
Figura 1. 24- Choupo-branco (<i>Populus alba</i>) na faixa ripícola	16
Figura 1. 25- Freixo (<i>Fraxinus angustifolia</i>)	16
Figura 1. 26- Carvalho-português (<i>Quercus faginea</i>)	16
Figura 1. 27- Caniço (<i>Phragmites australis</i>).....	16
Figura 1. 28- Tojo (<i>Ulex, sp</i>).....	16
Figura 1. 29- Mouta de urze (<i>Erica, sp</i>).....	17
Figura 1. 30- Silvas (<i>Rubus ulmifolius</i>).....	17
Figura 1. 31- Junco (<i>Scirpoides holoschoenus</i>)	17
Figura 1. 32- <i>Ranunculus peltatus</i>	17
Figura 1. 33- Bunho (<i>Scirpus lacustris</i>)	17
Figura 1. 34- Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>).....	18
Figura 1. 35- Pinheiro bravo (<i>Pinus pinaster</i>).....	18
Figura 1. 36- Jacinto de água (<i>Eichornia crassipes</i>).....	18
Figura 1. 37- Figueira-do-inferno (<i>Datura stramonium</i>)	18
Figura 1. 38 Caracterização Biogeográfica de Portugal.....	22
Figura 1. 39- Gráfico Termopluviométrico de 2002 a 2009	24
Figura 2. 1-Gráficos da área de ocupação em 1967, 1990 e 2012	43
Figura 2. 2 Mapa da área da reserva com os diferentes habitats e a ocupação do solo em 2012	45
Figura 2. 3- Gráfico da distribuição dos habitats	46
Figura 2. 4- Representação do Habitat 6420	46
Figura 2. 5-Representação do Habitat 92A0	47
Figura 2. 6-Representação do Habitat 3130	47
Figura 2. 7-Representação dos Habitats 6310, 9330 e 9240	48

Figura 2. 8 Representação do Habitat 91B0.....	49
Figura 2. 9-Representação dos Habitats 3260 e 3290	49
Figura 2. 10-Representação dos Habitats	50
Figura 3. 1- Fatores de formação do solo	53
Figura 3. 2- Perfil do Solo	55
Figura 3. 3- Gráfico da constituição do solo	55
Figura 3. 4- Diagrama triangular de textura	59
Figura 3. 5- Relação entre a quantidade de nutriente e o pH	62
Figura 3. 6- Ciclo do azoto	65
Figura 3. 7- Ciclo do fosforo	66
Figura 3. 8- Ciclo do Potássio	68
Figura 3. 9- Imagem dos <i>Narcissus fernandesii</i> encontrados na RNPB	69
Figura 3. 10- Mapa da geologia com os pontos de recolha de amostra de solos	70
Figura 3. 11- Recolha de solo.....	71
Figura 3. 12- Tubo de armazenamento da amostra de solo.....	72
Figura 3. 13- Dr. Chandrasekhara Venkata Raman	75
Figura 3. 14- Espectro de difusão de Raman	77
Figura 3. 15- Diagrama esquemático da espectroscopia de Raman	79
Figura 3. 16- Gráfico com os valores de pH dos solos analisados.....	80
Figura 3. 17- Gráfico com os valores da condutividade dos solos analisados.....	81
Figura 3. 18-Gráfico com os valores dos principais nutrientes dos solos analisados	82
Figura 3. 19 – Representação geográfica dos nitratos.....	83
Figura 3. 20 – Representação geográfica do fósforo.....	84
Figura 3. 21- Representação geográfica do potássio.....	85
Figura 3. 22- Gráfico com percentagem dos constituintes dos solos analisados	86
Figura 3. 23- Gráfico com os valores da granulometria do solo	86
Figura 3. 24- Gráfico da porosidade dos solos.....	88
Figura 3. 25- Gráfico dos espetros das amostras de solos analisadas por espectroscopia de Raman.....	89
Figura 4. 1- Espécies de macroinvertebrados bentónicos, com diferentes graus de tolerância à poluição	96
Figura 4. 2-Início da Reserva (Ponto 1)	100
Figura 4. 3- Braço do Cortiço (Ponto 2).....	100
Figura 4. 4- Vala da Sangria (Ponto3).....	101
Figura 4. 5- Ponte da Broa (Ponto 4)	101
Figura 4. 6- Vala das Cordas (Ponto 5).....	102
Figura 4. 7-Ponte do Himalaia (Ponto 6)	102
Figura 4. 8- Recolha de macroinvertebrados em meio lótico.	103
Figura 4. 9- Introdução da caixa de recolha de macroinvertebrados, no ponto de recolha com condições lânticas.....	104
Figura 4. 10- Armazenamento da amostra em caixa com tampa	104
Figura 4. 11- <i>F. Physidae</i>	105
Figura 4. 12- <i>Psychodidae</i>	105
Figura 4. 13- <i>F. Tanypodinae</i>	105
Figura 4. 14- <i>F. Bithyniidae</i>	105
Figura 4. 15- <i>Tr. Chironomini</i>	105
Figura 4. 16- <i>F. Unionidae</i>	105
Figura 4. 17- <i>F. Atydae</i>	106
Figura 4. 18- <i>F. Chironomidae</i>	106
Figura 4. 19- Abundância relativa das Famílias de macroinvertebrados	106

Figura 4. 20-Gráfico da abundância dos macroinvertebrados nos pontos de amostragem ao longo do ano de estudo.....	107
Figura 4. 21- Gráfico da Diversidade nos pontos de amostragem ao longo dos 12 meses de estudo.	108
Figura 4. 22-Gráfico com os valores dos Índices de BMWP' obtidos.....	109
Figura 4. 23- Gráfico da Abundância dos macroinvertebrados no ponto de amostragem 3 no total de 8 meses de estudo	111
Figura 4. 24-Gráfico da Diversidade nos pontos de amostragem ao longo do estudo.....	112
Figura 4. 25-Gráfico dos valores dos Índices de BMWP' obtidos.....	112
Figura 4. 26-Gráfico da Abundância dos macroinvertebrados nos pontos 2 e 5	113
Figura 4. 27-Gráfico da diversidade dos macroinvertebrados nos pontos 2 e 5	114
Figura 4. 28-Gráfico com os valores dos Índices de BMWP' obtidos.....	114
Figura 5. 1- Valores obtidos <i>in situ</i> da temperatura de todos os pontos ao longo de um ano de estudo	132
Figura 5. 2- Valores obtidos <i>in situ</i> do pH de todos os pontos ao longo de um ano de estudo	133
Figura 5. 3- Valores de condutividade obtidos em laboratório de todos os pontos ao longo de um ano de estudo.....	134
Figura 5. 4-Variação dos Sólidos Dissolvidos totais ao longo do tempo, para todos os locais de recolha	135
Figura 5. 5-Variação do Oxigénio Dissolvido ao longo do tempo, para todos os locais de recolha	136
Figura 5. 6-Variação dos Sólidos Suspensos totais ao longo do tempo, para todos os locais de recolha.....	137
Figura 5. 7-Variação da CBO ₅ ao longo do tempo, para todos os locais de recolha	138
Figura 5. 8- Variação da CQO ao longo do tempo, para todos os locais de recolha.....	139
Figura 5. 9-Variação do teor de nitratos ao longo do tempo, para todos os locais de recolha.....	140
Figura 5. 10-Variação do teor de fosfatos ao longo do tempo, para todos os locais de recolha	141
Figura 5. 11- Número de coliformes totais ao longo do tempo, para todos os pontos de recolha	142
Figura 5. 12- Variação do número total de bactérias ao longo do tempo, para todos os locais de recolha	143
Figura 5. 13- Dendrograma de similaridade das amostras criado a partir das correlações entre as.....	144
Figura 5. 14- Variância dos principais fatores	146
Figura 5. 15- Plot de todas as variáveis químicas com quatro fatores	147
Figura 5. 16- Valores de análise dos fatores com os dados agrupados pela data de recolha .	148
Figura 5. 17- Valores de análise dos fatores com os dados agrupados pelo local de recolha	149
Figura 5. 18- Diagrama da relação entre o gradiente direta e indireta.....	151
Figura 5. 19- Gráfico da análise canónica das variáveis ambientais com as recolhas realizadas	152
Figura 5. 20-Análise Canónica relação dos macroinvertebrados com as variáveis ambientais	153
Figura 5. 21- Gráfico dos valores obtidos de Temperatura e pH respeitantes aos pontos 1 e 2	155
Figura 5. 22- Resultados das análises laboratoriais de OD, fosfatos e nitratos respeitantes aos pontos 1 e 2	156
Figura 5. 23- Resultados das análises laboratoriais de condutividade, CBO ₅ e CQO respeitantes aos pontos 1 e 2	156

Figura 5. 24- Gráfico dos valores obtidos das análises microbiológicas 157

Lista de Tabelas

Tabela 2. 1- Tabela de índice de Haitats existentes na RNPB	32
Tabela 2. 2- Distribuição da área da reserva pelos vários tipos, nos anos de 1967, 1990, 2012	42
Tabela 3. 1 – Propriedades dos solos	57
Tabela 3. 2- Elementos essenciais para as plantas e formas assimiláveis	64
Tabela 3. 3 tabela adaptada da densidade aparente de alguns tipos de solos	88
Tabela 4. 1-Classes de qualidade, estabelecidas pelos valores de BMWP' e interpretação por cores	110
Tabela 5. 1- Qualidade da água doce em função da condutividade	124
Tabela 5. 2 – Correlação entre três fatores	145
Tabela 5. 3-Resumo da análise canónica apenas das variáveis ambientais	152
Tabela 5. 4- Resultados obtidos das análises microbiológicas.....	155

Capítulo 1

Caracterização da Reserva e Enquadramento do Projeto

Resumo: Neste capítulo efetua-se uma pequena introdução ao trabalho, como este surgiu e como foi desenvolvido.

1.1. Enquadramento

A Reserva Natural do Paul do Boquilobo é uma zona húmida de água doce pertencente à bacia hidrográfica do Tejo. Esta reserva integra um papel muito importante na proteção da fauna, flora e regulação do equilíbrio hídrico de uma vasta área que excede a da própria Reserva Natural. Estes Espaços são muito importantes para espécies que, devido à sua fragilidade, estão dependentes da proteção aqui encontrada. Assim, e pela necessidade de uma monitorização contínua, para que qualquer pequena alteração seja imediatamente detetada e, se possível, resolvida, nasce o fundamento para este trabalho.

A elaboração deste trabalho teve o seu início no prosseguimento do estudo realizado pelo grupo de trabalho do ano transato, estudo esse que se estendeu de Abril a Setembro de 2011.

Um dos estudos realizados na reserva prende-se com a análise do estado das águas superficiais desta. Para esta avaliação, foram feitas análises físico-químicas, análises microbiológicas e recolha de macroinvertebrados bentónicos, como bioindicadores da qualidade da água.

Devido ao carácter contínuo deste projeto, o espaço temporal para elaboração do nosso estudo teve como finalidade perfazer doze meses de recolhas de águas, sendo que para isso realizámos os trabalhos de campo de Novembro de 2011 a Abril de 2012.

Utilizando as informações do ano anterior, foi necessário continuar as análises nos locais, já definidos, pelo grupo de trabalho anterior, para recolha das amostras, respeitando a mesma periodicidade mensal.

A pluviosidade, durante o período de Inverno, foi bastante reduzida, o que não originou grandes caudais na vala das cordas e no rio Almonda. Este facto traduz-se numa redução do arrastamento para os cursos de água de possíveis resíduos dos produtos químicos utilizados nos campos agrícolas. Este facto contribuiu assim para um ano de clima atípico.

Com recurso à utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG), foi elaborada cartografia respeitante à ocupação do solo, entre o período de 1967 até 2012, para que se pudesse avaliar a sua evolução. Utilizando o mesmo sistema, foi feito também o levantamento de todos os habitats existentes na área abrangida pela reserva, em virtude de ser uma obrigação imposta pela Rede Natura 2000 e a RNPB ser a única reserva, a nível

nacional, que não possui esta tipologia cartográfica. O logotipo desta reserva apresenta-se na figura 1.1.

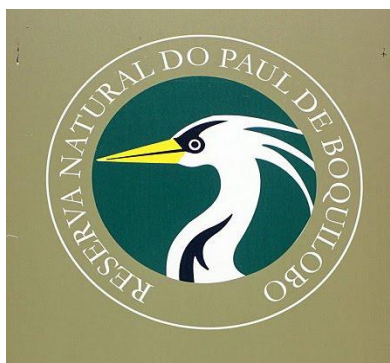


Figura 1. 1- Logotipo da Reserva Natural do Paul do Boquilobo

Em relação ao estudo de solos, foram feitas recolhas em cinco locais previamente definidos por este grupo de trabalho, que inclui os alunos, orientadores de projeto e direção da Reserva Natural do Paul do Boquilobo. Foram feitas várias análises para caracterização físico-química dos solos. Na tentativa de determinar o possível teor em macronutrientes do solo, sendo estes, nitratos, fosfatos e potássio, recorreu-se à Espectrofotometria do Visível. Através de ensaios físicos, determinou-se a granulometria, a porosidade, a quantidade de matéria orgânica e a composição do solo das diversas amostras. Com recurso à Espectroscopia de Raman, pretende-se fazer uma identificação de alguns dos constituintes presentes no solo.

Durante este projeto, para além das recolhas de águas, solos, identificação de espécies e caracterização de habitats, realizámos conjuntamente com os elementos da reserva uma atividade de cariz pedagógico, num dos trilhos da reserva natural no Paul do Boquilobo no qual se efetuaram a limpeza de vegetação seca existente nalgumas valas, assim como a construção e restauração de umas escadas e ponte, com sulipas fornecidas pela reserva. As escadas vieram, desta forma, dar acesso a um pequeno dique, que é utilizado no presente, como uma ponte que incorpora o percurso pedestre da RNPB, como se pode ver na figura 1.2.



Figura 1. 2- Construção e restauração de umas escadas e ponte

Tanto a restauração da ponte como a construção das referidas escadas, vem possibilitar às pessoas que pretendam visitar a reserva, uma travessia mais cómoda no percorrer do trilho pedestre, focando a atenção do observador na paisagem envolvente.

Foi também realizada pela equipa de projeto e pelos técnicos da reserva uma sessão de educação ambiental na zona protegida da reserva integral. Numa deslocação em barco foi possível observar a variedade de aves que nidificam naquelas zonas de bunhal e salgueiral, com destaque para a cegonha, varias garças (boeira, branca, vermelha, cinzenta) o pato-real e o colhereiro, entre outras. Foi ainda possível observar a grande altura de água existente naquela zona indicada pela escala do limnígrafo – 1,25m (18 de junho de 2012).

1.2. História

Os terrenos do Paul do Boquilobo faziam parte da Quinta da Nossa Senhora da Graça do Paul do Boquilobo. Até ao século XV, eram pertença da Ordem do Templo e da Ordem de Cristo, tendo sido expropriados pelo rei D. João I com o argumento do “seu não aproveitamento nos 40 anos antecedentes” (CMG, 2011).

No ano de 1432 quando esta quinta foi doada de sesmaria ao infante D. Henrique, sendo este seu proprietário durante os quatro anos seguintes. Findos estes anos, trocou a referida quinta pelo Paul de Travas cujo proprietário era D. Fernando de Castro, governador de sua casa. Esta troca teve como condição: (o Paul do Boquilobo deve) “andar sempre indiviso,

por demonstrar a experiência que paus divididos são perdidos, por os herdeiros não fazerem as valas”. O seu novo dono desenvolveu a atividade agrícola em todo ele, excepto nas áreas alagadas que foram convertidas em território de caça para as famílias reais e restante nobreza (Telles, 1996).

1.3. Localização Geográfica

A Reserva Natural do Paul do Boquilobo está situada na bacia hidrográfica do rio Almonda, perto da sua confluência com o Tejo e estende-se pelos concelhos da Golegã (freguesia da Azinhaga) e de Torres Novas (freguesia da Brogueira).

A maior parte dos terrenos de que é composta, faziam ou ainda fazem parte de três grandes quintas da região: a Quinta de Mato Miranda, a Quinta da Broa e principalmente da Quinta de Nossa Senhora do Paul do Boquilobo, antiga proprietária dos terrenos do paul.

Algumas das áreas da Reserva Natural estão localizadas em cota inferior à cota de cheia do rio Tejo, originando assim, que em anos de Invernos mais rigorosos, ou através de descargas das instalações hídricas instaladas no Tejo a montante da reserva, os campos fiquem completamente inundados. Antes de este espaço ser Reserva Natural, uma grande parte dos terrenos eram utilizados na agricultura (como por exemplo, arroz, milho, girassol e cânhamo entre outras culturas), o que justifica a existência de uma complexa rede de valas, que permitia fazer uma gestão das necessidades da água. Esta rede converge para a vala da Sangria, onde com o Bombão era retirada a água que estivesse em excesso. Hoje a drenagem do Paul é feita naturalmente.

1.4. Caracterização do Paul do Boquilobo

1.4.1. O Campo

Ainda hoje é assim que se chama a esta vasta área de terrenos, de forma triangular, que tem o seu início nas várzeas junto a Torres Novas e acaba na margem direita do rio Tejo.

Os seus terrenos de aluvião, enriquecidos pelas cheias dos rios Almonda e Tejo, eram uma potencial fonte de riqueza das grandes casas agrícolas existentes na região, assim como, um meio de sustento de uma quantidade de trabalhadores, que direta ou indiretamente dependiam deles.

Nos princípios do séc.XX no início da Primavera, eram marcados os “Hastins”, medidas agrárias usuais para a demarcação das terras. A medida unitária padrão estava marcada na parede de suporte do Pontão do Caminho-de-Ferro à entrada das Cordas e era passada para as varas dos cingeiros e boieiros ou para canas da Índia, sendo as marcas feitas com pequenos cortes de navalha. Após as medições e feitas as balizagens com canas assinaladas com pedaços de papel, eram traçadas as restantes linhas de divisão destas parcelas de terreno, através de um risco feito com o pé, seguido de um rasgo aberto com um charrueco puxado por uma junta de bois, mas com a leiva para dentro (Marques *et al.*, 1998).

Até aos anos sessenta, era normal durante a época agrícola, a vinda de grupos de trabalhadores rurais para ajudarem nos campos. Assim, os Fangueiros, que eram oriundos da Serra de Aire, eram talhados para a cultura do milho, começando após a sua sementeira, até ao arrecadar da colheita. Os Gaibéus, vindos do Alto Alentejo e das Beiras, eram mais utilizados nas ceifas, nas vindimas e na apanha do figo. Por fim, os Barrões que chegavam das Beiras e da Alta Estremadura, ocupavam-se principalmente da apanha da azeitona (Santana, 1998).

Com a introdução da mecanização na agricultura, começou a diminuir substancialmente a necessidade de mão-de-obra, terminando de forma gradual este ciclo de vida, que durante muitos anos caracterizou o “CAMPO”.

1.4.2. Legislação

A criação da Reserva Natural Parcial do Paul do Boquilobo, através do Decreto-Lei nº198/80 de 24 de Junho, teve como finalidade proteger uma vasta área que oferece excelentes condições de habitat para a fauna e flora. Era necessário resguardar esta área das obras de hidráulica (enxugo e drenagem dos pauis) que se estavam a executar em todo o vale do Tejo. Estes trabalhos tinham como finalidade a eliminação das várias zonas húmidas existentes, criando assim novos terrenos de enorme valor para aproveitamento agrícola.

No seu interior existem dois maciços de salgueiros, sendo um deles ocupado por uma importante colónia de garças. A parte central desta área, que está constantemente inundada, aliada à abundância de vegetação aquática, proporciona as condições ideais para a nidificação. Na restante área que só está submersa durante alguns períodos do ano,

desenvolve-se outro tipo de vegetação à base de caniço e bunho, criando zonas de grande valor para algumas espécies de aves migradoras.

A área da Reserva Natural Parcial do Paul do Boquilobo era de quinhentos e vinte e nove hectares.

Com o grande aumento das atividades agrícolas na área do paul do Boquilobo, agravou-se a dificuldade na gestão de toda a zona envolvente, tornando difícil a conservação dos valores naturais, tais como a manutenção da biodiversidade e o equilíbrio ecológico. Assim, tornou-se urgente aplicar o novo quadro de classificação das áreas protegidas definido no Decreto-Lei 19/93 de 23 de Janeiro. Concretizou-se através da sua reclassificação no Decreto Regulamentar n° 49/97, de 20 de Novembro, que assenta em quatro pilares fundamentais:

- I. Preservar e melhorar as condições de habitat para as espécies dependentes do paul, em especial da zona de proteção integral,
- II. Permitir a renaturalização dos terrenos envolventes à zona de proteção com seres vivos naturais locais,
- III. Criar uma zona de transição, com a finalidade de divulgar a compatibilização entre as atividades rurais e a proteção da natureza,
- IV. Produzir estudos científicos que demonstrem o trabalho realizado na conservação da natureza, para que seja possível uma cooperação internacional no quadro da rede de reservas da Biosfera.

É ao abrigo da Diretiva Comunitária n° 79/409/CEE, de 2 de Abril, também conhecida como Diretiva Aves, que a Reserva Natural do Paul do Boquilobo, foi classificada como zona de proteção especial (ZPE), tendo ficado também a pertencer à Rede Natura 2000. Esta classificação foi o reconhecimento pelas autoridades comunitárias da sua enorme importância na proteção e conservação da avifauna aquática migratória.

Cada vez mais era sentida a necessidade de ser feita a inventariação de todo o seu património estrutural e natural, o seu estado e as alterações necessárias para defender os seus legítimos valores. Assim, através da Resolução do Conselho de ministros n° 46/2001, de 10 de Maio, é determinado a elaboração do Plano de Ordenamento da Reserva Natural do Paul do Boquilobo (Telles, 1996).

Com o passar dos tempos após a criação da Reserva Natural foi-se adquirindo um conhecimento mais profundo de toda essa área e de toda a sua envolvência, concluindo-se que seria muito útil proceder ao seu alargamento para que alguns valores situados no Braço do Cortiço e na margem esquerda do rio Almonda a Norte do limite inicial, ficassem protegidos através da legislação da Reserva Natural.

Assim, através do Decreto Regulamentar N°2/2005, de 23 de Março, procedeu-se à alteração dos seus limites geográficos, ficando abrangidas as áreas necessárias para garantir a regulação dos recursos hídricos da área protegida, bem como as zonas agrícolas, próximas das áreas sensíveis de importantes zonas de alimentação de espécies de limícolas e de ardeídeos. Com este alargamento a Reserva Natural do Paul do Boquilobo ficou com uma área total de oitocentos e dezasseis hectares.

Esta Reserva Natural é uma das áreas protegidas que em Portugal foi reconhecida pela UNESCO no âmbito do seu programa “Homem e Biosfera”. É membro desta organização, desde 5 de Dezembro de 1981. Este programa tem como principal objetivo o estudo de métodos onde seja possível conciliar a utilização dos recursos naturais de um modo sustentável com as novas tecnologias, sempre protegendo os valores naturais.

Para ser englobada neste programa, a área referida tinha que obedecer a dois requisitos, ter uma zona núcleo, que na Reserva Natural do Paul do Boquilobo, corresponde à Zona de Proteção Integral (ZPI) e uma zona tampão, correspondente à zona de Uso Exclusivo (ZUE). A gestão deste programa é dividida entre instituições governamentais, não-governamentais e centros de pesquisa (ICNF, 2012).

A riqueza desta zona húmida para a proteção e conservação de espécies, assim com o seu uso racional, foram reconhecidas internacionalmente através da sua designação em 7 de Maio de 1996, para a Lista das Zonas Húmidas de importância internacional ao abrigo da Convenção de Ramsar (ICNB, 2011; Naturlink, 2011).

Por fim, em 1991, foi inventariada como biótopo CORINE C21400012-Reserva Natural Paul do Boquilobo. O Projeto Biótopos CORINE tem como finalidade reunir todos os valores físicos e biológicos importantes para a Conservação da Natureza no espaço da União Europeia.

1.4.3. Fauna

O Paul do Boquilobo é um local muito importante para a proteção de uma grande variedade de fauna, principalmente a avifauna. É nos diversos locais com níveis diferentes de água e vegetação que estas encontram o seu habitat ideal.

A sua importância e riqueza devem-se ao facto de ser uma zona húmida, isolada de outras áreas semelhantes, onde a presença humana é proibida (Zona de Proteção Integral-ZPI), ou planeada (Zona de Uso Exclusivo-ZUE). Outra das características importantes é a variedade de habitats que se encontram nesta zona húmida. Incluem-se os locais com um nível de água baixa e vegetação arbustiva, condição fundamental de proteção e nidificação de várias espécies, zonas permanentemente alagadas, com água mais profunda e isenta de vegetação em grande parte destas áreas, mas com vegetação aquática emergente (caniço, bunho), mais próximo das margens. Por fim, as áreas não inundáveis, são ocupadas por vegetação mediterrânica Choupal.

Na Reserva Natural do Paul do Boquilobo, até ao ano de 2001, tinham sido inventariadas 288 espécies diferentes de vertebrados. Sendo 16 (5,6%) de peixes, 13 (4,5%) de anfíbios, 11 (3,8%) de répteis, 221 (76,7%) de aves e 27 (9,4%) de mamíferos (Mendes, 2001).

As aves são as espécies mais representativas dos vertebrados, principalmente as aquáticas. Durante a Primavera, nos maciços arbóreos (salgueiros) na Zona de Proteção Integral, onde residem algumas espécies de garças, juntam-se-lhes as suas congéneres vindas de África juntamente com os colhereiros (além de não pertencerem à mesma família, nidificam na mesma colónia). Este ano foram inventariados novecentos e noventa e dois ninhos das várias espécies (Nатурlink, 2012).

A garça-boieira encontra-se na figura 1.3 (*Bubulcus ibis*) é a mais representativa da família dos ardeídeos que nidificam nesta zona húmida, seguida da garça-branca-pequena (*Egretta garzeta*) (figura 1.4), do goraz (*Nycticorax nycticorax*), garça-vermelha (*Ardea purpurea*), do garçote (*Ixobrychus minutus*) e da cegonha branca (*Ciconia ciconia*). O papa-ratos (*Ardeola ralloides*) é uma das espécies que desde 1991 deixou de nidificar com frequência no nosso País, podendo ocorrer esporadicamente. A garça-cinzenta (*Ardea cinerea*) (figura 1.5) utiliza o paul somente para passar a época invernal. O paul do Boquilobo é uma das poucas zonas húmidas de Portugal que proporciona as condições

ótimas para o colhereiro (*Platalea leucorodia*) (figura 1.6) nidificar, o que já não acontecia há algum tempo.



Figura 1. 3- Garça Boieira (*Bubulcus ibis*)
(Olhares, 2011)



Figura 1. 4- Garça-branca (*Egretta garzetta*)
(Flickr, 2010)



Figura 1. 5- Garça-cinzenta (*Ardea cinerea*)
(Flickr, 2010)



Figura 1. 6- Colhereiro (*Platalea leucorodia*)
(Flickr, 2010)

A águia pescadora (*Pandion haliaetus*) (figura 1.7) faz parte do grupo de aves vindas nas rotas migratórias, mas, a sua presença nestes locais tem sido observada durante todo o ano. Esta mudança de hábitos indica-nos que o Paul do Boquilobo lhes oferece as condições ótimas para se reproduzirem e abundância de alimento.

Foram identificadas quarenta e uma espécies de aves Limícolas, como por exemplo a perna-longa (*Himantopus himantopus*) e o borrelho-pequeno-de-coleira (*Chaadrius dubius*) (figura 1.8) que utilizam estas zonas com um nível baixo de água e pouca vegetação, o que lhes é propício para passar o período de inverno.



Figura 1. 7- Águia pesqueira (*Pandion haliaetus*)
(Flickr, 2010)



Figura 1. 8- Borrelho-pequeno-de-coleira
(*Chaadrius dubius*) (Louro, 2009)

Pela mesma razão, é no Paul do Boquilobo que se reúne uma grande variedade de anátídeos vindos do Norte Europa. As espécies mais representativas são a marrequinha (*Anas crecca*) (figura 1.9), pato-trombeteiro (*Anas dypeata*), pato-real (*Anas platyrhynchos*) (figura 1.10) e o zarro comum (*Aythya ferina*). Estas espécies chegam ao Paul do Boquilobo, no início de Outono, onde permanecem até á Primavera. Nesta zona húmida as várias espécies encontram as características ótimas de habitat, desde zonas alagadas com vegetação submersa, a zonas pouco profundas e com vegetação aquática emergente.



Figura 1. 9- Marrequinha (*Anas crecca*) (Bohdal, 2008)



Figura 1. 10- Pato-Real (*Anas platyrhynchos*)
(Bohdal, 2008)

Em relação aos mamíferos, devido à variabilidade de habitats é possível encontrar muitas das espécies comuns em Portugal. Estão inventariadas vinte e sete espécies distintas, das quais quatro não são indígenas. A lontra (*Lutra lutra*) (figura 1.11) e o toirão (*Mustela putorius*) (figura 1.12) são espécies ameaçadas, enquanto o rato-de-cabrera (*Microtus lasiopterus*) (figura 1.13) é considerado espécie prioritária (DL.140/99).



Figura 1. 11- Lontra (*Lutra lutra*) (Lusa, 2009)



Figura 1. 12- Toirão (*Mustela putorius*) (Augiusto, 2011)



Figura 1. 13- Rato-de-cabrera (*Microtus lasiopterus*) (Augiusto, 2011)

Conforme se tinha dito anteriormente, a diversidade de habitats é muito grande, assim como as espécies de carnívoros, o que lhes permite ocuparem territórios compatíveis com as suas características, tais como a raposa (*Vulpes vulpes*) (figura 1.14) que é vista com regularidade junto aos campos agrícolas enquanto a doninha (*Mustela nivaalis*) (figura 1.15) é encontrada nas galerias ripícolas e a geneta (*Genneta geneta*) é vista junto à vegetação arbórea densa e às linhas de água (Raposo, 2005).



Figura 1. 14- Raposa (*Vulpes vulpes*) (Lusa, 2009)



Figura 1. 15- Doninha (*Mustela nivaalis*) (Lusa, 2009)

Por ser uma zona húmida, a quantidade de répteis não é muito grande, o que não se pode dizer em relação à diversidade. Estão inventariadas onze espécies, sendo o cágado-de-

carapaça-estriada (*Emys orbicularis*) (figura 1.16) o que apresenta a maior debilidade. São vistas com maior frequência, a cobra-de-água-veperina (*Natrix maura*) (figura 1.17) e a lagartixa-do-mato (*Psamodromus algirus*).



Figura 1. 16- Cágado- de-carapaça-estriada (*Emys orbicularis*) (Flickr, 2010)



Figura 1. 17- Cobra-de-água-veperina (*Natrix maura*) (Flickr, 2010)

A população de peixes varia consoante a época do ano. Quando o nível de água aumenta no rio Tejo, facilmente se encontram a carpa (*Cyprinus carpio*) e outras espécies não indígenas na vala da Sangria, (por esta desaguar no rio Almonda). A abundância e variedade vão diminuindo de jusante para montante, sendo as espécies indígenas com maior relevância, a enguia (*Anguilla anguilla*) (figura 1.18), o ruivaco (*Rutilus macrolepidotus*) (figura 1.19), a fataça (*Lisa ramada*) (figura 1.20) e a gambusia (*Gambusia holbrooki*).



Figura 1. 18- Enguia (*Anguilla anguilla*) (Silva,2007)



Figura 1. 19- Ruivaco (*Rutilus macrolepidotus*) (Lusa, 2009)



Figura 1. 20- Fataça (*Lisa Ramada*) (Lusa, 2009)

No Paul do Boquilobo foram identificadas treze espécies de anfíbios, onde a predominância incide sobre três delas, a rã-verde (*Rana perezi*) (figura 1.21), a salamandra-de-costelas-salientes (*Pleurodeles waltii*) (figura 1.22) e o tritão-de-ventre-laranja.

Os seus ovos são depositados na vegetação no fundo de charcos e das valas, durante o mês de Outubro, sendo a partir de Março que começam a eclodir, podendo as larvas ficar escondidas até ao fim do Verão.



Figura 1.21- Rã-verde (*Rana perezi*) (Clamote,2010)



Figura 1. 22- Salamandra-de-costelas-salientes (*Pleurodeles waltii*) (Silva,2007)

1.4.4. Flora

A Reserva Natural do Paul do Boquilobo é constituída por uma variedade de vegetação, onde são dominantes as espécies associadas a ambientes húmidos.

No capítulo 2 iremos caraterizar os habitats naturais da reserva onde indicamos as espécies mais importantes em cada habitat.

De seguida vamos identificar e caracterizar a flora mais importante na reserva.

A RNPB possui como espécies arbustivas dominantes o salgueiro-branco (*Salix alba*) (figura 1.23) e o choupo-branco (*Populus alba*) (figura 1.24) que se encontram na faixa ripícola do rio Almonda e das Valas que percorrem a reserva como podemos verificar através da figura 1.23 e 1.24; a área oeste da reserva possui o freixo (*Fraxinus angustifolia*) (figura 1.25), o sobreiro (*Quercus suber*) e o carvalho-português (*Quercus faginea*) (figura 1.26). Estas espécies encontram-se em locais onde os terrenos são mais secos, ou seja, num estrato mais elevado da reserva.

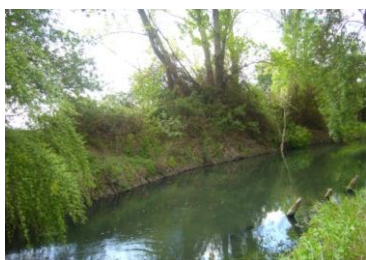


Figura 1. 23- Salgueiro-branco (*Salix alba*) na faixa ripícola



Figura 1. 24- Choupo-branco (*Populus alba*) na faixa ripícola



Figura 1. 25- Freixo (*Fraxinus angustifolia*)



Figura 1. 26- Carvalho-português (*Quercus faginea*) (ICNF, 2012)

Em associação com o estrato arbóreo existe o arbustivo que é muito importante para a nidificação de algumas espécies de fauna. A reserva possui uma grande variedade de espécies como sendo o caniço (*Phragmites australis*) (figura 1.27), que se encontra principalmente junto da linha do caminho-de-ferro e é considerada uma espécie invasora. O tojo (*Ulex, sp.*) (figura 1.28) e a mouta de urze (*Erica, sp.*) (figura 1.29) são espécies que predominam nas zonas xerófilas; as silvas (*Rubus ulmifolius*) (figura1.30) encontram-se principalmente nas faixas ripícolas e são consideradas espécies trepadeiras.



Figura 1. 27- Caniço (*Phragmites australis*)



Figura 1. 28- Tojo (*Ulex, sp*)



Figura 1. 29- Mouta de urze (*Erica, sp*)



Figura 1. 30- Silvas (*Rubus ulmifolius*)

A reserva possui uma vasta área de pastagem onde predominam os prados húmidos mediterrânicos de ervas altas, e onde se podem encontrar algumas espécies de plantas herbáceas como sendo o caso do junco (*Scirpoides holoschoenus*) (figura 1.31), da grama (*Cynodon dactylon*) e do bunho (*Scirpus lacustris*) (figura 1.31).

No Vale da Negra existe o *Ranunculus peltatus* (figura 1.32) que é uma espécie que não se encontrou com muita predominância noutra local da reserva.



Figura 1. 31- Junco (*Scirpoides holoschoenus*)



Figura 1. 32- *Ranunculus peltatus* (ICNF, 2012)



Figura 1. 33- Bunho (*Scirpus lacustris*) (ICNF, 2012)

Na zona limítrofe da reserva tem-se estado a observar um aumento de espécies não indígenas como é o caso do eucalipto (*Eucalyptus globulus*) que se mostra na figura 1.34 e do pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) na figura 1.35. Estas espécies, caso não seja controlada

a sua plantação e regeneração natural, podem pôr em causa a preservação de espécies naturais como o caso do sobreiro e dos carvalhos.



Figura 1. 34- Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)



Figura 1. 35- Pinheiro bravo (*Pinus pinaster*)

Na área húmida da reserva, em virtude de existirem boas condições e abundância de nutrientes, há alguns anos atrás existiu uma invasão de jacinto-de-água (*Eichornia crassipes*) como se demonstra na figura 1.36. Existem outras espécies que são consideradas infestantes com o carrapiço (*Xanthium strumarium*), a figueira-do-inferno (*Datura stramonium*) (figura 1.37) e o malvão (*Abutilon theophrasti*).



Figura 1. 36- Jacinto de água (*Eichornia crassipes*)



Figura 1. 37- Figueira-do-inferno (*Datura stramonium*) (ICNF, 2012)

1.4.5. Caracterização Biogeográfica

O local de estudo deste projeto localiza-se na Região Mediterrânica, Sector Ribatagano, Super distrito Ribatagano.

Região Mediterrânica

A **Região Mediterrânica** é caracterizada por possuir um clima em que escasseiam as chuvas no verão, podendo no entanto, haver excesso de água nas outras estações.

Nesta Região, desde que o clima não seja extremamente frio (devido à altitude) ou seco, observam-se bosques e matagais de árvores e arbustos de folhas planas pequenas, coriáceas e persistentes (esclerófilas) – *durisilvae* - como sejam diferentes *Quercus spp.* do subgénero *Sclerophyllodris* (azinheira - *Quercus rotundifolia*, sobreiro - *Quercus suber* e carrasco - *Quercus coccifera*), a aroeira (*Pistacia lentiscus*), o folhado (*Viburnum tinus*), o zambujeiro (*Olea europaea* var. *sylvestris*), a alfarrobeira (*Ceratonia siliqua*), o espinheiro preto (*Rhamnus oleoides*), o sanguinho-das-sebes (*Rhamnus alaternus*), a palmeira das vassouras (*Chamaerops humilis*), o loureiro (*Laurus nobilis*), o aderno (*Phillyrea latifolia*), o lentisco-bastardo (*Phillyrea angustifolia*), etc. Esta Região engloba duas sub-regiões:

- **Mediterrânica Ocidental;**
- **Mediterrânica Oriental.**

A primeira, onde a RNPB se encontra situada, está subdividida em três super-províncias:

- Mediterrânico-Iberolevantina;
- Mediterrânico Iberoatlântica;
- Italotirrenica.

Superprovincia Mediterrânico-Iberoatlântica

A **Superprovincia Mediterrânico-Iberoatlântica** agrupa as Províncias Carpetano-Ibérico-Leonesa, Luso-Extremadurense, Gaditano-Onubo-Algarviense e Bética, onde predominam, com exceção da Bética, os solos siliciosos. Os sedimentos calcários, dolomíticos e arenitos do Mesozóico só afloram em pequenas áreas. *Cytisus grandiflorus*, *Cytisus striatus* var. *eriocarpus*, *Festuca duriotagana*, *Genista hirsuta* subsp. *hirsuta*, *Gladiolus reuteri*, *Hyacintoides hispanica*, *Lavandula luisieri*, *Lavandula sampaiouana*, *Paeonia broteroi*, *Phlomis lychnitis*, *Retama sphaerocarpa*, *Silene coutinhoi* e *Thymus*

mastichina são alguns dos táxones exclusivos da Super-província. A sua vegetação alberga uma flora antiga e rica em endemismos. Devido à grande diversidade bioclimática e à complexidade da sua paleo-história possui uma vegetação potencial e subserial altamente individualizada e particularizada. É o caso dos bosques esclerofíticos e marcescentes da *Quercion broteroi*, das orlas florestais formadas por giestais do *Genistion floridae* e piornais do *Retamion sphaerocarpace*, dos estevais do *Cistion laurifolii* e *Ulici-Cistion ladaniferi* e dos urzais e urzais-tojais do *Ericion umbellatae*. A vegetação ripícola do *Salicion salvifoliae*, do *Securinegion tinctoriae* e do *Osmundo-Alnion* é também muito original.

Sector Ribatagano-Sadense

O **Sector Ribatagano-Sadense** é um território essencialmente plano constituído pelas areias e arenitos plistocénicos e miocénicos dos vales do Tejo e Sado, terminando junto a Melides. Inclui ainda a zona calcária da Serra da Arrábida. Situa-se maioritariamente no andar termomediterrânico sub-húmido. *Armeria rouyana*, *A. pinifolia*, *Juniperus navicularis*, *Thymus capitellatus*, *Limonium daveaui*, *Serratula alcalaie* subsp. *aristata* e *Halimium verticillatum* são táxones endémicos deste Sector. *Limonium lanceolatum* tem também aqui o seu limite setentrional, *Euphorbia transtagana*, *Serratula monardii* e *Narcissus fernandesii* têm a sua maior área de ocorrência nesta unidade. A vegetação dominante é constituída por sobreirais (*Oleo-Quercetum suberis* e *Asparago aphylli-Quercetum suberis*), as murteiras (*Asparago aphylli-Myrtetum communis*), os matagais de carvalhiça (*Erico-Quercetum lusitanicae*) e pelo mato psamofílico endémico deste Sector: *Thymo capitellati-Stauracanthetum genistoidis*. O salgueiral *Salicetum atrocinero-australis* é comum no leito de cheias das linhas de água das bacias do Sado e Tejo.

Superdistrito Ribatagano

O **Superdistrito Ribatagano** corresponde à area da Lezíria do Tejo e Sorraia onde os solos são maioritariamente de aluvião (terraços aluvionares), ocorrendo também areias podzolizadas e arenitos. O *Ulex airensis* é uma das plantas que melhor caracteriza o território, apesar de também se distribuir pelo Superdistrito Estremenho, assim como o

Halimium verticillatum que tem a sua maior área de distribuição nesta unidade biogeográfica. Além das comunidades vegetais que foram assinaladas para o Sector, observa-se também o *Thymo villosae-Ulicetum airensis*, que é uma comunidade endémica do território, resultante da destruição dos sobreirais do *Asparago aphylli-Quercetum suberis*. O *Asparago aphylli-Calicotometum villosae* também se observa nesta unidade. Nas areias mal drenadas e muito húmidas, na bacia da ribeira de Sor aparece um urzal higrófilo endémico desta área - *Drosero intermediae-Ericetum ciliaris* da qual fazem parte *Erica ciliaris*, *Erica erigena*, *Erica scoparia*, *Erica lusitanica*, *Ulex minor*, *Calluna vulgaris*, *Cheirolophus uliginosus*, *Drosophyllum lusitanicum*, *Anagallis tenella*, *Potentilla erecta*, *Drosera intermedia*, *Pinguicula lusitanica*, etc. A geossérie ripícola lântica da lezíria do Tejo ocupa grandes extensões e é um elemento taxonómico da paisagem vegetal muito relevante para a caracterização do território. Esta encontra um grande desenvolvimento devido à morfologia muito aberta do vale do rio Tejo. A ordem das comunidades potenciais, do leito até ao contacto com a vegetação terrestre, é normalmente a seguinte: o salgueiral *Polpulo nigrae-Salicetum neotrichae*; o ulmal *Aro italici-Ulmetum minoris* nos solos mais argilosos; o freixial *Ficario-Fraxinetum angustifoliae*. A maioria destes bosques, com excepção do salgueiral, está, em muitos locais, destruída. O solo onde se encontravam está ocupado por culturas horto-industriais ou vinhas, podendo-se em alguns locais observar-se grande abundância da etapa regressiva dos bosques ripícolas: os silvados *Lonicero hispanicae-Rubetum ulmifoliae*. (Costa *et al.*, 1999)

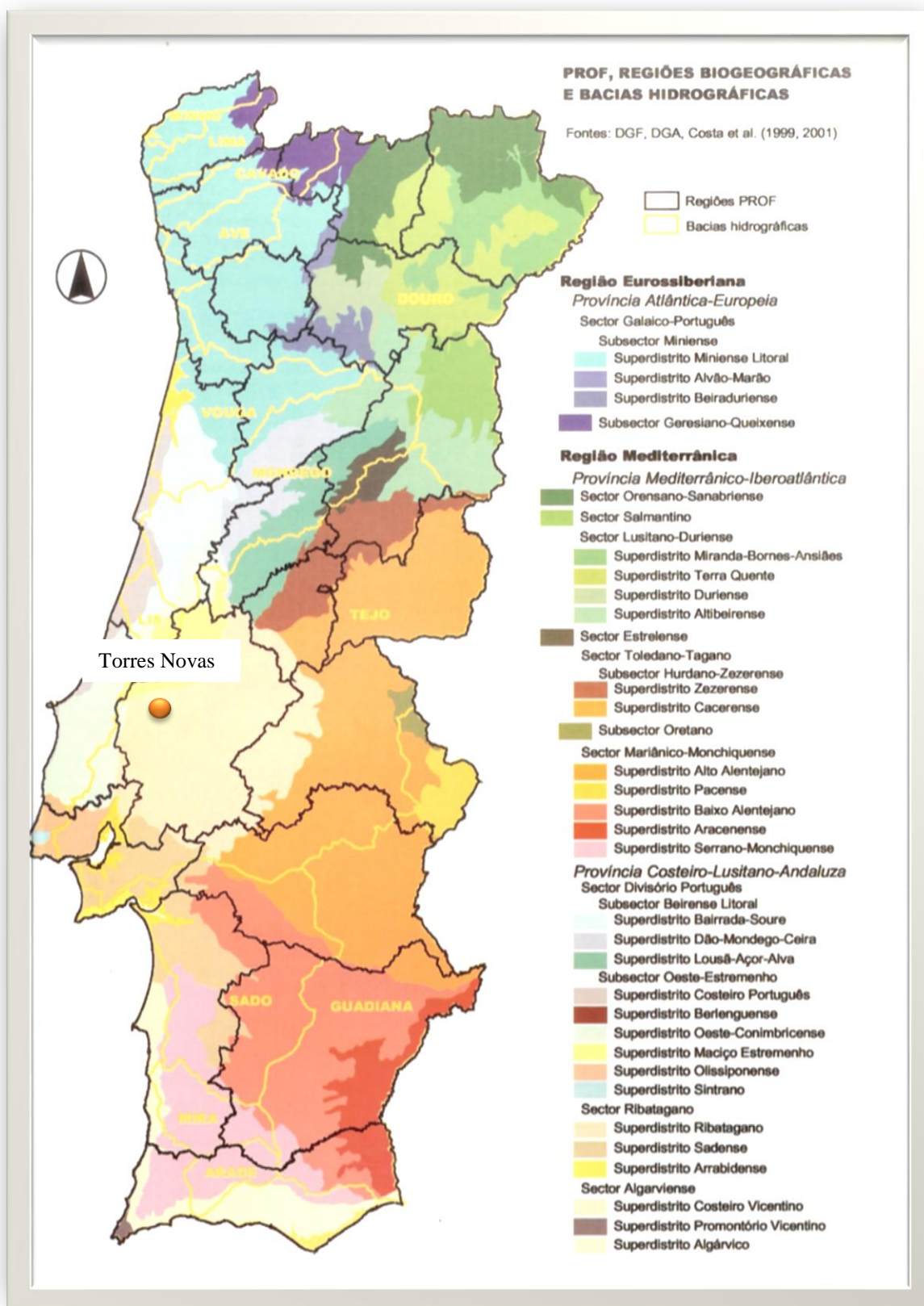


Figura 1. 38 Caracterização Biogeográfica de Portugal

1.4.6 Caracterização Climática

O fator natural que mais contribui para a formação de paisagens é o clima. É este fator que determina um conjunto de situações que nos afetam diretamente. É também ele o responsável pela modelação de vertentes, pelo caudal dos rios, pelo tipo de vegetação natural, pela agricultura e mais recentemente determina os lugares turísticos mais procurados.

O clima em Portugal é influenciado pelo clima temperado mediterrânico. Em Portugal, a influência da latitude, do oceano Atlântico, da massa continental da Península Ibérica e a altitude faz com que exista alguma diversidade climática.

- No Norte Litoral e na Região Autónoma dos Açores, predomina o clima temperado mediterrâneo de influência atlântica, com maior quantidade de precipitação e menor duração da estação seca;
- No Interior, predomina o clima temperado mediterrâneo de influência continental, com menor quantidade de precipitação e maior amplitude térmica anual;
- No Sul de Portugal Continental e na Região Autónoma da Madeira, as características do clima temperado mediterrâneo são mais acentuadas.
- Nas áreas de montanha mais elevadas, como a Serra da Estrela, a altitude faz com que se registem temperaturas mais baixas e precipitações mais abundantes, por vezes, com queda de neve, no Inverno.

Para realizar a caracterização climática da área de estudo deste projeto, utilizaram-se os valores de 2002 a 2009, retirados do *site* do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) relativos à estação meteorológica de Santarém.

A escolha podia recair pela estação meteorológica de Tomar ou Santarém, já que não existe, mais perto do local de estudo, nenhuma outra estação meteorológica com os dados pretendidos (precipitação e temperatura) para se realizar o gráfico termopluiométrico. No entanto, pelo facto do clima de Santarém ser mais parecido ao do local em estudo, foi esta a estação escolhida. De referir também que os dados relativos ao ano de 2008 não se encontram completos, daí não serem utilizados para o estudo.

É de mencionar que os dados apresentados no gráfico da figura 1.39, resultam dos valores médios mensais desde o ano 2002 ao ano de 2009. Isto é, por exemplo na precipitação relativa a janeiro, o valor 41,7, é a média da precipitação de todos os meses de janeiro desde 2002 até 2009 e assim sucessivamente.

Verifica-se que o mês de Julho e Agosto foram os que tiveram valores de precipitação mais baixa, enquanto os meses de Outubro e Novembro são os meses de maior precipitação.

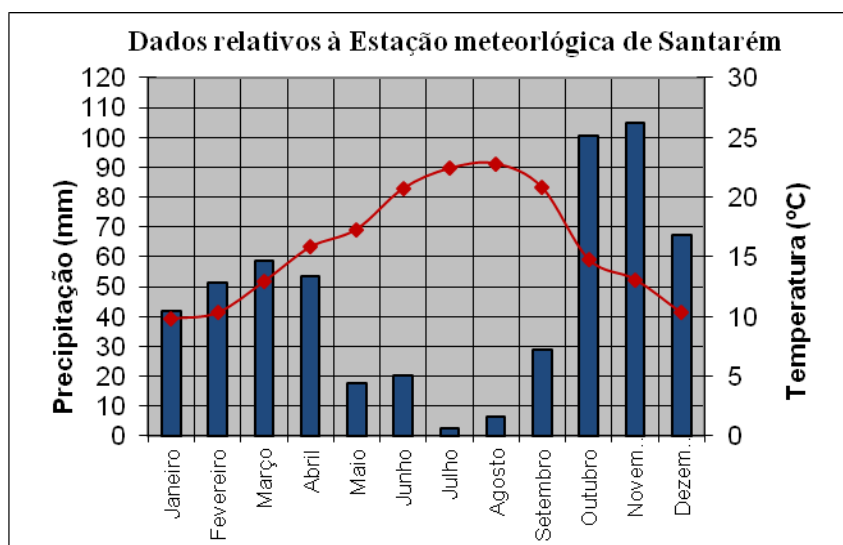


Figura 1. 39- Gráfico Termopluiométrico de 2002 a 2009 (estação meteorológica de Santarém)

Capítulo 2

Cartografia Ecológica

Resumo: Neste capítulo pretende-se avaliar e identificar a evolução da ocupação do solo e dos diferentes habitats existentes na reserva.

2.1. Objetivo

No início deste estágio foi nos proposto continuar o trabalho iniciado pelo grupo de trabalho do ano letivo anterior, sendo que um dos temas a trabalhar seria a comparação da evolução da vegetação do ano de 2005 até ao presente ano. Após alguma pesquisa e recolha de informação, o atual grupo de trabalho pôde verificar de que não existia informação viável e em condições de ser utilizada para a realização do trabalho de comparação da evolução da vegetação.

Com todas estas dificuldades, optou-se por efetuar uma abordagem geral da evolução da ocupação do solo desde 1967 até 2012, e subsequente delimitação e identificação dos habitats existentes na Reserva Natural do Paul do Boquilobo. A reserva possui o código (PTZPE 0008), como tal impõem-se as diretrizes da Rede Natura 2000, ao que foi verificada a não existência desta cartografia.

2.2. Introdução

Para que seja possível identificar uma determinada área do espaço que nos rodeia, e para que seja mais fácil a interpretação e identificação dos diferentes aspetos que a compõem, podemos hoje recorrer aos sistemas de informação geográfica.

Todos os intervenientes nos processos de gestão e decisão territorial, nos seus variados aspetos (físicos, humanos e socioeconómicos), sentem cada vez maiores dificuldades ao tentar conjugar a multiplicidade de perspetivas necessárias para uma abordagem territorial integrada e coerente.

Essa conjugação é, no entanto, um passo imprescindível para a coordenação das diferentes acções, no sentido de se minimizarem os efeitos negativos de intervenções isoladas ou da falta de conhecimento dos potenciais impactes territoriais nas decisões.

Conforme defende José Mendes (1993), o processo de planeamento apresenta-se extremamente dependente da disponibilidade de informação. A maior dificuldade centra-se nas questões relacionadas com a informação de apoio à decisão.

A aquisição, a compatibilização e integração das informações bem como, a sua análise, modelação e representação gráfica, constituem aspetos difíceis de alcançar, mas revelam-se essenciais á posterior interpretação (Julião, 2001).

O vestígio do mais antigo mapa data do século III a. C. onde se representava montanhas, cursos de água e outros objetos. A representação cartográfica foi evoluindo para dar resposta a

muitos desafios que foram surgindo, entre os quais, a delimitação territorial, e seu posicionamento, e a navegação que foram os principais impulsionadores da cartografia, sendo que em 1960 apareceu a cartografia digital (Matos, 2008).

Com este aparecimento surgiram os SIGs, de entre os quais foi considerado como precursor o, Canada Geographical Information System (CGIS) na década de 60 do século XX (Matos, 2008).

O suporte tecnológico relacionado com a Informação Geográfica tem registado significativas alterações desde finais dos anos 50. Nestes últimos anos tem-se registado a afirmação das Tecnologias da Informação Geográfica (TIG). (Julião, 2001) sobretudo devido à evolução da informática e principalmente dos *hardwares* que têm uma maior capacidade de processamento e de armazenamento de dados.

2.3. Sistema de informação geográfica

A localização geográfica é o elemento que distingue a informação geográfica de outros tipos de informação. Sem a localização, os dados são denominados como não espaciais, podendo ser associados a dados georreferenciados no âmbito de um SIG. A localização é assim, a base de muitos benefícios dos SIG: a capacidade de cartografar, de medir distâncias, de conjugar diferentes tipos de informação, o que permite uma análise aprofundada de mecanismos naturais e sua ocorrência no espaço, no fundo referenciar e analisar (Fisher, 2003).

Os Sistemas de Informação Geográfica têm sido definidos como conjuntos integrados de *hardware* e software capazes de desempenhar funções diversas, nomeadamente, a captura, organização, manipulação, análise, modelação e apresentação de dados espacialmente referenciados e desenvolvidos para resolver problemas complexos de planeamento e de gestão (Fernandes, 2007).

O Sistema de Informação Geográfica é um instrumento de trabalho útil para todas as áreas da ciência, desde as engenharias, biologia, ecologia e principalmente na ajuda aos serviços de decisão, nomeadamente para quem tenha de elaborar relatórios ou dar pareceres sobre uma determinada área do seu território.

A grande evolução dos SIG's revelou-se nos últimos anos, embora tenham surgido nos anos 60. O seu desenvolvimento foi muito lento pois eram suportados por um equipamento sem capacidade de processamento necessária para o manuseamento da informação geográfica, o

que constituía um grande impeditivo à sua utilização. Apenas na década de 90 o hardware se adequou às necessidades exigidas (Matos, 2008).

Existem diversos tipos de *software* e aplicações no mercado, criados por várias empresas da área que acabam por dificultar a escolha do *software* SIG a utilizar. A escolha da tecnologia a adoptar deverá ser minuciosa, sendo importante um conhecimento aprofundado das funcionalidades de cada uma e a sua utilização no quotidiano para que não se adquira *software* desnecessário, garantindo a sustentabilidade e necessidades do projecto (Fernandes, 2007).

No que diz respeito ao nosso projeto ponderamos a utilização de três *software*'s diferentes tendo em conta a especificidade e as limitações de cada um. Foram utilizados o Quantum SIG, gv SIG e o ArcGIS 9.

Os dois primeiros são programas em código aberto e gratuitos sendo por isso economicamente mais vantajosos, mas em contrapartida o ArcGIS 9 que é um programa comercial apresenta características de fiabilidade superiores e a possibilidade de executar num único programa funcionalidades que de outra forma implicariam a necessidade de vários programas.

2.3.1. O *Software* ArcGIS

O ArcGIS 9 é uma das últimas versões da tecnologia da ESRI (Environmental Systems Research Institute) empresa que foi formada em 1969 nos Estados Unidos da Americana por Jack e Laura Dangermond, como sendo uma empresa de consultoria especializada em estudos de uso do solo.

Em Portugal esta empresa possui uma filial há mais de 20 anos (SINFIC, 2012).

O ArcGIS 9 possui três interfaces o ArcMap, ArcToolbox e ArcCatalog, tendo sido o *software* escolhido para a realização do nosso trabalho, conferindo uma qualidade mais elevada do que a que se poderia obter com outro *software*.

O ArcMap 9.3 tem uma interface gráfica de fácil utilização que permite carregar dados espaciais e tabulares, para depois se poderem visualizar sob forma de mapa, tabela e gráfico. Fornece um conjunto de ferramentas para que se possa visualizar, explorar, inquirir, editar e analisar a informação, permitindo ligações a um sistema de base de dados, possibilitando

relacionar consultas. Possui uma linguagem de programação própria que permite construir menus, botões e ferramentas para aplicações pretendidas.

Podemos dizer que o ArcMap vai além da área de trabalho devido às ferramentas que possui e que permitem realizar:

- Análise espacial;
- Geocodificação de endereços e visualização num mapa;
- Criação e edição de dados geográficos e tabulares;
- Produção de mapas temáticos de elevada qualidade.

O ArcMap fornece um ambiente perfeito para a transição entre a visualização de mapas e a edição dos seus objetos espaciais (SINFIC, 2012).

O ArcToolbox fornece um ambiente para a execução de operações de geoprocessamento, ou seja, operações que envolvem a alteração ou a extração de informações (SINFIC, 2012).

O ArcCatalog permite ao operador aceder e gerir dados geográficos armazenados em discos locais ou disponíveis em redes de trabalho. Os dados podem ser copiados, movidos, apagados e visualizados antes de serem adicionados a um mapa. Além disso, o ArcCatalog possibilita que metadados sejam lidos ou mesmo criados no ambiente do ArcGIS (SINFIC, 2012).

2.4. Habitats

2.4.1. Introdução

O termo Habitat é muito utilizado pelos ecologistas, embora em diferentes contextos e defina-se como o local onde vive um organismo ou o local ocupado por uma população ou comunidade completa de organismos (Odum, 2004).

Existem quatro habitats principais na biosfera sendo eles, o marinho, o de estuário, o de água doce e o terrestre, (Odum, 2004). O nosso trabalho centra-se nos habitats de água doce e terrestre.

A Rede Natura 2000 é uma rede ecológica da comunidade europeia que tem como princípio base a Diretiva Habitat e a Diretiva Aves, respetivamente 92/43/CEE e 79/409/CEE e que tem o objetivo de contribuir para a biodiversidade através da conservação dos habitats naturais, da fauna e da flora selvagem de todos os estados membros.

Em Portugal estas diretivas foram revistas e transpostas para a legislação nacional através do Decreto-lei n.º 140/99 de 24 de abril com a última redação introduzida pelo Decreto-lei 49/2005 de 24 de fevereiro.

Como está mencionado no n.º.1 do artigo 8º do Decreto-lei 140/99 os instrumentos de gestão territorial devem garantir a conservação dos habitats, sendo por isso muito importante este trabalho, para que possamos saber quais os habitats existentes e onde se encontram, e não menos importante qual a sua evolução com o passar do tempo.

Os habitats de interesse comunitário são os constantes no anexo B-I do Decreto-lei n.º 140/99, sendo esses os habitats a enquadrar na Reserva Natural do Paul do Boquilobo. Para este trabalho munimo-nos das fichas de Caracterização Ecológica e de Gestão para cada tipo de habitats que foram elaboradas pela Associação Lusitana de Fitossociologia ao abrigo de protocolo estabelecido com o antigo Instituto da Conservação da Natureza, atualmente Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF, 2012).

2.4.2. Caracterização dos habitats naturais e seminaturais

A Reserva Natural do Paul do Boquilobo foi estabelecida pelo Decreto-Lei n.º. 198/80, de 24 de Junho, sendo reclassificada pelo Decreto-Lei n.º. 49/97 de 20 de Novembro.

- Possui uma área de 816ha, sendo esta área dividida em duas zonas.
- Uma área com 196ha pertence à zona de Proteção Integral (onde é proibido o acesso de pessoas e a realização de qualquer atividade, à exceção de atividades relativas à conservação da natureza);
- Outra com 620ha de zona de Uso Extensivo, é uma zona de tampão que previne a Zona de Proteção Integral de eventuais impactes ambientais (ICNF, 2012).

Os habitats naturais ou seminaturais dominam na zona central da Reserva Natural, estando espalhados ao longo dos cursos de água existentes ou mesmo pelas várzeas inundáveis, o que depende do período de submersão.

Os habitats naturais e seminaturais existentes na área de estudo deste projeto estão identificados na tabela 1 e são de seguida, caracterizados com base no anexo B-I do Decreto-Lei n.º140/99 e nas fichas de carácter ecológico e de gestão.

Tabela 2. 1- Tabela de índice de Habitats existentes na RNPB

Habitat	Designação
3130	Águas paradas, oligotróficas a mesotróficas, com vegetação da <i>Littorelletea uniflorae</i> e / ou da <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>
3150	Lagos eutróficos naturais com vegetação da <i>Magnopotamion</i> ou <i>Hydrocharition</i>
3150*	Lagos eutróficos artificiais com vegetação da <i>Magnopotamion</i> ou <i>Hydrocharition</i>
3260	Curso de água dos pisos basal a montano com vegetação da <i>Ranunculion fluitantis</i> e da <i>Callitricho-Batrachion</i>
3280	Cursos de água mediterrânicos permanentes da <i>Paspalo-Agrostidion</i> com cortinas arbóreas ribeirinhas de <i>Salix e Populus alba</i>
3290	Cursos de água mediterrânicos intermitentes da <i>Paspalo-Agrostidion</i>
6310	Montados de <i>Quercus</i> spp. de folha perene
6420	Pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas da <i>Molinio-Holoschoenion</i>
91B0	Freixiais termófilos de <i>Fraxinus angustifolia</i>
9240	Carvalhais ibéricos de <i>Quercus faginea</i> e <i>Quercus canariensis</i>
92A0	Florestas-galerias de <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>
9330	Florestas de <i>Quercus suber</i>

3130 Águas paradas, oligotróficas e mesotróficas, com vegetação da *Littorelletea uniflorae* e/ou da *Isoeto-Nanojuncetea*

Este habitat encontra-se em duas regiões, na região biogeográfica Atlântica (Alemanha, Bélgica, Dinamarca, França, Holanda, Itália, Portugal e Reino Unido) e na região biogeográfica Mediterrânica (França, Grécia, Itália e Portugal). Possui as seguintes características principais que se enquadram no nosso local de estudo:

- Habitats de águas paradas ou lentas, permanentes ou sazonais.
- Colonizados por vegetação anfíbia de hidrogeófitos e helófitos, maioritariamente vivazes, desenvolvida quer na água livre, quer na margem, de lagoas, charcos e charcas.
- Substratos não arenosos.
- Contactos catenais muito variáveis.

3150 Lagos eutróficos naturais com vegetação da *Magnopotamion* ou da *Hydrocharition*

Este habitat está dividido em natural e em artificial, este último possuindo a identificação 3150* e tendo praticamente as mesmas características do natural. Identificam-se de seguida, as suas características mais importantes:

- Meios lânticos - lagoas, charcos, açudes, valas, pauis e linhas de água de reduzido caudal e com escoamento lento - com águas meso-eutróficas, com comunidades vasculares com macrófitos flutuantes à superfície ou submersas, enraizadas ou suspensas entre o fundo e a superfície.
- Colonizam estes biótopos comunidades de hidrófitos constituídas por taxa de tipos fisionómicos muito distintos:
 - lemnídeos s.str. - e.g., Lemnáceas: *Lemna* sp. pl., *Spirodela polyrrhiza* e *Wolffia arrhiza*;
 - salvinídeos - e.g., Azoláceas: *Azolla filiculoides*;
 - batraquídeos - e.g., Ranunculáceas: *Ranunculus penicillatus*;
 - hidrocarídeos - e.g., Hydrocaritáceas: *Hydrocharis morsus-ranae*;
 - miriofilídeos - e.g., Haloragáceas: *Myriophyllum* sp.pl.;
 - nufarídeos s.str.-e.g., Calitricáceas: *Callitriche* sp. pl.; Ninfeáceas: *Nuphar lutea*;
 - Potamogetonáceas: *Potamogeton* sp. pl.;
 - ninfeídeos - e.g., Ninfeáceas: *Nymphaea alba*;
 - potamídeos - e.g., Naiadáceas: *Najas* sp. pl.; Potamogetonáceas: *Potamogeton* sp. pl.; Zaniqueliáceas: *Zannichellia palustris*.
- Estas comunidades são dominadas por espécies dos géneros *Azolla*, *Lemna*, *Hydrocharis*, *Myriophyllum*, *Najas*, *Nymphaea*, *Nuphar* e *Potamogeton*.
- Frequentemente, num mesmo biótopo enquadrável neste habitat são identificáveis

mais que uma fitocenose (em mosaico) dos *sintaxa* citados.

- Macrobioclima temperado e mediterrânico; andares climáticos do termo ao supratemperado e termo ao supramediterrânico; ombroclima seco a húmido.

3260 Cursos de água dos pisos basal a montano com vegetação da *Ranunculion fluitantis* e da *Callitriche-Batrachion*

Este habitat surge em duas regiões Mediterrânica e Atlântica, sendo que em Portugal surge na região Mediterrânica e possui as seguintes características:

- Cursos de água doce, permanentes ou temporários, de águas correntes mais ou menos rápidas (fácies lóticos) ou, localizadamente, lentas (fácies lênticos), com águas pouco profundas oligo-mesotróficas tendencialmente ácidas.
- Colonizados por comunidades de briófitos aquáticos e/ou por comunidades de plantas vasculares suportadas pela água (hidrófitos) e enraizadas maioritariamente do tipo potamídeo (e.g. Potamogetonáceas: *Potamogeton pusillus* e *P. perfoliatus*; Calitricáceas: *Callitriche* sp. pl.), miriofilídeo (e.g., Haloragáceas: *Myriophyllum alterniflorum*; ranunculáceas: *Ranunculus pseudofluitans* e *R. penicillatus*), batraquídeo (e.g., Ranunculáceas: *Ranunculus peltatus* e *R. tripartitus*) ou nufarídeo s.str. (e.g., Potamogetonáceas: *Potamogeton crispus*, *P. nodosus*; Calitricáceas: *Callitriche* sp. pl.). Colonizam ainda este habitat comunidades do pleustófito ceratofilídeo *Ceratophyllum demersum*.
- A composição florística destas comunidades (ou mosaicos de comunidades) depende, entre outros fatores, do ensombramento (e.g., os briófitos aquáticos são favorecidos pela sombra), da granulometria e mobilidade do substrato (e.g., os miriofilídeos e potamídeos, ao invés dos batraquídeos e nufarídeos, são mais frequentes nos fácies lóticos), caudal, trofia, pH, mineralização e temperatura da água.
- No Norte e centro de Portugal são maioritariamente substituídas nas cabeceiras por comunidades de *Ranunculus ololeucus*.
- Macrobioclima temperado e mediterrânico; andares termoclimáticos do termo ao supratemperado e do termo ao supramediterrânico.

3280 Cursos de água mediterrânicos permanentes da *Paspalo-Agrostidion* com cortinas arbóreas ribeirinhas de *Salix* e *Populus alba*

Este habitat apresenta-se na região biogeográfica Mediterrânica (Espanha, França, Grécia, Itália e Portugal), com as principais características:

- Cursos de água mediterrânicos permanentes, marcados pela existência de arrelvados higronitrófilos da *Paspalo-Polypogonienion semiverticillati*, com cortinas arbóreas ribeirinhas de *Salix* e *Populus alba* (habitat 92A0 "Florestas-galerias de *Salix alba* e *Populus alba*").
- Estes arrelvados são dominados por *Paspalum paspalodes* ou *P. dilatatum*, duas gramíneas de origem tropical de floração estival. Além destas duas espécies podem surgir outras gramíneas higronitrófilas como sejam *Agrostis stolonifera*, *Elytrigia* (= *Elymus*) *repens* subsp. *repens*, *Polypogon viridis* e *Panicum repens* e ainda um número variável de dicotiledóneas com exigências ecológicas similares, e.g. *Mentha suaveolens*, *Potentilla reptans*, *Ranunculus repens*, *Rumex* sp.pl., *Verbena officinalis*.
- Os arrelvados de *Paspalum* são intensivamente pastados no Verão por ovelhas, cabras e vacas enquanto a produção de matéria verde pela vegetação herbácea meso-xerófila está suspensa pela falta de água no solo.
- Além dos arrelvados de *Paspalum*, nestes mosaicos, são frequentes salgueirais, juncais nitrófilos de *Juncus inflexus*, arrelvados de *Cynodon dactylon*, comunidades herbáceas nitrófilas pioneiras anuais da classe *Bidentetea tripartitae* (habitat 3270) e comunidades de megafórbios higrófilos (habitat 6430), bem como um número variável de comunidades anfíbias e aquáticas.
- São próprios de depósitos fluviais, normalmente de granulometria fina (limosa), muito húmidos, durante boa parte do ano encharcados ou submersos, muito ricos em compostos azotados assimiláveis, provenientes da circulação e pastoreio animal e da deposição de sedimentos ricos em matéria orgânica provenientes de águas eutróficas.
- Macrobioclima mediterrânico; andares termoclimáticos termo a supramediterrânico; ombroclima seco a húmido.

3290 Cursos de água mediterrânicos intermitentes da *Paspalo-Agrostidion*

Este habitat possui as mesmas características do habitat anterior existindo unicamente a diferença do tempo de permanência das águas. Este habitat refere-se a cursos de águas temporários e o outro a cursos de água permanentes.

6310 Montados de *Quercus spp. de folha perene*

O habitat de montado está localizado na região biogeográfica Mediterrânica (Espanha, França, Grécia, Itália e Portugal). Possui a seguinte caracterização:

- Estruturas culturais de origem antrópica, em parque, cuja dominância ecológica é partilhada pelo remanescente arbóreo de um antigo bosque de sobreiros (*Quercus suber*) ou azinheiras (*Q. rotundifolia*) e por uma pastagem cespitosa vivaz com origem e persistência associada à pastorícia extensiva de ovinos.
- A densidade de árvores pode variar desde o copado quase cerrado a pouco denso (cerca de 10 árvores/ha).
- Outras plantas remanescentes do sub-bosque de outras etapas de substituição do bosque podem estar pontualmente presentes (e.g. *Quercus coccifera*, *Arbutus unedo*, *Asparagus* sp. pl., *Viburnum tinus*, *Myrtus communis*). Em alguns montados persistem algumas manchas de matagal alto correspondentes às antigas orlas do bosque (medronhais, carrascais: Habitats 5230 e 5330).
- As espécies vivazes de maior biomassa na pastagem e mais frequentes são: *Poa bulbosa*, *Trifolium subterraneum* subsp. *oxaloides*, *T. subterraneum* subsp. *subterraneum*, *Trifolium suffucatum*, *Trifolium tomentosum*, *Trifolium nigrescens*, *Herniaria glabra*, *Parentucellia latifolia*, *Bellis annua* subsp. pl., *Bellis sylvestris*, *Erodium botrys*, *Gynandris sisyrynchium*, *Leontodon tuberosus*, *Carex divisa*, *Paronychia argentea*, *Astragalus cymbicarpus*, *Onobrychis humilis*, *Hypochaeris radicata* pl., *Merendera filifolia*, *Plantago serraria*, *Ranunculus bullatus*.
- Muitos montados não são sistemas ecologicamente sustentáveis, na ausência de gestão.
- Os montados existem nos tipos de solo e andares bioclimáticos correspondentes aos bosques respetivos.

6420 Pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas da *Molinio-Holoschoenion*

Este habitat é referente à região biogeográfica Mediterrânica (Espanha, França, Grécia, Itália e Portugal). Possui a seguinte caracterização:

- Junciais não halófilos e não nitrófilos de elevado grau de cobertura.
- Consoante as comunidades são dominados por *Scirpoides* (*Scirpus*) *holoschoenus*, *Juncus acutus* e/ou *J. maritimus*. São ainda frequentes outros hemiptófitos pertencentes às famílias das ciperáceas (géns. *Cyperus*, *Schoenus*) e das gramíneas (géns. *Agrostis*, *Briza*, *Cynodon*, *Gaudinia*, *Holcus*, *Phalaris*, *Poa*).
- Preferência por solos permeáveis de textura ligeira, húmidos, mas não encharcados, com um lençol freático permanentemente próximo da superfície.
- Ótimo ecológico nos andares termo e mesomediterrânico sob um ombroclima sub-húmido a húmido.
- Quando subseriais de formações higrófilas arbóreas ou arbustiva a sua persistência depende do pastoreio e do controlo da vegetação arbórea ou arbustiva serial (fenação, roça ou, inclusivamente, fogo).

91B0 Freixiais termófilos de *Fraxinus angustifolia*

Os freixiais são habitats que se encontram normalmente numa região biogeográfica Mediterrânica (Espanha, França, Itália e Portugal). Possuem a seguinte caracterização:

- Mesobosques edafo-higrófilos não ripícolas de *Fraxinus angustifolia*.
- Composição florística:
 - Estrato arbóreo - árvores higrófilas (e.g. *Fraxinus angustifolia*, *Prunus avium* e *Salix atrocinerea*);
 - Estrato arbustivo - espécies características dos matagais espinhosos subseriais (classe *Rhamno-Prunetea*) (e.g. *Crataegus monogyna*, *Rosa* sp.pl. e *Rubus* sp.pl.);
 - Estrato herbáceo - espécies escionitrófilas anuais (classe *Cardamino hirsutae-Geranietea purpurei*) e escionitrófilas perenes (classe *Galio-Urticetea*);
- Nos troços finais dos grandes rios são substituídos por comunidades arbóreas de solos eutróficos de textura mais fina (vd. habitat 92A0).

9240 Carvalhais ibéricos de *Quercus faginea* e *Quercus canariensis*

Os carvalhais são habitats referentes à região biogeográfica Mediterrânica (Espanha e Portugal) e à região biogeográfica Atlântica (Espanha). Possui a seguinte caracterização:

- Comunidades florestais marcescentes (semi-caducifólias), de copado cerrado definindo um ambiente sombrio, dominado por *Quercus faginea* subsp. *broteroi* arbóreos adultos e por vezes outras árvores. Estão ainda presentes estratos (sinúsias) lianóide, arbustivo latifoliado/espinhoso e herbáceo vivaz ombrófilo bem desenvolvidos (por vezes muscinal). São bosques não-higrófilos e indiferentes à reacção do substrato.
- No estrato arbustivo, são frequentes arbustos latifoliados de folhas cerosas e coriáceas: (e.g. *Viburnum tinus*, *Myrtus communis*, *Phillyrea latifolia*, *Ruscus aculeatus*).
- No estrato arbustivo podem ocorrer arbustos espinhosos não-heliófilos/malacófilos (e.g. *Genista tournefortii*, *Asparagus* sp. pl.).
- No estrato herbáceo, dominam os geófitos e hemicriptófitos herbáceos: (e.g. *Asplenium onopteris*, *Geum sylvaticum*, *Carex distachya*, *Galium scabrum*, *Luzula forsteri* subsp. *baetica*, *Hyacinthoides hispanica*, *Paeonia broteroi*, *Sanguisorba hybrida* s.l.).
- Em termos climáticos, estes bosques são maioritariamente termomediterrânicos, menos vezes mesomediterrânicos e ombricamente sub-húmidos a húmidos.

92A0 Florestas- galerias de *Salix alba* e *Populus alba*

As florestas-galerias de *Salix alba* e *Populus alba*, encontram-se normalmente em duas Regiões, a região biogeográfica Atlântica (Espanha, França) e a região biogeográfica mediterrânica (Espanha, França, Grécia, Itália e Portugal). Contém a seguinte caracterização:

- Bosques ou matagais (salgueirais arbustivos) maioritariamente ripícolas, densos, muitas vezes impenetráveis, caducifólios, de ótimo mediterrânico.
- Espécies dominantes pertencentes às famílias das Salicáceas (géns. *Salix* e *Populus*), Betuláceas (gén. *Alnus*).
- Sub-bosque constituído por:
 - Lianas (e.g. *Hedera* sp. pl., *Rubus* sp. pl. e *Rosasp.* pl.);
 - Herbáceas vivazes escio-higrófilas (e.g. *Bellis* sp. pl., *Agrimonia* sp. pl.);
 - Herbáceas vivazes esciófilas (e.g. *Poa nemoralis*, *Stellaria holostea*, *Silene*

latifolia, *Viola riviniana*);

- Herbáceas escionitrófilas anuais (e.g. *Geranium* sp. pl., *Torilis* sp. pl.) ou perenes (e.g. *Urtica dioica*, *Chaerophyllum temulum*).
- Mosaicos frequentes com:
 - Silvados (*Rhamno-Prunetea*);
 - Comunidades escionitrófilas perenes (*Galio aparines-Alliarietalia petiolatae*, classe *Galio-Urticetea*) ou anuais (classe *Cardamino hirsutae-Geranietea purpurei*).
- Contactos catenais mais frequentes com:
 - freixiais (classe *Salici purpureae-Populetea nigrae*);
 - comunidades de grandes helófitos (classe *Phragmito-Magnocaricetea*);
 - comunidades megafórbicas meso-higrófilas (*Calystegietalia sepium*, classe *Galio-Urticetea*, vd.
 - juncais de *Scirpoides holoschoenus* (classe *Molinio-Arrhenatheretea*).
- Preferência por solos de reacção ácida derivados de material aluvionar (fluvissolos ou coluvionar (regossolos).
- Andares termo a supramediterrânico, e ombroclima seco a húmido, pontualmente mesotemperado.

9330 Florestas de *Quercus suber*

Os montados de sobreiro são habitats referentes à região biogeográfica Mediterrânica (Espanha, França, Itália e Portugal) à região biogeográfica Atlântica (Espanha e França). Possuem a seguinte caracterização:

- Comunidades florestais predominantemente perenifólias, de copado denso e cerrado, dominadas pelo sobreiro (*Quercus suber*), com sinúsias lianóide, arbustiva latifoliada/espinhosa, herbácea vivaz ombrófila e por vezes muscinal e epifítica bem desenvolvidas; assentes em todos os tipos de substrato, excepto os de reacção básica, com nenhuma ou escassa intervenção humana recente.
- Os bosques de sobreiro podem ser estremes ou mistos, podendo estar presentes no estrato arbóreo, numa proporção de coberto menor que 50%, outras árvores, definindo diversas variantes do habitat. As principais árvores, com significado biogeográfico e de conservação relevantes são: *Quercus faginea* subsp. *broteroi*, *Q. faginea* subsp.

faginea, *Q. canariensis*, *Q. robur*, *Q. pyrenaica*, *Q. rotundifolia*, *Q. coccifera* subsp. *rivasmartinezii*, e ainda *nototaxa* como: *Q. x marianica* (*Q. faginea* subsp. *broteroi* x *Q. canariensis*), *Q. x coutinhoi* (*Q. faginea* subsp. *broteroi* x *Q. robur*), *Q. x neomarei* (= *Q. x andegavensis* = *Q. x pyrenaica* x *Q. robur*), *Q. x mixta* (*Q. suber* x *Q. rotundifolia*).

- No estrato arbustivo são frequentes arbustos latifoliados de folhas cerosas e coriáceas: (e.g. *Viburnum tinus*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis*, *Phillyrea latifolia*, *Ruscus aculeatus*).
- No estrato arbustivo podem ocorrer arbustos espinhosos não-heliófilos/malacófilos (e.g. *Asparagus sp. pl.*, *Genista falcata*, etc.)
- No estrato herbáceo, dominam os geófitos e hemicriptófitos herbáceos: (e.g. *Asplenium onopteris*, *Geum sylvaticum*, *Carex distachya*, *Galium scabrum*, *Luzula forsteri* subsp. *baetica*, *Hyacintoides hispanica*, *Paeonia broteroi*, *Sanguisorba hybrida* s.l.)

2.5. Elaboração de cartografia e discussão de resultados

A cartografia ecológica foi elaborada no *software* ArcGIS 9 tendo como base de trabalho os seguintes documentos:

- Cartas militares de Portugal n.ºs 329 e 341 do Serviço Cartográfico do Exército, levantada, desenhada e publicada pelo serviço cartográfico do exército – cobertura aerofotográfica da F. A. P. reimpressão em 1983;
- Cartas Agrícolas e Florestais de Portugal, n.ºs 329 e 341 elaboradas pelo Serviço de Reconhecimento de Ordenamento Agrário da Secretaria de Estado da Agricultura do Ministério da Economia tendo sido o reconhecimento de campo em 1953 e atualizado e publicadas em 1967;
- Carta Geológica de Portugal n.º 27C Torres Novas do Serviço Geológico da Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos do ano de 1969;
- Carta de Ocupação do Solo - COS' 90 n.º 329 e 341 elaborada em 1990 e disponibilizada gratuitamente em formato vetorial na página oficial do Instituto Geográfico Português;
- Ortofotomapas *online* do servidor do Google.

Os mapas elaborados foram os seguintes que se encontram no anexo A:

- Mapa da Geologia de 1969;
- Mapa da Ocupação do solo em 1967;
- Mapa da Ocupação do solo em 1990;
- Mapa da Ocupação do solo em 2012;
- Mapa dos Habitats em 2012;
- Mapa dos locais de recolha de água;
- Mapa dos locais de recolha de solos.

Para a obtenção da cartografia de evolução da ocupação de solo, foram utilizadas as cartas Agrícola e Florestal de Portugal de 1967 e as cartas de ocupação do solo COS'90 de 1990, onde se efetuaram alguns agrupamentos, tais como: os pomares e olivais serem considerados área agrícola; a área urbano ser todo o espaço urbanizado incluindo-se também as áreas sociais; a área de montado representa todas as áreas onde existem espécies de *Quercus* independentemente da sua abundância.

Para a elaboração da cartografia de habitats, a identificação das espécies existentes no local foi feita presencialmente aquando das saídas de campo, que decorreram entre o mês de novembro de 2011 e julho de 2012.

As cartas, Geologia, Agrícolas e Florestais de Portugal foram cedidas e scaneadas no Centro de Pré-história do Instituto Politécnico de Tomar, tendo posteriormente sido georreferenciadas através da ferramenta georeferencing do ArcMap 9.3 para o sistema de coordenadas utilizado para este trabalho, foi o Datum 73 Hayford Gauss IPCC.

Os mapas produzidos por este grupo de trabalho em formato vetorial, foram elaborados segundo a produção de polígonos delimitados sobre as cartas georreferenciadas a uma escala de 1:5000, os que foram delimitados sobre os ortofotomapas, respeitaram a escala de 1:2000, com o objectivo de se obter um resultado mais rigoroso.

2.5.1. Evolução da ocupação do solo

Com a elaboração dos mapas de ocupação do solo nos anos de 1967, 1990 e 2012, permitenos ter uma noção geral da evolução da ocupação do solo, e de quais os possíveis fatores que podem estar relacionados com essa evolução, e das possíveis tendências, conforme se pode verificar com a interpretação da tabela 2.2 e dos gráficos da figura 2.1.

Tabela 2. 2– Distribuição da área da reserva pelos vários tipos, nos anos de 1967, 1990, 2012

Tipo	1967		1990		2012	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Montado	27	3%	42	5%	31	4%
Agrícola	418	51%	404	49%	431	53%
Arrozal	197	24%	180	22%	0	0%
Plantação Florestal	5	1%	4	1%	13	2%
Natural	161	20%	178	22%	333	41%
Urbano	8	1%	8	1%	8	1%

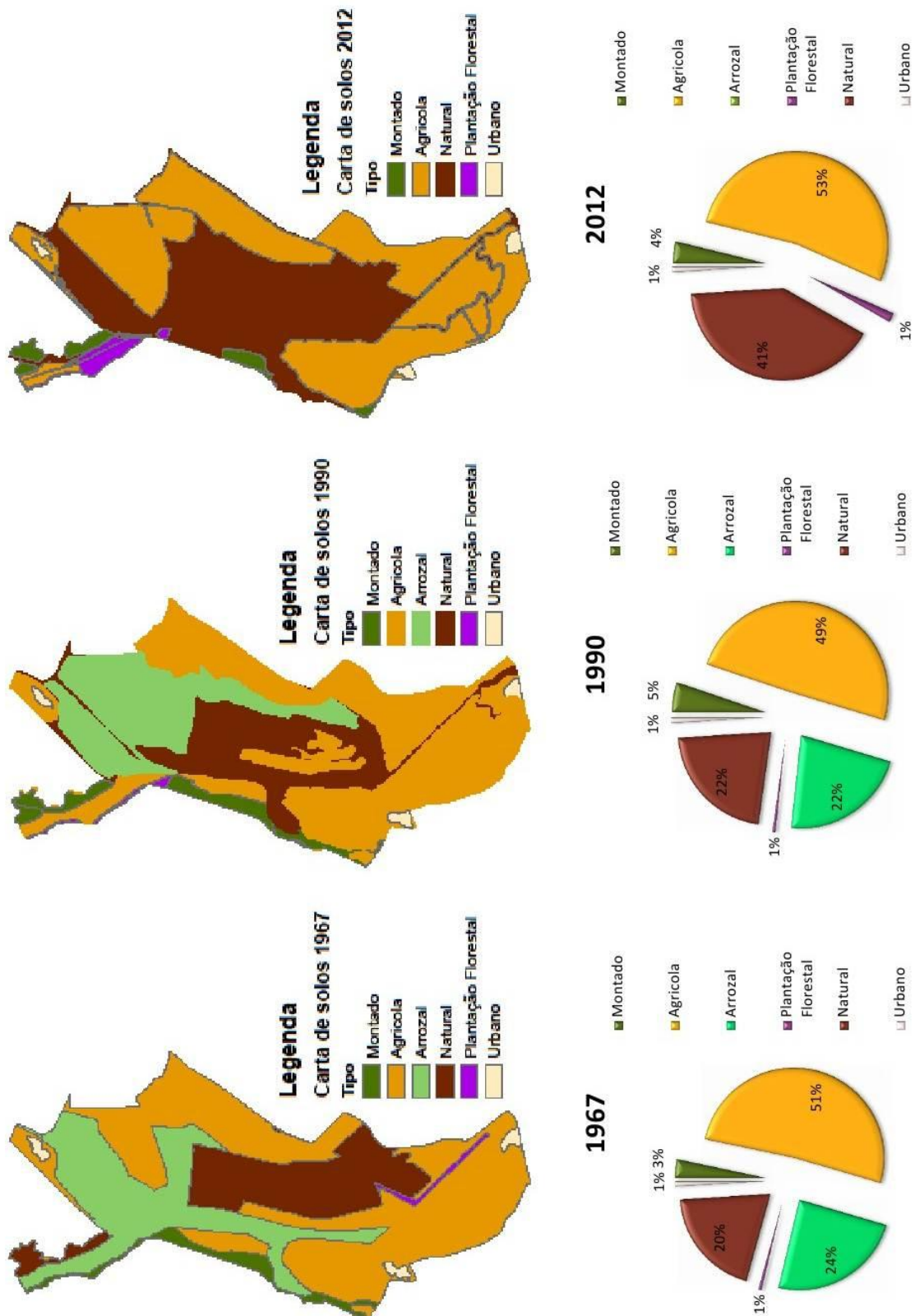


Figura 2. 1-Gráficos da área de ocupação em 1967, 1990 e 2012

A partir destes elementos podemos verificar que a área de montado aumentou de 1967 para 1990, tendo depois disso estado em declínio.

A área agrícola sempre ocupou cerca de metade da área da reserva. Isto tem implicações favoráveis e desfavoráveis. A implicação favorável prende-se com a constância da área urbana, podendo concluir-se que não houve destruição do espaço agrícola por influência urbana. Assim também se verifica na reserva um impacte urbano mínimo no que diz respeito ao ruído e à poluição atmosférica por efeito antropogénico. Em contrapartida, os fertilizantes e os químicos utilizados na agricultura podem afetar a fauna e flora da área natural, e por sua vez toda, a reserva, constituindo um impacte negativo e desfavorável.

Verifica-se que a área de plantações florestais depois de 1990 aumentou muito, podendo ser uma ameaça para as áreas de montado, visto que estas espécies se encontram no limite da reserva e não são propriedade do estado, o que dificulta o impedimento da conversão de espécies por parte dos seus proprietários, mesmo com as regras impostas pela legislação existente.

A área natural tem estado a aumentar, sobretudo de 1990 em diante, com o abandono do cultivo do arroz. Esse aumento foi mais significativo visto que a maioria das áreas dos arrozais ficaram em pousio e, por sua vez, começaram a regenerar-se as espécies naturais.

2.5.2. Habitats

Para o mapa dos habitats em 2012 foram localizados e identificados 11 habitats naturais que estão cartografados como se apresenta na figura 2.2. Para além dos espaços dos habitats também estão identificadas as áreas intervencionadas e ocupadas pelo homem como sendo a agricultura, as plantações florestais, as áreas urbana e sociais.

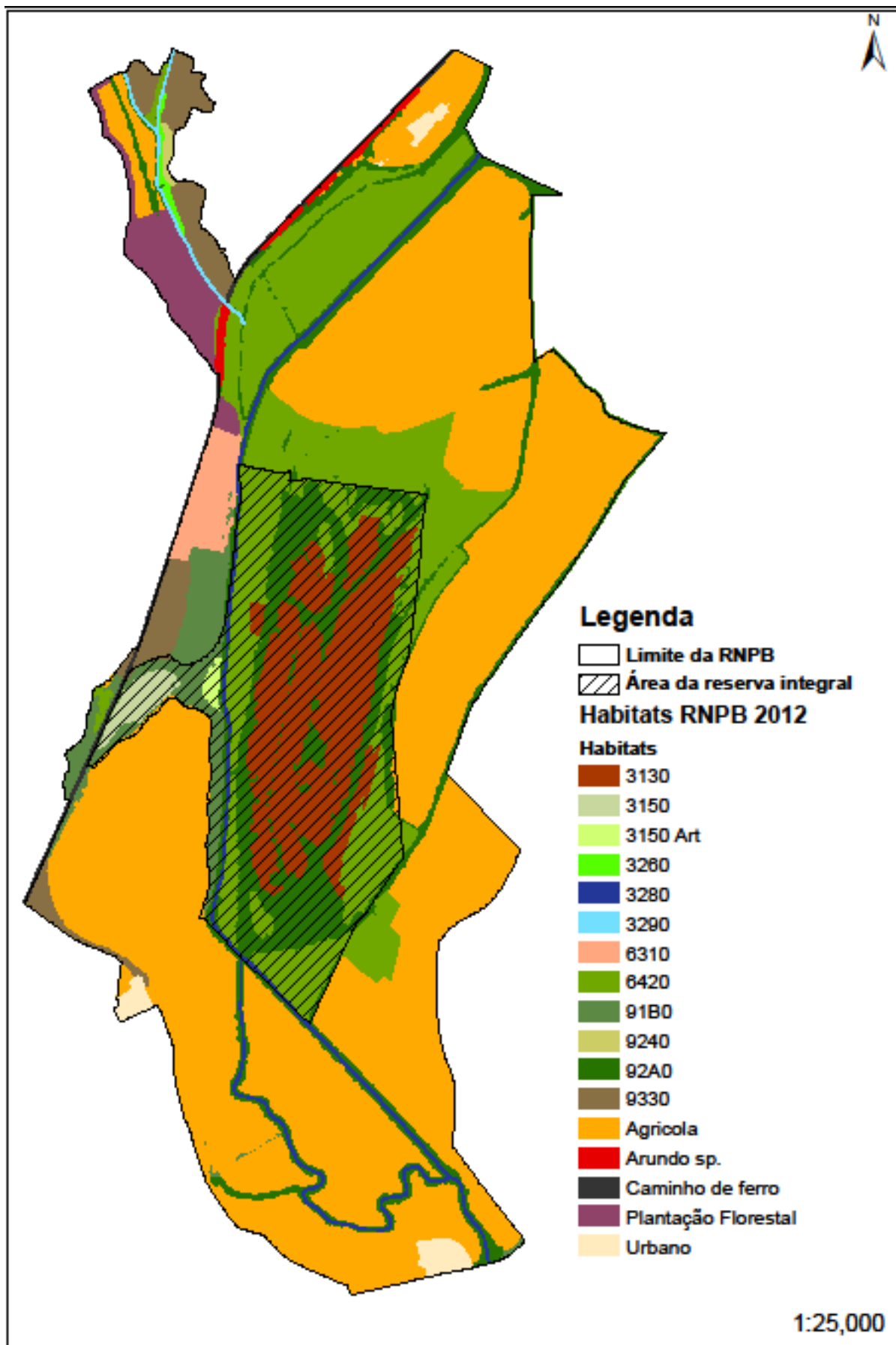


Figura 2. 2 Mapa da área da reserva com os diferentes habitats e a ocupação do solo em 2012

Ao analisar o gráfico respeitante à ocupação do solo em 2012 que se encontra na figura 2.1 e também através da figura 2.2, podemos verificar que mais de metade da área da reserva é ocupada pela agricultura e que cerca de 45% da área da reserva está ocupada por espécies naturais onde também incluímos a área de montado.

A área da reserva que é ocupada por espécies naturais ou seminaturais possui 364ha, estando este espaço dividido em 11 habitats diferentes. As percentagens relativas de ocupação apresentam-se na figura 2.3.

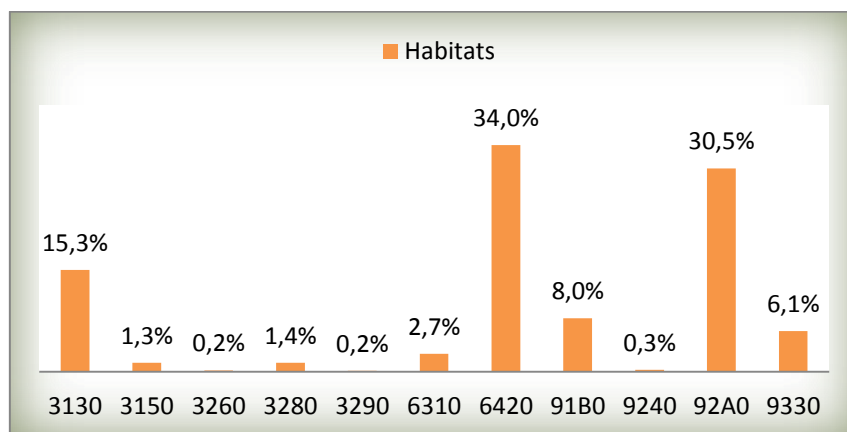


Figura 2. 3- Gráfico da distribuição dos habitats

Podemos constatar que o habitat que ocupa maior área é o de Pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas da *Molinio-Holoschoenion* (6420) com 34% da área natural. Este habitat (figura 2.4) é o que ocupa maior área devido ao abandono dos campos de arroz nestas últimas décadas, o que possibilitou a regeneração natural dos mesmos.

A área é dominada por *Scirpoides*, (junco e brunho), por famílias das ciperáceas e de várias gramíneas como é o caso de *scirpoides holoschoenus*. É um habitat que se encontra em solos permeáveis de textura fina como demonstram as análises ao solo que foram elaboradas e que serão apresentadas em capítulo posterior.



Figura 2. 4- Representação do Habitat 6420

São zonas húmidas mas não encharcadas, com o lençol freático permanentemente próximo da superfície. A sua evolução depende da intervenção do homem, principalmente com o pastoreio e desde que não exista a evolução da agricultura.



Figura 2. 5-Representação do Habitat 92A0

O habitat das galerias ripícolas de *Salix alba* e *Populus alba* (92A0) é o que ocupa também uma grande área (~ 31%) e representa-se na figura 2.5. Ao contrário do habitat dos prados que está confinado a uma área específica constituída por zonas baixas e de fácil inundação, este ocupa todas as margens do rio Almonda e das valas existentes na RNPB, sendo um habitat muito importante, principalmente para a nidificação de aves. Nota-se facilmente que as colónias de múltiplas espécies de aves predominam na zona integral da reserva ou seja no centro.

A espécie arbórea dominante é o *Salix alba*, tendo também alguma expressão o *Populus alba*, sendo o espaço arbustivo ocupado maioritariamente por espécies de *Rubus* (silvados).

O espaço herbário é constituído por juncais que se enquadram no habitat 6420. Daí existir a catena de um habitat para o outro, como se pode verificar na figura 2.2, onde se encontram identificados todos os habitats.

Este habitat encontra-se numa área de solos de matéria aluvionar (fluvissoilos).

O habitat de águas paradas (3130) ocupa uma área considerável de 15% e está localizado no centro da reserva, como se pode ver na figura 2.6. O paul fica submerso aquando das primeiras chuvas e com o passar do tempo e em virtude de não existir uma drenagem das valas e por sua vez, do paul, as águas ficam paradas, formando assim este habitat central.

Este espaço é um importante refúgio para algumas espécies de aves como sendo a garça-branca (*Egretta garzetta*), a garça-boeira (*Bubulcus ibis*), a garça cinzenta (*Ardea cinerea*), o colhereiro (*Platalea leucorodia*) e a cegonha branca (*Ciconia ciconia*), tendo as mesmas as condições privilegiadas para a nidificação nos salgueiros que se encontram no local e que estão enquadrados no habitat 92A0.



Figura 2. 6-Representação do Habitat 3130

Este habitat reúne condições para ser colonizado por vegetação aquática e com grande probabilidade da propagação da espécie *Eichornia crassipes* (jacinto-de-água) que é considerada uma espécie invasora e já causou problemas graves na RNPB há alguns anos atrás.

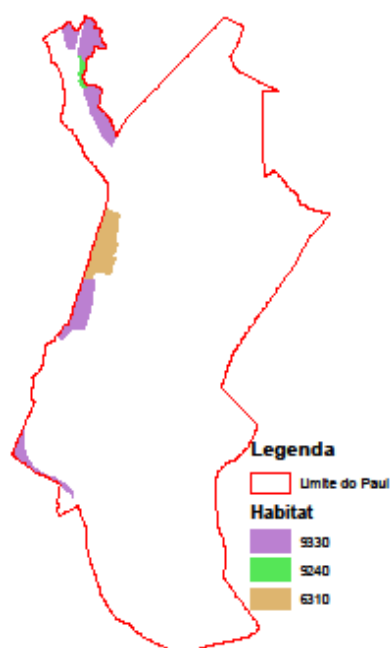


Figura 2. 7-Representação dos Habitats 6310, 9330 e 9240

As áreas no limite da RNPB, principalmente no limite oeste e na parte norte do Vale da Negra compreendem a maior área de montado e de floresta de *Quercus suber* da reserva e também um pequeno habitat de carvalhos, *Quercus faginea* sendo que os seus habitats são respetivamente designados por 6310, 9330 e o 9240, o que corresponde a cerca de 9% da área natural (figura 2.7).

Estes habitats localizam-se nas encostas da reserva numa zona de características xerófilas (onde existe pouca água), onde a geologia se encontra caracterizada através da carta Geológica de Portugal n.º 27C Torres Novas do Serviço Geológico da Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos do ano de 1969.

O sobreiro é a espécie dominante, sendo este espaço ocupado também por outras espécies como o pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) e o pinheiro manso (*Pinus pinea*) principalmente no Vale da Negra. Já o espaço ocupado pelo carvalho possui uma elevada densidade de vegetação onde se podem encontrar espécies trepadeiras como sendo o caso das silvas (*Rubus ulmifolius schott*). O estrato arbustivo é ocupado também por espécies de matos característicos do mediterrânico como é o caso da tojo (*Ulex, sp.*) e da mouta de urze (*Erica, sp.*).

Na transição da zona húmida para a zona de montanha existe uma boa área de freixial (91B0), principalmente junto do Braço do Cortiço e junto da faixa ripícola, na margem direita do Almonda.

A composição arbórea deste habitat (figura 2.8) é caracterizada principalmente por freixo (*Fraxinus angustifolia*) podendo também possuir outros géneros como é o caso de *Salix* e de *Quercus*. Esta presença deve-se ao facto deste habitat se encontrar entre o habitat das galerias ripícolas de salgueiro e choupo (92A0) e o habitat 6310 de montado e o habitat 9330 de floresta de *Quercus suber*.

O estrato arbustivo é composto por espécies com características de matagais espinhosos como é o caso das silvas (*Rubus ulmifolius*) e de outras trepadeiras. O estrato herbáceo é composto por espécies escionitrófilas como *Cardamino hirsutae-Geranietea purpurei*.

Os terrenos que são ocupados por este habitat são compostos por solos frescos, raramente encharcados e com características aluviais.



Figura 2. 8 Representação do Habitat 91B0

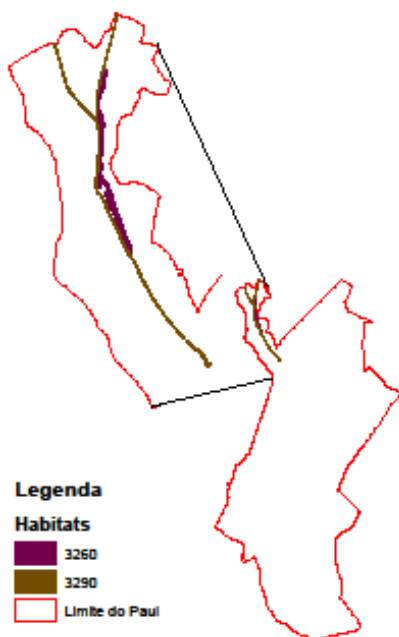


Figura 2. 9-Representação dos Habitats 3260 e 3290

O Vale da Negra foi a última área a ser integrada na RNPB e por esse motivo não existia cartografada a vegetação existente nesse local. Este espaço foi o primeiro a ser percorrido por este grupo de trabalho e pelos orientadores quer do IPT como da reserva, onde pudemos identificar as espécies predominantes. Identificámos aí os dois habitats representados na figura 2.9, que são os mais pequenos e menos representativos de toda a reserva.

O habitat 3260 foi definido devido à existência de várias espécies como sendo o caso das comunidades de *Ranunculus ololeucus*. Em virtude de se situar na cabeceira de uma linha de água, foi definido o habitat 3290 de cursos de água mediterrânico intermitentes, visto que as linhas de água que se encontram no Vale da Negra só possuem água no inverno e quando chove.

O habitat de curso de água mediterrânico permanente da *Paspalo-Agostidion* com cortinas arbóreas ribeirinhas de *Salix* e *Populus alba* (3280) compreende toda a área do rio Almonda (figura 2.10).

O Braço do Cortiço foi identificado como sendo o habitat dos lagos eutróficos naturais com vegetação da *Magnopotamin* ou *Hydrocharition* (3150) sendo que para a lagoa artificial foi atribuído o mesmo habitat mas com o código (3150*) para que se possa distinguir o habitat artificial do natural.



Figura 2. 10-Representação dos Habitats 3280, 3150 natural e 3150* artificial

Capítulo 3

Características dos Solos

Resumo: Neste capítulo pretende-se avaliar as principais fontes de contaminação e os impactes das atividades agrícolas extensamente praticadas na área limite da reserva.

3.1. Introdução

O solo constitui a camada superior da crosta terrestre, sendo formado como resultado da meteorização de rochas pré-existentes (rocha-mãe), sob a influência de processos físicos, químicos e biológicos (Varenes, 2003).

O solo desempenha uma grande variedade de funções vitais, de carácter ambiental, ecológico, social e económico, constituindo um importante elemento paisagístico, patrimonial e físico para o desenvolvimento de infraestruturas e atividades humanas. É um meio vivo e dinâmico, constituindo um habitat de biodiversidade abundante, com padrões genéticos únicos, onde se encontra a maior quantidade e variedade de organismos vivos, que servem como reservatório de nutrientes e permitem a atividade biológica, dependente da quantidade de matéria orgânica presente no solo, ajudam na eliminação de agentes patogénicos, decompõem a matéria orgânica e outros poluentes em componentes mais simples (frequentemente menos nocivos) e contribuem para a manutenção das propriedades físicas e bioquímicas necessárias para a fertilidade e estrutura dos solos (Varenes, 2003).

3.2. Formação do solo

Os fatores de formação do solo dependem do seu material de origem (rocha-mãe), da influência do clima, dos organismos presentes no solo, do relevo e do tempo, podendo adicionar-se o homem como elemento de transformação. Estes fatores combinam-se entre si com intensidades diferentes para compor os diversos tipos de solo, como se apresenta na figura 1 e se descreve nos próximos parágrafos (Azevedo, 2009).



Figura 3. 1- Fatores de formação do solo (Azevedo, 2009)

O material de origem é o material a partir do qual o solo se começa a formar, que geralmente possui uma natureza mineral, mas também pode ser de natureza orgânica, formando solos orgânicos (Azevedo, 2009).

O relevo é um dos fatores bastante importantes visto ser a modelação da superfície terrestre, que pode afetar o clima ou condicionar a quantidade de radiação solar que uma superfície recebe ao longo do ano (Azevedo, 2009).

O clima é um fator muito importante para o processo de desenvolvimento do solo, atuando desde a decomposição das rochas. As variáveis climáticas mais importantes são a temperatura, a precipitação e a evapotranspiração. Os climas mais quentes e húmidos produzem solo mais rapidamente. Em zonas frias podemos encontrar mais facilmente solos orgânicos porque as baixas temperaturas inibem a decomposição da matéria orgânica (Azevedo, 2009).

Os organismos são fundamentais para o processo de formação de solos. O solo não deve ser considerado apenas o produto da destruição das rochas, visto que a ação dos organismos cria e destrói propriedades e características destes materiais, dependendo da sua ação no espaço e no tempo. A presença de uma cobertura vegetal protege a superfície do solo das agressões do clima como as variações de temperatura e o impacto das gotas das chuvas. Deste modo, protege alguns dos organismos mais sensíveis a estas características (Azevedo, 2009).

O fator tempo refere-se ao período em que o clima e os organismos atuam sobre o material de origem condicionado pelo relevo (Azevedo, 2009).

3.3. Perfil do solo

O solo é constituído por camadas horizontais, denominadas horizontes, que são resultado de uma redistribuição de material, que se designam pelas letras O, A, B, C e R, tendo como base alguns critérios como textura, cor, consistência, estrutura, atividade biológica e tipo de superfície dos agregados.

Normalmente o solo possui três horizontes fáceis de distinguir, o horizonte O, que representa a matéria orgânica presente na superfície, o horizonte A, que representa a região em que o solo perde material para as camadas mais profundas e o horizonte B, local em que se acumulam os materiais perdidos pelo horizonte A. Os outros horizontes também importantes são o C e o R, caracterizados pela rocha matriz decomposta (C) e não decomposta (R).

No campo podemos identificar facilmente três variáveis do perfil do solo, como sendo a cor, que é uma das características que mais chama a atenção, devido às várias tonalidades de coloração existentes no perfil, permitindo uma rápida delimitação dos horizontes, a textura, que nos indica a proporção dos grupos de grãos que formam o solo, ou seja a proporção de argila, limo e areia e a consistência do solo. Esta é a última variável, de fácil identificação no campo e é dividida em seca, húmida, molhada e cimentada. Estas classes são expressas pelo grau de adesão ou pela resistência à deformação (Cunha, 2007).

Na figura seguinte mostra-se o posicionamento de cada horizonte em relação aos outros.



Figura 3. 2- Perfil do Solo (Rangel, 2010)

3.4. Composição do Solo

Os solos são compostos por três fases: sólida (matriz), líquida (solução do solo) e gasosa (atmosfera do solo), sendo dividido nos constituintes conforme se verifica no gráfico da figura 3.3.

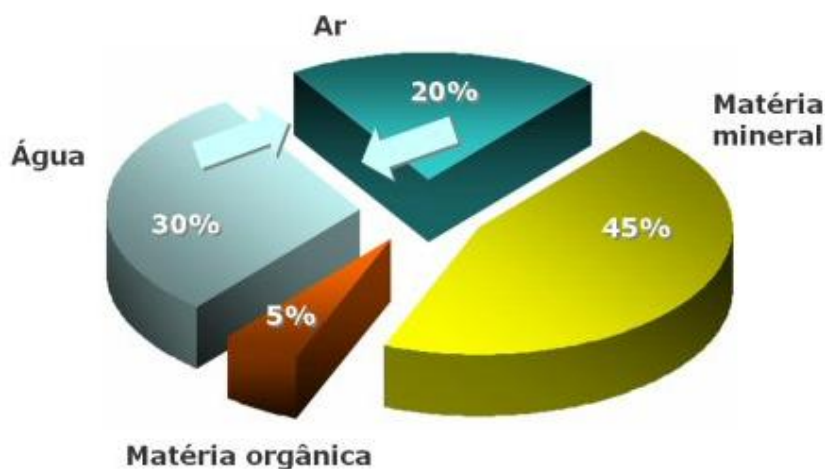


Figura 3. 3- Gráfico da constituição do solo (Cunha, 2007)

A matriz do solo contém substâncias minerais e matéria orgânica, que variam quanto à sua composição química, tamanho e forma. Os óxidos de silício, alumínio, magnésio e ferro são os minerais com maior expressão no solo. A matéria mineral do solo pode incluir, em proporções variáveis, fragmentos de rocha, minerais primários, em resultado da fragmentação da rocha-mãe, e minerais de origem secundária, estes resultantes da alteração dos primários nomeadamente, os minerais de argila, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro e por vezes, carbonatos de cálcio, magnésio, entre outros. Apresentam-se na forma de fragmentos ou partículas, de formas e dimensões muito variáveis, constituindo a textura do solo.

A matéria orgânica do solo é constituída por restos de plantas e outros organismos, em estado mais ou menos avançado de decomposição, incluindo substâncias no estado coloidal. Sendo este horizonte designando por húmus e localizando-se à superfície do solo. É rico em nutrientes como o azoto e o enxofre que são fundamentais às plantas.

É possível determinar o teor em matéria orgânica de um solo através do processo de calcinação que consiste em queimar o solo seco a altas temperaturas (Varenes, 2003).

A solução do solo, que é a fase líquida, contém água, matéria coloidal e substâncias dissolvidas como iões, compostos orgânicos e uma pequena quantidade de gases dissolvidos (oxigénio e dióxido de carbono, indispensáveis aos metabolismos dos microrganismos) (Varenes, 2003).

O ar do solo ocupa os espaços que não são preenchidos pela água e é essencialmente constituído por azoto, oxigénio e vapores de água, podendo encontrar-se ainda outros gases em pequenas quantidades, provenientes do metabolismo microbiano (Cunha, 2007).

A atmosfera do solo tem teores mais baixos de oxigénio e mais altos de vapor de água e dióxido de carbono, por comparação com a atmosfera. Um bom arejamento do solo é indispensável para a respiração das raízes e organismos do solo. Em solos compactados, com baixa porosidade, ou em solos alagados, geram-se condições de anaerobiose (baixo potencial redox) que são toleradas apenas por algumas plantas e organismos (Varenes, 2003).

3.5. Propriedades do solo

As propriedades físicas e químicas do solo influenciam o seu comportamento, tendo particular importância, a estrutura, a capacidade de retenção de água e nutrientes, a reação ao pH e o potencial redox e também condicionam o modo como ele deve ser gerido.

Estas propriedades agrupam-se na tabela 3.1.

Tabela 3. 1 – Propriedades dos solos

Propriedades	
Físicas	Químicas
Cor	Adsorção
Temperatura	Reação do solo (pH)
Consistência	Halomorfismo
Compressibilidade	Potencial de oxidação redução dos solos
Textura	Condutividade
Estrutura	
Porosidade	
Permeabilidade	

3.5.1. Propriedades físicas

A **cor** é a propriedade do solo mais fácil de observar sendo que pode apresentar uma grande variedade de cores, desde o castanho e preto que são as cores mais escuras e que indicam a existência de matéria orgânica, sobretudo húmus, passando por vermelho, ocres e cores esbranquiçadas que são consequência da diferente riqueza em matéria orgânica, tipo de argila e compostos presentes. Os óxidos e oxi-hidróxidos de ferro conferem cores amareladas e avermelhadas. As cores claras são devidas à presença de quartzo, caulinite, carbonatos, sulfatos ou cloretos sendo também uma característica dos solos que contêm pouca matéria orgânica.

Os solos com a cor cinzenta ou cinzento-azulado têm essa cor devido à presença de compostos com ferro (II).

A cor do solo influencia a sua temperatura, visto que solos escuros aquecem mais depressa do que os claros.

Para se classificar a cor de um solo compara-se com as cores padrões como pode ser a carta de cores de *Munsell*, em que as mesmas são organizadas segundo a matriz (relacionado com o comprimento de onda dominante, ou cor da radiação), o valor (relacionado com a intensidade da radiação) e o croma (relacionado com a pureza do comprimento de onda dominante) (Varenes, 2003).

A **temperatura** afeta todos os processos que ocorrem nos solos, desde o crescimento radicular à atividade dos microrganismos. As coberturas do solo e a vegetação isolam o solo, evitando grandes amplitudes térmicas (Varenes, 2003).

A **consistência** do solo é traduzida pela resistência que este oferece à deformação ou à rotura e depende de força física de coesão e adesão de partículas, sendo que esta característica varia com a estrutura, textura e também com a quantidade de matéria orgânica e mineral. A consistência num solo é bastante importante já que influencia o crescimento das raízes das plantas e por seu lado ajuda a que não exista uma erosão do solo. A consistência é avaliada por quatro propriedades principais, sendo a adesividade uma característica que depende da maior ou menor tendência que o solo tem para aderir aos objetos, podendo ser classificado como não pegajoso, pouco pegajoso, pegajoso ou muito pegajoso segundo Costa (1973); a plasticidade manifesta-se quando os solos estão húmidos e se deformam por ação de pressão externa, podendo ser classificados como não plásticos, pouco plásticos, plásticos e muito plásticos, de acordo com o seu comportamento. A plasticidade é uma característica que depende sobretudo do teor de argilas que por sua vez influencia a sua mobilização; a friabilidade é uma característica do solo que possui um teor baixo de água, mas não seco e que tem facilidade em se esboroar (desagregar), pode ser classificado como solto, muito friável, friável, firme, muito firme ou extremamente firme (Costa, 1973). A tenacidade ou dureza é uma característica dos solos secos que podem ser divididos em solos brandos, ligeiramente duros, duros, muito duros, ou extremamente duros (Costa, 1973). A tenacidade tende a diminuir com o aumento da matéria orgânica e a aumentar com o teor de argila.

A consistência pode ser também caracterizada pela ocorrência de cimentação causada por carbonatos de cálcio, ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio que aglutinam as partículas do solo. Quando uma camada do solo se encontra cimentada não existe nem o crescimento das raízes das plantas, nem a absorção da água (Varenes, 2003).

A **compressibilidade** de um solo é a diminuição do volume por ação de uma carga e é a compacidade à resistência que o solo oferece à penetração, sendo que os solos arenosos são pouco compressíveis. Já os solos argilosos que são bastante porosos são mais susceptíveis à compressão. Os solos orgânicos são os mais compressíveis e, por outro lado, são os solos indicados para que as raízes das plantas, para que elas tenham maior facilidade em crescer desenvolvendo-se por entre os inúmeros poros (Varenes, 2003).

A **textura** do solo refere-se às percentagens relativas de argila, limo e areias que possui (figura 3.4). De acordo com os valores dos tamanhos das partículas, a textura é classificada em várias classes podendo ser arenosa, limosa, argilosa, argiloarenosa, arena-franca, franco-limosa (franco quer designar texturas em que os vários tamanhos se encontram mais equilibrados).

A presença de matéria orgânica no solo em quantidade significativa altera a textura do solo.

Esta pode ser determinada com bastante rigor através da determinação laboratorial dos diferentes tamanhos de partículas (designada por análise mecânica, granulométrica) ou avaliada manualmente, designando-se, então, por textura de campo. É esta avaliação que é feita correntemente na análise de amostras, sendo a textura das terras classificada em grosseira (ou ligeira), média e fina (ou pesada).

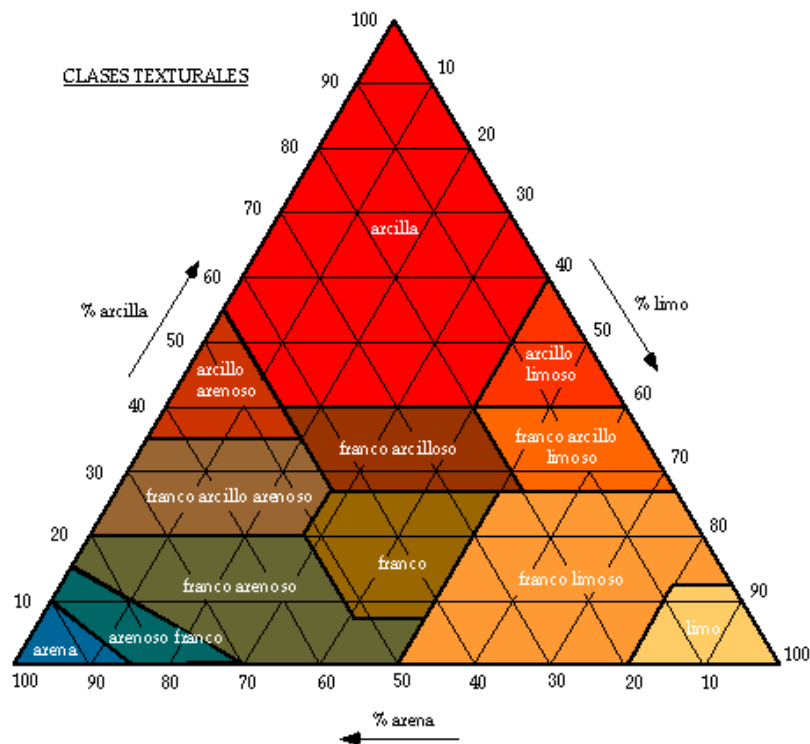


Figura 3. 4- Diagrama triangular de textura (UGR, 2012)

A **estrutura** do solo descreve o arranjo tridimensional das partículas, usualmente unidas em agregados. Solos bem agregados e ricos em matéria orgânica apresentam maior porosidade e menor densidade aparente. Um solo com todas as partículas soltas é designado como solo sem estrutura, o que acontece no caso de material grosso (dunas de areia). O outro extremo é uma massa densamente empacotada (estrutura coerente), que pode ocorrer em alguns solos

argilosos. Mais frequentemente, as partículas criam agregados, cuja dimensão e forma são características para o respetivo solo.

Segundo a classificação do Soil Survey Manual (SSM, 1993) considerem-se quatro graus de agregação a que correspondem as designações e características que a seguir se indicam:

Sem agregação – Não se verifica a existência de agregados. A ausência de agregados pode corresponder ao aspeto maciço em que existe ligação das partículas.

Fraco – Agregados muito pouco evidentes no perfil; manuseando levemente material do solo, resolve-se facilmente numa mistura de alguns agregados inteiros, muito partidos e grande proporção de material não agregado.

Moderado – Agregados relativamente evidentes no perfil; manuseando o material do solo separam-se muitos agregados inteiros e distintos, alguns quebrados, e fraca proporção de material desagregado.

Forte – Agregados muito distintos no perfil; manuseando o material do solo mantêm-se principalmente agregados inteiros, e verifica-se fraca proporção de agregados quebrados e pouco ou nenhum material não agregado.

A **porosidade** do solo é o volume de todos os espaços abertos entre os grãos sólido. A porosidade é importante para o cultivo, já que define o volume de água que pode ser retida num determinado volume de solo (Varenes, 2003).

A **permeabilidade** do solo é a propriedade do sistema poroso do solo que permite o fluxo de líquido. Normalmente, o tamanho dos poros e sua conectividade determinam se o solo possui alta ou baixa permeabilidade. A água irá fluir facilmente através de um solo de poros grandes, com boa conectividade entre eles. Poros menores com o mesmo grau de conectividade teriam baixa permeabilidade, já que a água fluiria através do solo mais lentamente. É possível termos permeabilidade zero num solo de alta porosidade se os poros estiverem isolados. Também é possível existir permeabilidade zero se os poros forem muito pequenos, como no caso da argila (Varenes, 2003).

A densidade real é obtida pela comparação da massa das partículas sólidas com o volume que esta ocupa, relativamente à massa de água com igual volume.

A densidade aparente refere-se ao volume total do solo, logo dá-nos uma correlação mais estreita com a porosidade.

3.5.2. Propriedades químicas

A **adsorção** compreende a interação entre os vários constituintes do solo, sendo os colóides do solo, constituídos por húmus, minerais argilosos, argilas amorfas, e óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e manganésio que são consideradas como os componentes mais importantes no processo de adsorção. A capacidade de adsorção de um solo é relacionada com o grupo de minerais a que pertence, sendo que o grupo caulinite com menor superfície específica e poucas cargas, tem baixa capacidade de adsorção, enquanto os grupos esmectite ou vermicolite e o húmus com elevada superfície específica têm maior capacidade de adsorção (Varenes, 2003).

O **pH** do solo mede o grau de acidez ou alcalinidade do solo, através da concentração de hidrogénios (H^+) numa solução. Por isso, são de esperar variações ao longo do ano, subindo aquela concentração geralmente no verão e descendo do inverno. Estas variações têm várias origens, nomeadamente a adsorção preferencial pelas plantas de certos iões, a atividade dos microrganismos, a diluição ou a concentração de sais.

A acidez do solo resulta do desenvolvimento de processos naturais dependentes do clima e da natureza da rocha-mãe, que possam ser agravados, ou contrariados, pela ação do homem. Em condições naturais o processo é lento e gradual. Sob cultivo, o processo é acelerado através da remoção pelas culturas de cations básicos. Por outro lado, grande parte dos fertilizantes tende a aumentar a acidez dos solos, nomeadamente os que contêm azoto amoniacal ou orgânico.

As plantas diferem na sua sensibilidade à acidez ou alcalinidade do solo verificando-se que a maioria das plantas cultivadas prefere valores de pH entre o ligeiramente ácido e o neutro.

A produtividade dos solos ácidos é normalmente baixa devido a problemas de nutrição mineral ou toxicidade de elementos, nutrientes ou não, como o manganês e o alumínio. Na figura 3.5 é indicada pelo Quadro de Truog, a disponibilidade dos nutrientes minerais segundo o valor de pH no solo. Quanto maior for a largura da faixa maior será a disponibilidade dos nutrientes ou a atividade dos microrganismos do solo (Varenes, 2003).

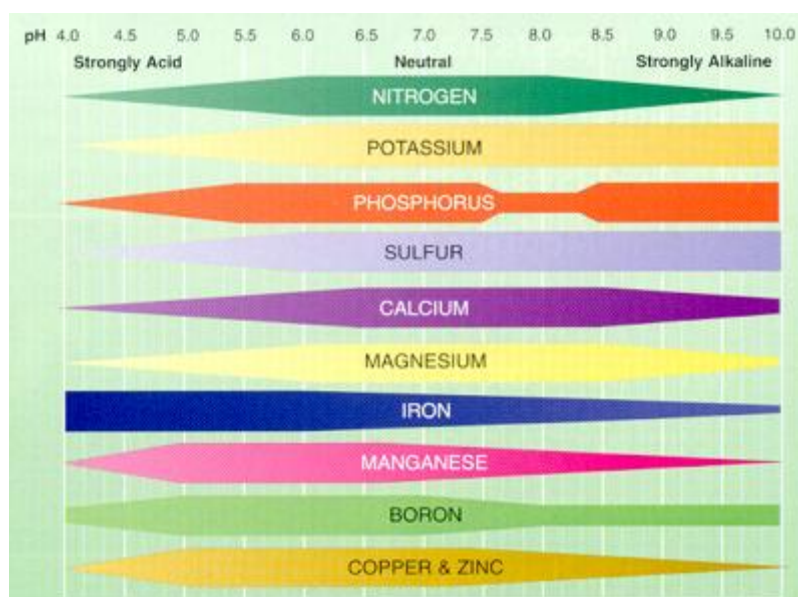


Figura 3. 5- Relação entre a quantidade de nutriente e o pH

Halomorfismo

Um solo halomorfo é aquele que tem um teor salino relativamente elevado na solução do solo, ou que possui um complexo de troca dominado pelo sódio.

Os solos salinos são solos que resultam de um processo de salinização, ou seja, acumulação de sais, efectuada de modo natural, ou por ação do homem.

Considerável área mundial é afetada por salinidade devido ao uso de água de rega com teor elevado de sais e à falta de drenagem interna dos solos. Nestes solos o lençol freático é superficial ocorrendo uma subida dos sais por capilaridade da zona mais profunda para a camada arável. Neste tipo de solo a percentagem de saturação é elevada e o pH do solo é superior a sete.

Para distinguir os solos salinos dos sódicos devem considerar-se três características: o pH, a condutividade elétrica e a percentagem de sódio de troca.

O pH depende do catião dominante, se é o cálcio ou o magnésio, a maior parte dos iões carbonato precipita.

A condutividade elétrica do solo dá-nos indicação da quantidade de sais solúveis existentes.

A percentagem de sódio de troca é obtida pela razão entre a quantidade de sódio presente no complexo de troca e a capacidade de troca catiónica do solo (Varenes, 2003).

Potencial de oxidação-redução dos solos

As reações de oxidação-redução ocorrem em todos os tipos de solos, sendo que em solos bem arejados as raízes e organismos efetuam a respiração celular usando o oxigénio como recetor final dos eletrões produzidos durante a oxidação dos compostos orgânicos.

O potencial de oxidação-redução do solo mede o seu estado de oxidação, sendo maior em solos bem arejados (Varenes, 2003).

Condutividade

A condutividade elétrica define o carácter elétrico de um material em estudo e a facilidade com que esse material conduz a corrente elétrica, expressando-se em Siemens (S). É inversamente proporcional à resistividade que tem como unidade internacional o Ohm (Ω). A condutividade é determinada a partir de aparelhos (condutivímetros) que possuindo um eléctrodo de platina indicam o valor da condutividade da amostra em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.6. Nutrientes vegetais

As plantas são seres vivos que tal como nós, precisam de ter uma alimentação equilibrada para executar todas as funções vitais necessárias para o correto crescimento e desenvolvimento.

Os macronutrientes principais são o azoto, o fósforo e o potássio. Recebem esta designação porque para além de serem absorvidos numa quantidade elevada, os seus teores disponíveis no solo na maioria dos casos é insuficiente, pelo que se torna necessário recorrer à aplicação de fertilizantes. Os macronutrientes secundários incluem os elementos cálcio, magnésio, enxofre, sódio, cloro e silício. São nutrientes que embora sejam absorvidos em grandes quantidades, normalmente não é necessário recorrer ao uso de fertilizantes. Os micronutrientes são absorvidos em quantidades reduzidas, podendo causar-lhes intoxicação quando adsorvidos em larga extensão. A sua ação no reino vegetal considera-se paralela à das vitaminas no reino animal. Exemplo de micronutrientes são o alumínio, boro, cobre, ferro, manganês e o zinco (Varenes, 2003).

Estes nutrientes e as suas formas assimiláveis apresentam-se na tabela 3.2.

Tabela 3. 2- Elementos essenciais para as plantas e suas formas assimiláveis (adaptado de Aguiar, 2005)

Elementos	Símbolo Químico	Forma Assimilável pelas plantas
Macronutrientes		
Azoto	N	NO_3^- , NH_4^+
Potássio	K	K^+
Cálcio	Ca	Ca_2^+
Magnésio	Mg	Mg_2^+
Fosforo	P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}
Enxofre	S	SO_4^{2-}
Micronutrientes		
Ferro	Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}
Manganésio	Mn	Mn^{2+}
Zinco	Zn	Zn^{2+}
Cobre	Cu	Cu^{2+}
Boro	B	BO_3^{3-}
Molibdénio	Mo	MoO_4^{2-}

Para além destes nutrientes existem também três outros elementos que são vitais para a planta, que são retirados do ar e da água sendo eles o carbono, o hidrogénio e o oxigénio.

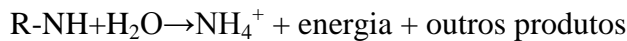
Azoto

O azoto encontra-se nos solos em formas orgânicas e minerais (inorgânicas). As formas orgânicas encontram-se em maior quantidade, representando cerca de 95% da totalidade do azoto. Trata-se de substâncias relativamente complexas, em que predominam aminoácidos, proteínas e partículas de argila. Estas formas não são praticamente absorvidas pelas plantas, facto que se associa à sua reduzida solubilidade na água, o que leva a atribuir ao azoto orgânico do solo uma função de reserva, servindo de substrato para a formação de azoto mineral (Oliveira, 1998).

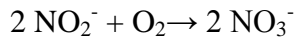
As formas minerais incluem diversas combinações químicas, de entre as quais podemos salientar o azoto molecular (N_2), o ião amónio (NH_4^+), o ião nitrato (NO_3^-) e o ião nitrito (NO_2^-).

O ião amónio e o ião nitrato são as principais formas sob as quais o azoto é absorvido através das raízes. Tanto as formas orgânicas como as formas minerais são susceptíveis de sofrer no solo diversas transformações que se podem englobar nas seguintes fases:

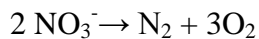
Amonificação



Nitrificação



Desnitrificação



O processo de amonificação é influenciado por baixas temperaturas e por excessos ou deficiência de água (fatores que influenciam a vida microbiana). Podemos dizer que o processo de nitrificação é o mais importante, uma vez que deste resulta o azoto nítrico que é facilmente adsorvido pelas plantas tendo como termo de comparação o azoto amoniacal (resultante da amonificação). Nos solos a nitrificação é influenciada pela acidez ou alcalinidade elevadas, deficiência de arejamento e drenagem, baixa concentração de fósforo e cálcio e baixas temperaturas.

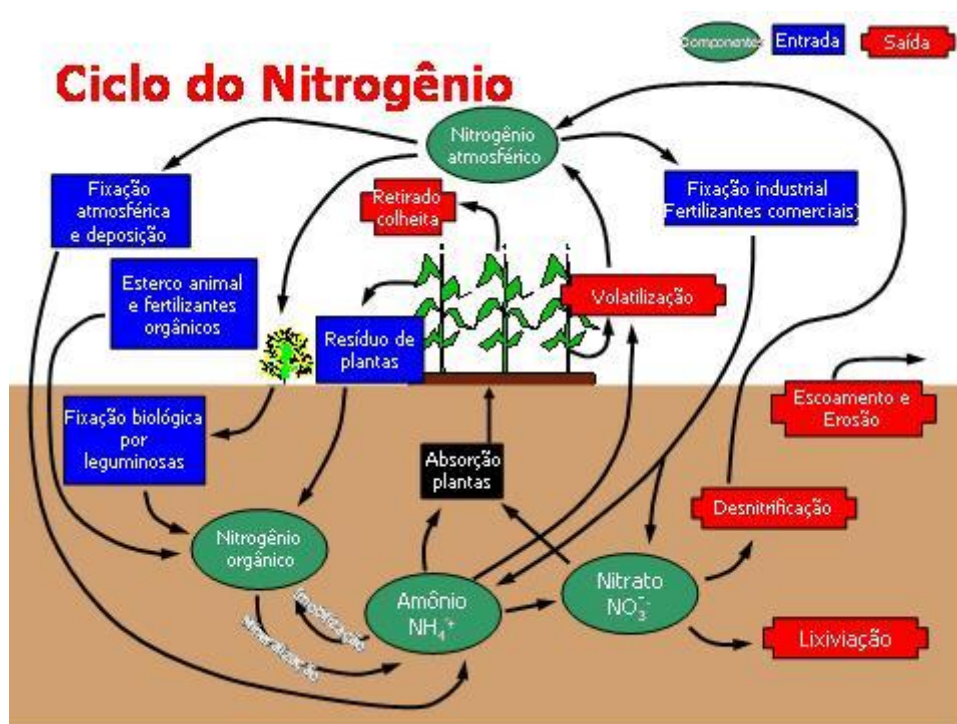


Figura 3. 6- Ciclo do azoto (Agrolink, 2012)

Fósforo

O teor de fósforo no solo nos ecossistemas naturais geralmente é baixo. Este elemento encontra-se normalmente em formas pouco disponíveis para as plantas, adsorvidas ou precipitadas e converte-se lentamente em formas assimiláveis pela planta.

O fósforo encontra-se no solo sob a forma orgânica e sob a forma mineral. As formas orgânicas são mineralizadas por ação dos microrganismos (figura 3.7) e estão influenciadas pelo pH e pelas concentrações de carbono, azoto e enxofre. As formas minerais representam cerca de 70 a 80% do fósforo total em solos minerais, nas formas químicas de ortofosfatos $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} . Só uma pequena parte desta fração é que se encontra na solução do solo em combinações químicas solúveis e portanto de fácil utilização pelas plantas. A maior parte do fósforo mineral encontra-se em formas químicas que só podem libertar o nutriente em determinadas condições. Esta retenção do fósforo mineral está associada a várias características do solo, principalmente à reação do solo (pH) e ao teor em cálcio.

A fixação do fósforo está dependente de vários fatores tais como o teor em argila, presença de compostos de ferro e alumínio e presença de calcário e cálcio. Inicialmente vão-se fixando as formas solúveis e gradualmente vão-se fixando as menos solúveis.

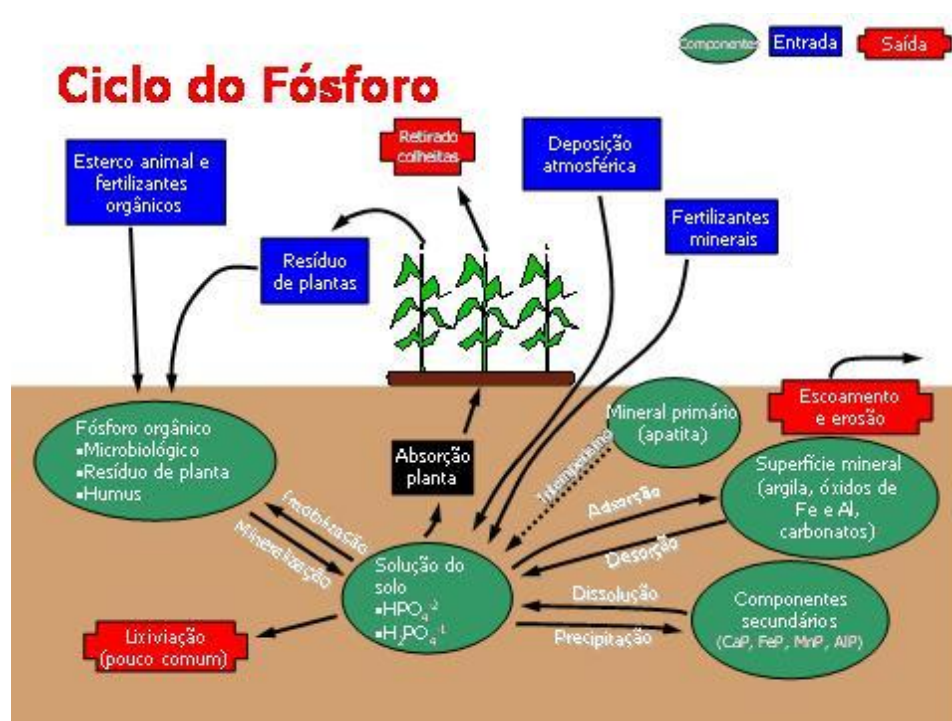


Figura 3. 7- Ciclo do fosforo (Agrolink, 2012)

Potássio no solo

De acordo com as diferentes possibilidades de ser absorvido pelas plantas, pode-se considerar que o potássio existe no solo em quatro formas (figura 3.8):

- Fazendo parte de minerais;
- Fixado em argilas;
- Adsorvido nos colóides minerais e orgânicos;
- Dissolvido na solução do solo.

Minerais potássicos: o potássio entra na composição de diversos minerais, nomeadamente os feldspatos potássicos, moscavite e biotite. Enquanto presente nestas formas não é assimilado pelas plantas.

Potássio fixado nas argilas: o potássio pode ser fixado nos espaços intermoleculares dos minerais do tipo 2:1, em formas muito dificilmente disponíveis para as plantas.

Potássio adsorvido no complexo coloidal: nesta forma o potássio pode naturalmente, encontrar-se na forma de catião de troca no complexo coloidal do solo. Se se encontrar adsorvido na argila e na matéria orgânica, pode ser assimilado pelas plantas.

Potássio na solução do solo: o potássio existe também livremente na solução do solo, na forma de ião K^+ . Nesta forma, o potássio é facilmente utilizado pelas plantas. Este nutriente como não forma compostos insolúveis com os normais constituintes da solução do solo, será facilmente arrastado por lavagem. Quer dizer, o potássio não é susceptível de retenção química no solo, podendo, no entanto, ser retido por adsorção e / ou fixação.

As quatro formas referidas anteriormente encontram-se em equilíbrio dinâmico. Encontram-se especialmente em equilíbrio o potássio de troca e o ião potássio dissolvido na solução do solo; é devido a este equilíbrio que se conseguem concentrações de potássio no solo que não divergem muito entre si.

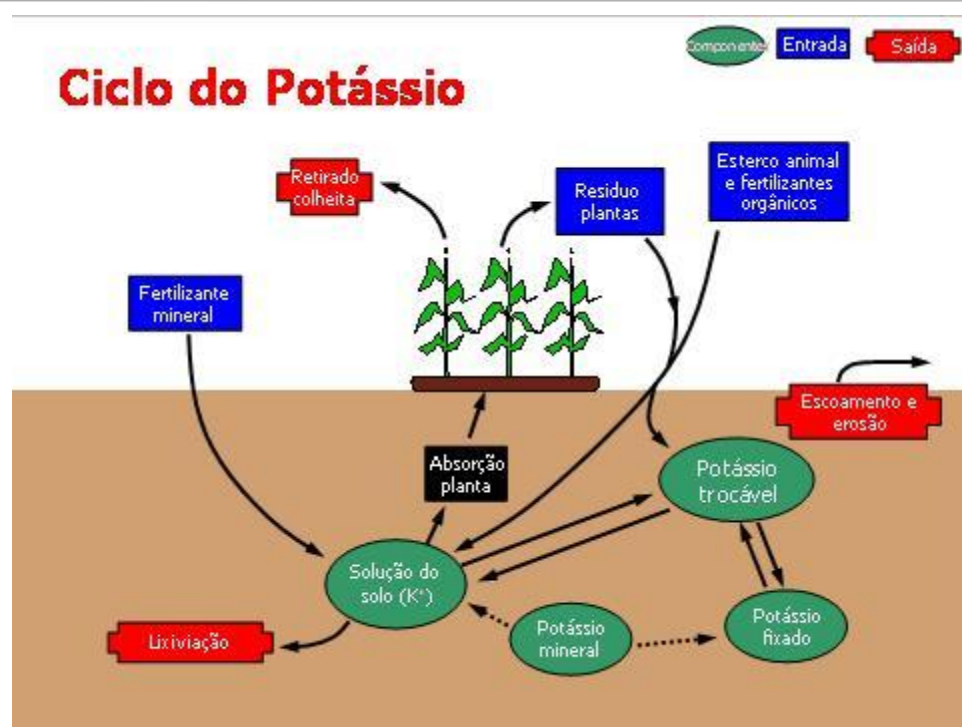


Figura 3. 8- Ciclo do Potássio (Agrolink, 2012)

3.7. Metodologia

Com o objetivo de compreender e justificar as principais fontes de poluição das águas do Paul, verificou-se a necessidade de avaliar a constituição do solo, o seu nível de contaminação e o seu potencial de poluição. Desta forma e a fim de obter mais uma peça do complicado puzzle de poluição que se observa no Paul, foi proposto realizarem-se análises físicas e químicas ao solo.

O princípio fundamental da nossa análise foi compreender quais as diferenças entre os solos que existem na reserva, de acordo com a carta Geológica de Portugal n.º 27C. Optámos por definir quatro locais representativos da diversidade geral de solos, aos quais foi adicionado um local de particular interesse por conter uma das maiores comunidades de *Narcissus fernandesii* (figura 3.9) uma espécie rara, de ocorrência restrita a um único local na reserva.

O objetivo secundário das nossas análises foi determinar qual a contaminação com fertilizantes que os solos ainda possuem após alguns anos de pousio em comparação com os solos agrícolas da mesma tipologia, e por último saber qual a possibilidade de recolonizar a espécie *Narcissus fernandesii* noutros locais da reserva.

Na figura 3.10 podemos verificar os pontos de recolha de amostra de solo, sendo os pontos 1 e 3 os que se situam junto da reserva integral e os pontos 2 e 4 os que se encontram na área agrícola, podendo também verificar-se que todos estes pontos se encontram em área de

aluvião conforme foi identificado na Carta Geológica de Portugal n.º 27C. O ponto 5, que é o local onde existe a espécie *Narcissus fernandesii*, está localizado segundo a mesma carta geológica num depósito de terraços de 8 – 15m.



Figura 3. 9- Imagem dos *Narcissus fernandesii* encontrados na RNPB

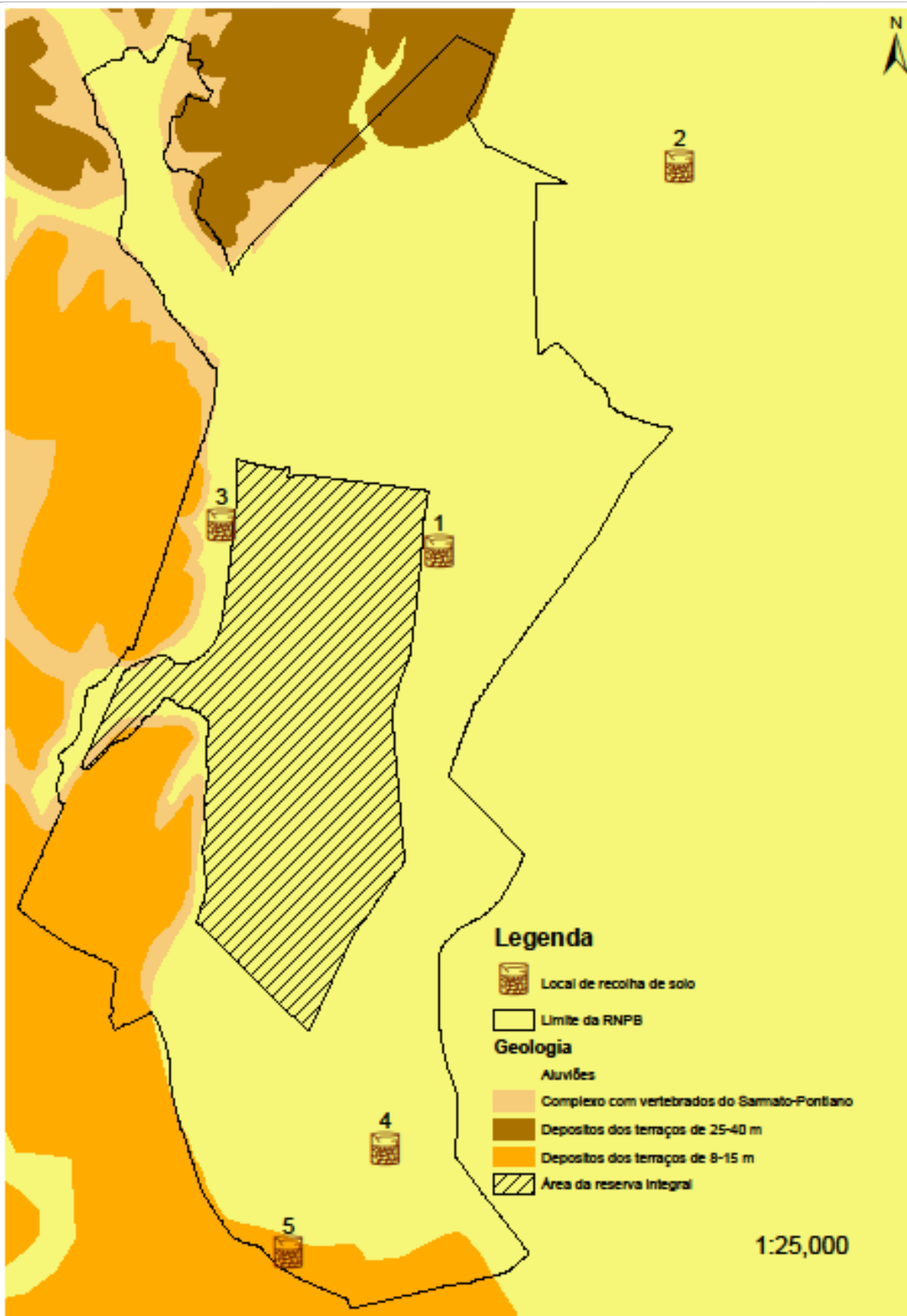


Figura 3. 10- Mapa da geologia com os pontos de recolha de amostra de solos

3.8. Recolha das amostras

As colheitas das amostras foram realizadas nos locais identificados na figura 3.10 seguindo todos os critérios protocolares para a não contaminação do solo extraído para posterior análise. O procedimento envolveu a limpeza do local de recolha e a remoção de toda a vegetação existente. Posteriormente foram escavados cerca de 10 a 20 cm com o auxílio de uma pá de mão. A recolha da amostra foi efetuada com um trado de recolha de amostras da marca Eijkelkamp Agrisearch Equipment, do tipo meia cana e piston. Comprimiu-se o equipamento de encontro ao solo, como podemos verificar na figura 3.11, tendo penetrado cerca de 70 cm. Ao retiramos o trado vazámos os 30cm de solo que se encontravam no topo do trado, ou seja, o solo que se encontrava mais abaixo da superfície, tendo o cuidado de evitar o manuseamento da amostra, fator que poderia alterar o seu pH.

O vazamento da amostra de solo foi efetuado diretamente para um tubo de policloreto de vinilo (PVC) de 40 mm de diâmetro e com os topos tamponados, tubos construídos pelos elementos do projeto para este procedimento e apresentados na figura 3.12, evitando-se possíveis contaminações do solo durante o transporte e antes da realização das análises.

O material de recolha de solos foi cedido pelo Centro de pré-história do Instituto Politécnico de Tomar.



Figura 3. 11- Recolha de solo



Figura 3. 12- Tubo de armazenamento da amostra de solo

3.9. Análise de solos

Granulometria

A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem a amostra e no tratamento estatístico dessa informação. Resumidamente, consiste em determinar as dimensões das partículas individuais e estudar a sua distribuição, quer pelo peso de cada classe dimensional, quer pelo seu volume, ou ainda pelo número de partículas integradas.

O método mais conhecido para efetuar a análise granulométrica é o da peneiração. Um peneiro para este tipo de análise consiste num suporte metálico (latão, alumínio, inox) cilíndrico que serve de suporte a uma rede (geralmente metálica) de malha calibrada.

Os peneiros estão concebidos para poderem ser encaixados uns nos outros de modo a formarem uma coluna de peneiração. Na parte inferior encaixa-se um peneiro destinado a receber as partículas menores que atravessaram a coluna sem serem retidos em nenhum outro peneiro.

A amostra a peneirar tem de ser sujeita a uma secagem completa utilizando, geralmente, uma estufa com temperatura não superior a 35°C ou então, em alternativa, secagem ao ar livre. Após secagem, a amostra deve ser cuidadosamente pesada de modo a poderem estimar-se eventuais perdas que possam ocorrer durante o processo de peneiração e de pesagem das frações peneiradas. O tempo de peneiração é determinado em função do peso da amostra sendo que, normalmente se peneira por períodos entre 10 a 15 minutos para uma amostra média. É normal que o peso total das frações de peneiração seja um pouco inferior ao da

amostra original, devido a partículas que se perderam em todo o processo. Neste procedimento, de cada uma das amostras foram retiradas 500 g de solo, secas à temperatura de 30°C numa estufa de marca WTB binder, modelo ED – 53, tendo o cuidado de a intervalos regulares separar cada uma das amostras para que não se formem agregados. Após arrefecimento das amostras, procedeu-se novamente à sua pesagem e colocação na coluna de peneiros. Foram utilizados peneiros de latão acoplados a um agitador de peneiros da marca Octogon, usando uma amplitude de 8, durante 15 minutos. Estes posteriormente foram individualmente removidos e todo o seu conteúdo cuidadosamente pesado.

Porosidade

A porosidade refere-se a um determinado espaço ocupado pelos líquidos em relação ao espaço ocupado pela massa de solo. A circulação de água no solo relaciona-se com uma rede de poros que podem estar compactados ou isolados permitindo a circulação da água ou o armazenamento desta. Esta característica depende não só da textura mas principalmente da estrutura do solo, no sentido em que as partículas condicionam o movimento da água e ar no solo.

A porosidade calcula-se a partir da densidade aparente (tabelada) e da massa volúmica das partículas sólidas. A massa volúmica é determinada com base na massa do solo seco e seu volume. Uma amostra de solo húmido é pesada e colocada num cilindro graduado (proveta) com um volume conhecido de água. A diferença entre o volume total lido e o volume de água adicionada corresponde ao volume das partículas sólidas.

pH

Para a determinação do pH foi utilizado o aparelho Crison em que se determinou diretamente o potencial de hidrogénio iónico numa solução de solo e água destilada (1:2).

Condutividade

A condutividade foi determinada a partir do condutímetro Crison, (que possui um elétrodo de platina), diretamente na solução de de solo-água destilada (1:2), apresentando os valores em $\mu\text{S}/\text{cm}$. O aparelho foi calibrado com uma solução de cloreto de potássio (KCl) 2M.

Matéria orgânica

A matéria orgânica do solo é composta por organismos vivos, resíduos de plantas e animais descompostos total ou parcialmente e que contêm compostos de carbono. Estes elementos da matéria orgânica são essenciais para a manutenção dos ecossistemas dos quais fazem parte.

O teor de matéria orgânica do solo pode ser determinado diretamente por calcinação, sendo a amostra calcinada numa mufla de marca P SELECTA e o modelo SELECT-HORN a 425°C durante cerca 6h. Compara-se o peso inicial e o peso após calcinação e determina-se a quantidade de matéria orgânica no solo que é expressa em g/kg de solo.

Nitratos

O método de determinação dos nitratos no solo está dividido em duas partes, sendo que para a extração foi utilizada uma solução de cloreto de potássio 2 M (KCl). Este método de extração foi descrito por Dahnke e Johnson (1990) e Mulvaney (1996) (Jones, 2001).

Para a determinação dos nitratos temos de proceder à remoção dos cloretos existentes na amostra, pois estes podem interferir com a determinação pretendida. Para este caso iremos utilizar uma solução de sulfato de prata que irá precipitar os cloretos presentes.

Após esta primeira parte, utilizaram-se os mesmos métodos descritos para as águas, para a determinámos dos nitratos, ou seja, o método colorimétrico.

Fósforo

O método de determinação do fosforo presente no solo está dividido em duas partes, sendo que para a extração foi utilizado o método descrito por Moody e Bolland (1999) (Jones, 2001). Utilizou-se uma solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) 0,5 M como reagente de extração, a um pH de 8.5, método desenvolvido pela primeira vez por Olsen et al. (1954) (Jones, 2001).

Após esta primeira parte, utilizaram-se os mesmos métodos descritos para as águas, para a determinação dos nitratos, ou seja, o método de colorimetria.

Potássio

O potássio é geralmente extraído por outro catião que vai permutar com os iões presentes no complexo de troca. O método utilizado é o da água, para extrair K, Ca, Mg e Na a partir do solo. A razão solo / água de 1:5 (v: v) foi referenciada por Hesse (1971) e Chapman e Pratt (1982). Este método é relativamente simples, no entanto, tem a desvantagem de produzir números irrealistas para o Ca e Na como um resultado dos deslocamentos de permuta catiónica de equilíbrio (Jones, 2001).

Os catiões presentes no extrato são depois doseados por espectrofotometria de chama.

3.10. Espectroscopia de Raman

O efeito de Raman foi observado pela primeira vez em 1928 por um físico indiano, o Dr. Chandrasekhara Venkata Raman (figura 3.13) que viria a ganhar o prémio Nobel da física, no ano de 1930. Foi em 1923 durante uma aula que alunos seus observaram uma troca de cor num raio solar enquanto atravessava a água, que mesmo sendo filtrado não se conseguia eliminar, suspeitando que esse fenómeno se tratasse de uma característica da substância. Em 1928, depois de diversos estudos apoiados nos estudos de dispersão de Rayleigh, Raman e um seu aluno Krishnan, acabaram por publicar um artigo científico que explicava o fenómeno (Stuart, 2007).





Figura 3. 13- Dr. Chandrasekhara Venkata Raman

O efeito Raman é um fenómeno inelástico de dispersão da luz que permite o estudo de rotações e vibrações moleculares, conducente ao estabelecimento das estruturas das moléculas. A análise por espectroscopia de Raman baseia-se em fazer incidir um feixe de luz monocromática de frequência ν_0 sobre uma amostra, cujas características moleculares se querem determinar, analisando-se a radiação dispersada pela amostra (Stuart, 2007). Esta frequência incidente ν_0 é superior às frequências vibracionais e inferior às frequências das transições electrónicas, ocorrendo, por isso, fenómenos de dispersão em vez de processos de absorção (Burrows, 2006). A maior parte da luz dispersada tem uma frequência igual à da radiação incidente, mas uma pequena fracção desta apresenta uma alteração da frequência como resultado da sua interacção com a matéria. A radiação dispersada que mantém a mesma frequência incidente designa-se por dispersão de Rayleigh e não dá qualquer informação sobre a amostra em estudo. Porém, a luz dispersada que exhibe uma frequência distinta da incidente dá informações acerca da composição molecular da amostra e é conhecida como dispersão de Raman.

As variações nas frequências observadas na dispersão de Raman são equivalentes a variação de energia. Os iões e átomos ligados quimicamente para formar moléculas e redes cristalinas sofrem movimentos rotacionais e vibracionais a frequências bem definidas (em função da massa das partículas e do comportamento dinâmico de ligações) e aos quais correspondem valores pré-definidos de energia molecular. Quando os fotões do feixe de luz incidente, com energia $h\nu_0$ (sendo h a constante de Planck), chocam com uma molécula, possuindo energia muito superior à diferença de energia entre os níveis vibracionais da molécula, a maior parte deles atravessa a molécula sem alterar a sua energia, mas uma pequena parte é dispersada (na razão de 1 fotão para cada 10^{11} fotões incidentes). Esta dispersão pode traduzir que o fotão incidente leva a molécula momentaneamente a um nível de energia vibracional superior, não permitido, mas rapidamente a molécula abandona esse nível e passa para um nível energético menor, mas permitido, emitindo um fotão. A frequência à qual é libertado este fotão depende do “salto” energético dado pela molécula e podem acontecer duas situações distintas (Stuart, 2007):

- Se o resultado da interação fotão-molécula for um fotão dispersado à mesma frequência que o fotão incidente, diz-se que o choque é elástico, uma vez que nem o fotão nem a molécula sofrem alterações do seu estado energético, dando assim origem a uma dispersão de Rayleigh;
- Por outro lado, se a interação fotão molécula é um fotão dispersado a uma frequência distinta da frequência do fotão incidente, diz-se que se está perante um choque inelástico, existindo uma troca de energia entre o fotão e a molécula. Neste caso podem dar-se dois fenómenos:

 Se o fotão dispersado tem uma frequência menor do que a incidente, existe uma transferência de energia do fotão para a molécula. O fotão é dispersado à frequência $\nu_0 - \nu_r$ e os sinais espectroscópicos correspondem a um processo de difusão de luz em que ocorre troca de energia no sentido radiação incidente → molécula, dando origem a uma dispersão de Raman Stokes.

 Se o fotão dispersado tem uma frequência maior do que a incidente, existe uma transferência de energia da molécula para o fotão. O fotão é dispersado à frequência $\nu_0 + \nu_r$ e os sinais espectroscópicos correspondem a um processo de difusão de luz em que ocorre troca de energia no sentido molécula → radiação incidente, dando origem a uma dispersão de Raman anti-Stokes.

Todas as substâncias têm um conjunto de valores ν_r que são específicos da sua estrutura e das ligações em que participam. O espectro Raman identifica estes fenómenos e representa a intensidade óptica dispersada em função do número de onda ao qual a dispersão se dá. O número de onda é um valor inversamente proporcional ao comprimento de onda e expressa-se em cm^{-1} .

O espectro de Raman é formado por uma banda principal, conhecida como banda Rayleigh e duas bandas secundárias, que correspondem à banda Raman Stokes e à banda Raman anti-Stokes que se situam simetricamente, uma de cada lado da banda Rayleigh (Stuart, 2007), como se pode verificar no gráfico da figura 3.14.

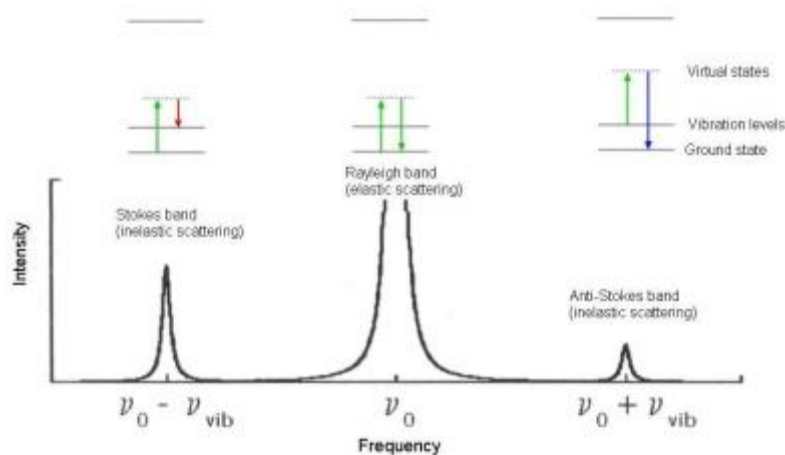


Figura 3. 14– Espectro de difusão de Raman (Mascarós, 2008)

A probabilidade de ocorrerem transferências que originem dispersão Raman Stokes é muito superior à dispersão Raman anti Stokes e por isso a intensidade das primeiras bandas é consideravelmente superior (cerca de 100 vezes) e por isso é usual medir só o efeito Stokes e situar o resultado apenas na parte positiva do eixo das abcissas correspondente ao número de onda (Stuart, 2007).

Nestes espectros pode aparecer um efeito de fluorescência ligada à absorção de luz que pode mascarar as bandas Raman, limitando o processo de análise. Este efeito deve minimizar-se, sendo por vezes até possível medir o efeito anti Stokes (onde também é mais fraca a intensidade da fluorescência) e determinar assim bandas Raman que estariam mascaradas na zona Stokes.

Na espectroscopia de Raman a fonte de radiação pode utilizar comprimentos de onda da zona do infravermelho, visível e ultravioleta próximo (Stuart, 2007).

3.10.1. Campo de aplicação - Vantagens e limitações

A espectroscopia Raman é um método sensível, não destrutivo, que não exige nenhuma preparação especial das amostras, que possibilita alguma facilidade de transporte da instrumentação e que se aplica à análise de materiais sólidos, líquidos ou gasosos. O facto desta técnica se basear nas vibrações moleculares existentes em qualquer substância ou corpo, tornam-na uma ferramenta analítica com vasto campo de aplicação, que se pode particularizar como segue (Stuart, 2007):

- Identificação de materiais históricos e obras de arte;
- Análises ao meio ambiente, servindo para analisar compostos orgânicos ou inorgânicos em solos e águas ou também para determinar a contaminação destes meios por complexos metálicos, fenóis, ácidos poliorgânicos e hidrocarbonetos;
- Indústria alimentar, sendo uma técnica utilizada para determinar a presença de proteínas, açúcares ou lípidos em alimentos;
- Aplicações biomédicas
- Indústria petroquímica, sobretudo no controlo de qualidade em polímeros e emulsões;
- Análise de polímeros, nomeadamente em estudos de cristalinidade.

No IPT, o equipamento que se usou neste estudo tem sido maioritariamente usado para análises no campo da conservação e restauro de obras de arte (Gaspar, 2009).

3.10.2. Instrumentação

Os componentes de maior relevância num espectrómetro de Raman são:

- Laser (fonte excitadora);
- Filtros;
- Sistema de deteção;
- Sistema de iluminação da amostra;
- Recolha da radiação emitida.

A figura 3.15 mostra um esquema genérico dum espectrómetro de Raman.

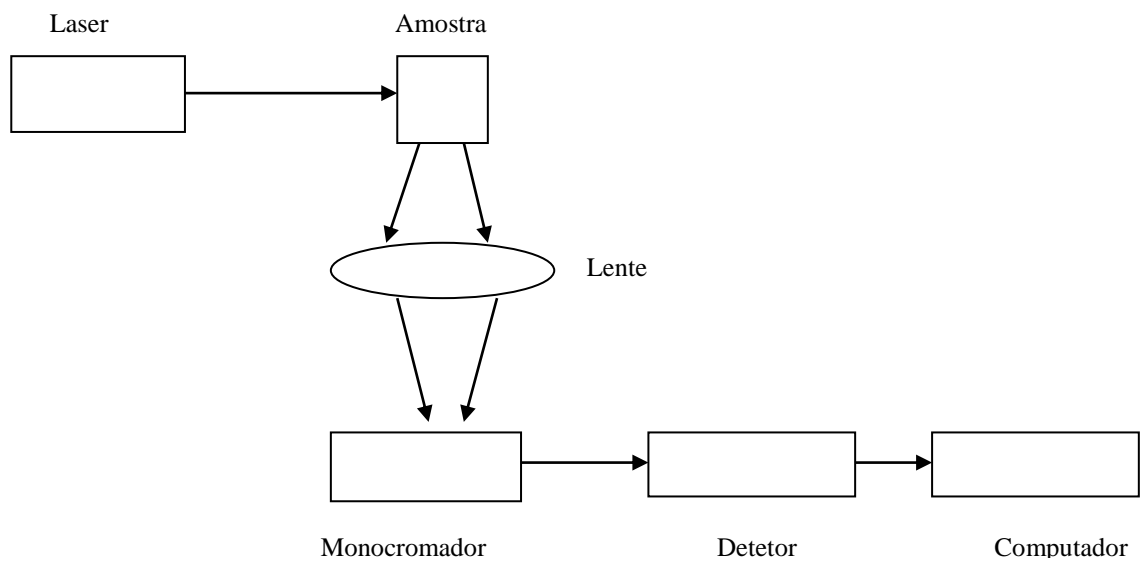


Figura 3. 15- Diagrama esquemático da espectroscopia de Raman (adapt. Stuart, 2007)

3.10.3. Metodologia de análise

Para realizar a análise de uma amostra num espectrómetro de Raman, não é necessário realizar uma preparação antecipada, bastando apenas usar uma pequena porção de material homogeneizado sobre uma lâmina de microscopia.

As fontes de radiação laser mais utilizadas têm os seguintes comprimentos de onda: 514 nm – Verde- Ar; 632,83 nm – vermelho – HeNe e 1064 nm – IV – Nd:YAG.

No trabalho realizado utilizou-se o laser HeNe. Numa lâmina colocou-se um pouco da amostra a analisar e posicionou-se o conjunto no suporte do microscópio, realizou-se a focagem e fez-se a escolha da melhor área de estudo, ou seja, a área mais homogénea. Possibilitou-se a passagem do feixe laser para incidência na amostra e a radiação difundida foi obtida pela objetiva do microscópio e enviada para o espectrómetro. A recolha dos espectros foi realizada à temperatura ambiente e foram feitas duas leituras para cada amostra analisada.

3.11. Resultados e discussão

Após a determinação do pH, foi possível elaborar o gráfico da figura 3.16 onde se verifica que os solos são ligeiramente alcalinos ou neutros.

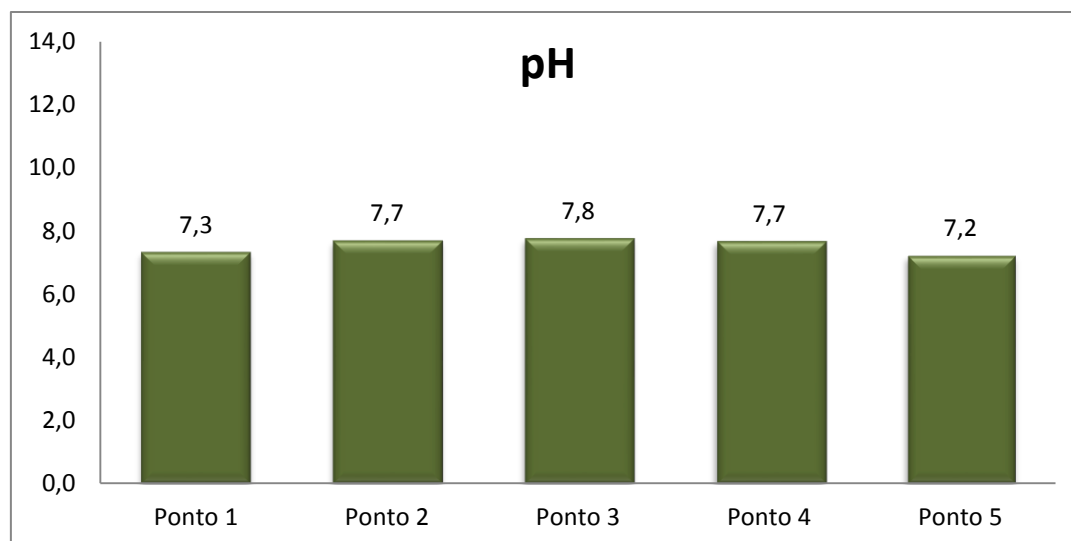


Figura 3. 16- Gráfico com os valores de pH dos solos analisados

O pH não difere de local para local, o que era de esperar, visto que os locais se encontram sobre a mesma composição geológica. Estes valores oscilam por alguns fatores, como sendo, o teor de água, o tipo de cultura e a época do ano.

Os valores de pH nos pontos 1 e 5 são os mais baixos, podendo dever-se ao facto de, no ponto 1, o lençol freático estar mais à superfície e no ponto 5 devido ao solo ter sido recolhido mais à superfície.

Os valores de pH na área agrícola são iguais (pontos 2 e 4), o que se explica devido ao facto de as culturas e as condições do local serem as mesmas. Já no ponto 3 o pH também é idêntico, provavelmente devido ao facto de ter sido uma zona agrícola durante muitos anos.

Ao analisar o gráfico da figura 3.17 referente à condutividade dos solos podemos verificar que possuímos três grupos de valores distintos.

O ponto 1 é o local onde a condutividade é maior, o que pode dever-se ao facto de os solos se encontrarem ali com o lençol freático sempre à superfície e de estarem junto da Vala das Cordas, local este que é percorrido por água com uma elevada concentração de poluentes e por sua vez com bastantes sais, como se pode verificar no capítulo 5 onde se apresentam os resultados das análises daquelas águas.

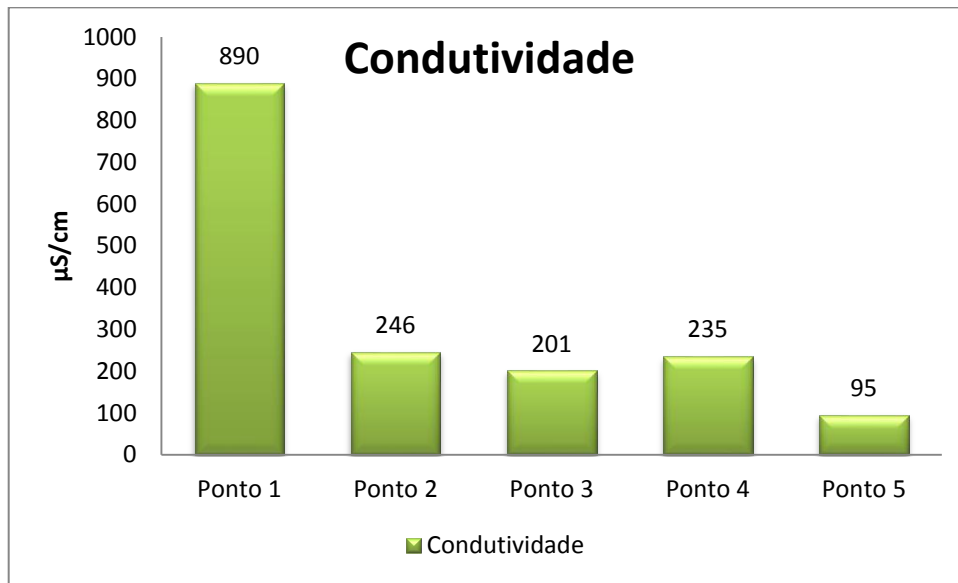


Figura 3. 17- Gráfico com os valores da condutividade dos solos analisados

Os pontos 2, 3 e 4 possuem valores de condutividade na ordem dos 200μS/cm. Trata-se de locais onde existe agricultura intensiva, sendo que o ponto 3 tem um valor ligeiramente mais baixo devido ao facto de já, há alguns anos, não ser plantado.

O ponto 5 é o local onde existe menor condutividade, o que nos indica que o solo possui poucos sais dissolvidos capazes de conduzir a corrente elétrica. Este facto deve-se ao baixo teor de água disponível (*vide* figura 3.22) para solubilizar a matéria mineral existente.

Os nutrientes disponíveis num solo têm uma relação direta com o respetivo pH. Em termos de nutrientes é de salientar que, em todos os locais, os valores de fósforo são os mais baixos valores determinados (figura 3.18).

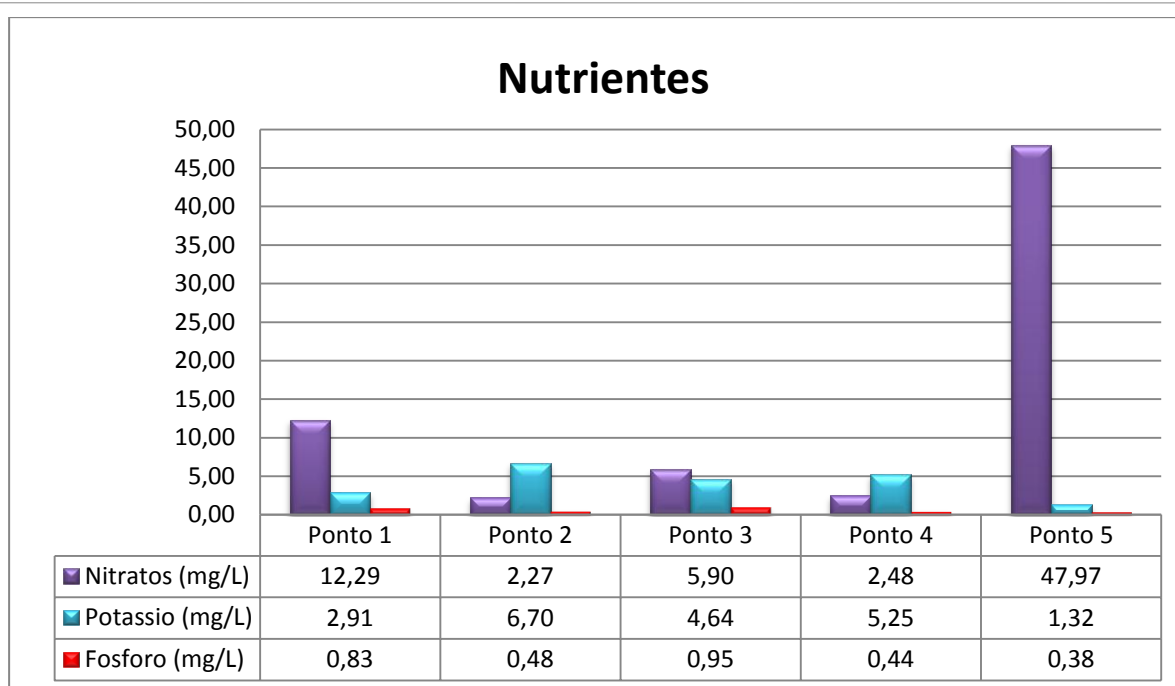


Figura 3. 18-Gráfico com os valores dos principais nutrientes dos solos analisados

Verifica-se que no ponto 1 a concentração dos nitratos é de 12,3mg/L. Este valor relativamente elevado pode dever-se ao facto dos teores de água e de matéria orgânica serem elevados neste local, como se pode constatar da análise da figura 3.22, o que pode proporcionar um maior desenvolvimento microbiológico dando a origem a processos de nitrificação conducentes à disponibilização de azoto sobre a forma de nitratos, com origem em iões amónio provenientes da matéria orgânica. As bactérias autotróficas nitrificantes do solo, por exemplo do Gén. *Nitrosomonas* são capazes de produzir nitritos a partir dos iões amónio e depois, as bactérias do Gén. *Nitrobacter* oxidam os nitritos em nitratos.

Nos locais agrícolas (pontos 2 e 4) pode-se verificar que os valores dos vários nutrientes são relativamente iguais, podendo-se deduzir que partilham a mesma matriz.

No ponto 3 os valores são idênticos aos das áreas agrícolas, sendo o teor de nitratos o mais elevado, o que pode ser atribuído às capacidades de retenção do solo, que se encontra em pousio. O processo de pousio fomenta os processos naturais de nitrificação e de regeneração de nutrientes, auxiliados pelo teor de humidade existente (figura 3.22).

O ponto 5 é claramente o local onde os nitratos aparecem em quantidade mais elevada. Este resultado pode explicar-se em parte pelo facto do solo ser mais poroso e menos compactado neste local (figura 3.24) e poder existir algum desenvolvimento microbiológico aeróbico, o que pode auxiliar nos processos de nitrificação. Outra das explicações pode ser a adição de

adubos fertilizantes no olival adjacente e fraca lixiviação devido à indisponibilidade de água evidenciada neste local .

Após a determinação dos nutrientes foi possível agrupá-los segundo o tipo de terraço; com as médias desses valores elaboraram-se os mapas constantes nas figuras 3.19, 3.20 e 3.21, que permitem a visualização dos diferentes teores determinados para os nitratos, fosfatos e potássio, respetivamente.

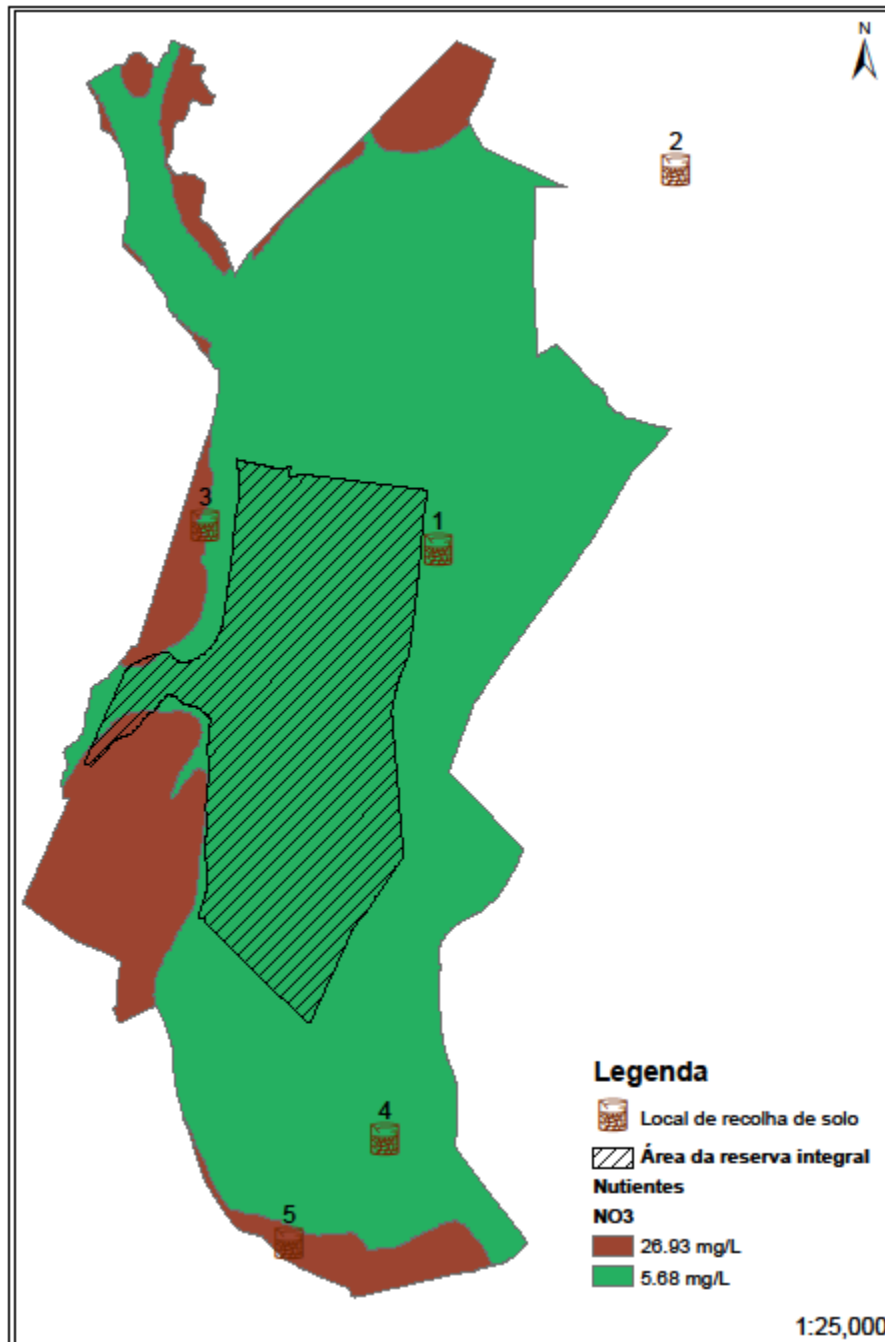


Figura 3. 19 – Representação geográfica dos nitratos

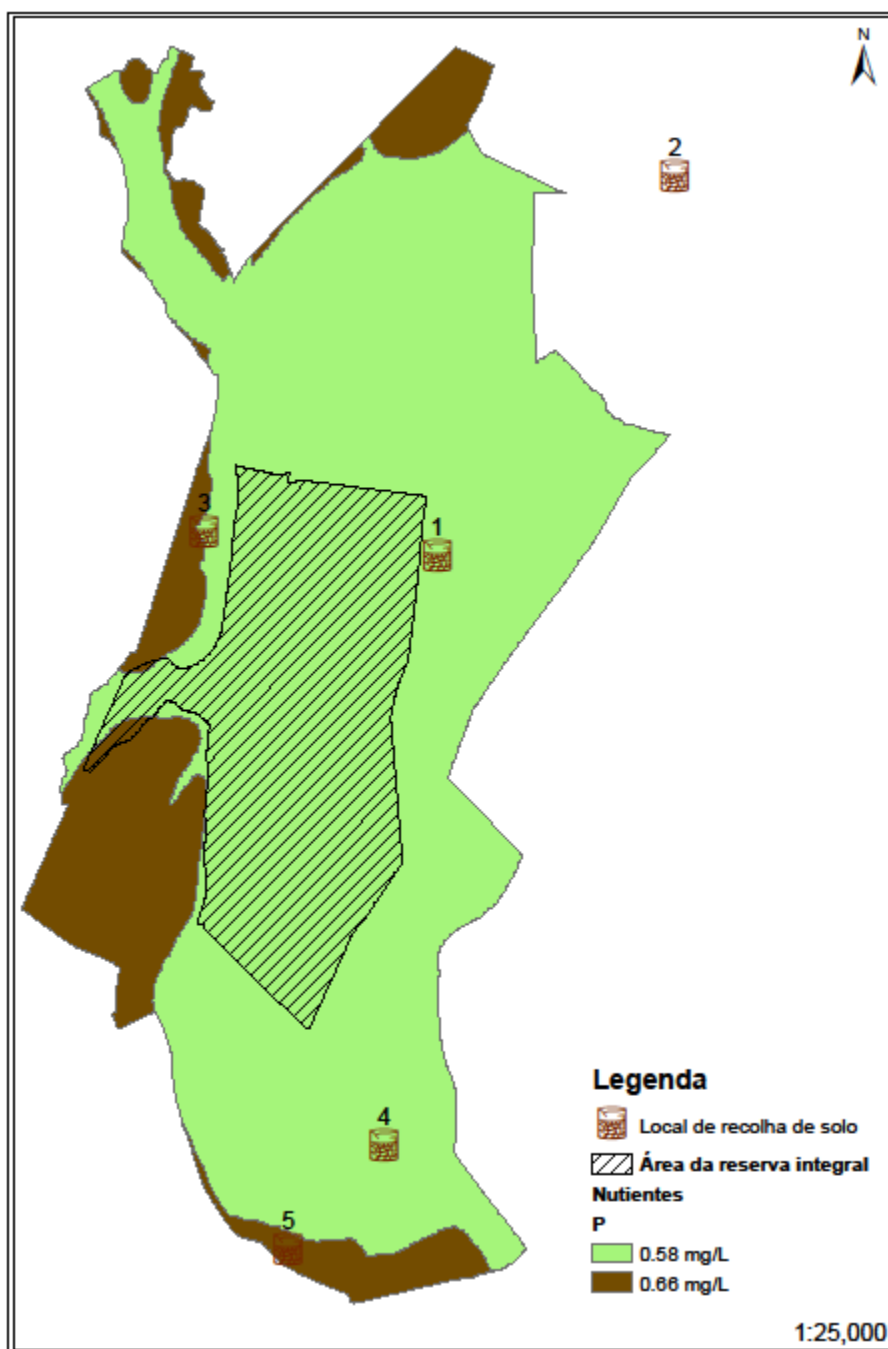


Figura 3. 20 – Representação geográfica do fósforo

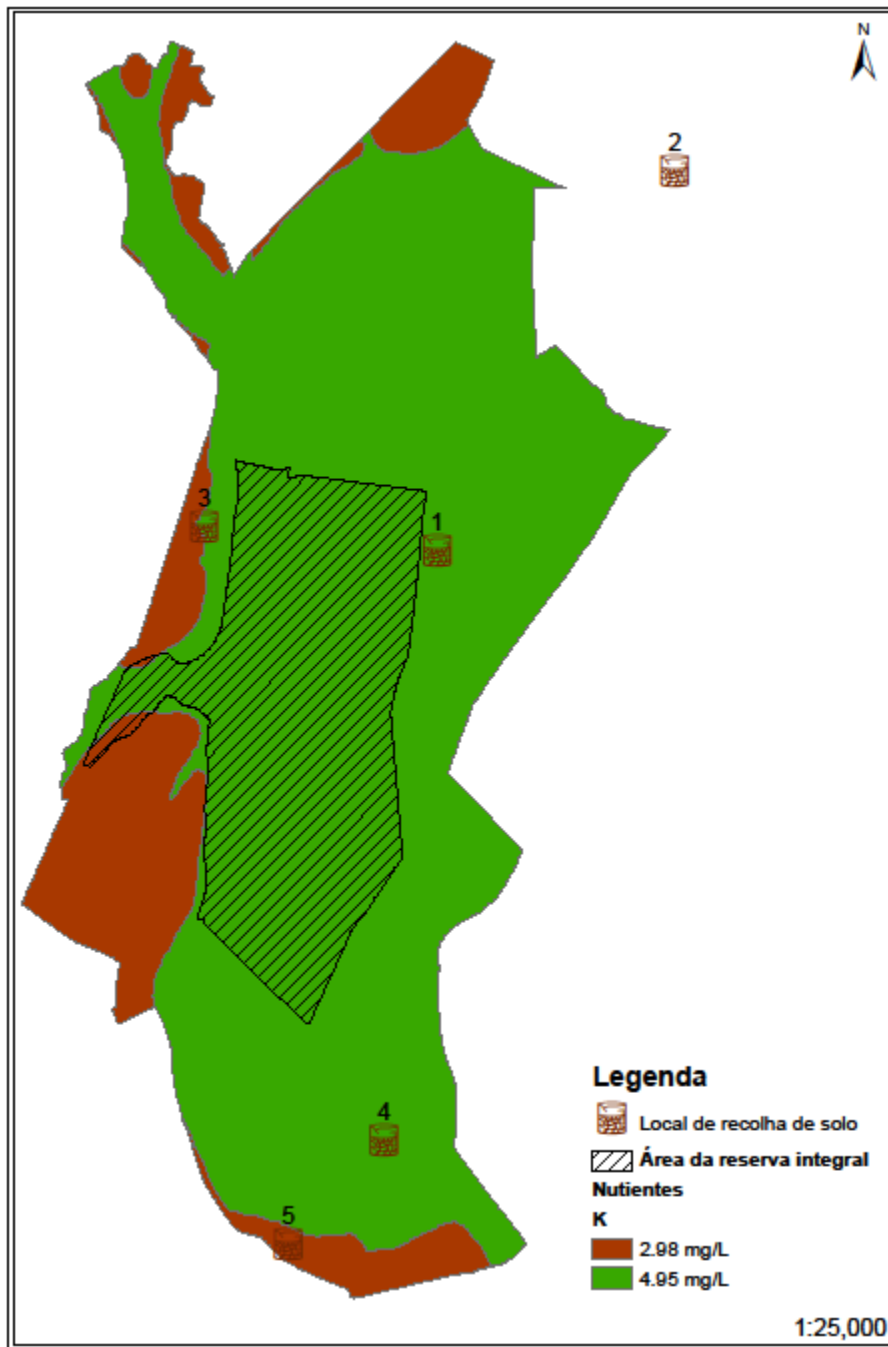


Figura 3. 21- Representação geográfica do potássio

No que diz respeito à constituição dos solos, verificam-se algumas diferenças entre os diversos locais estudados. Os resultados obtidos estão compilados na figura 3.22.

O ponto 5 é claramente diferente. Apresenta uma elevada percentagem de ar, o que se coaduna com a maior porosidade exibida no gráfico da figura 3.24. Por outro lado apresenta a menor carga orgânica e a maior carga mineral, sendo quase desprovido de água. Certamente que na carga mineral se englobam os nitratos já quantificados (figura 3.18).

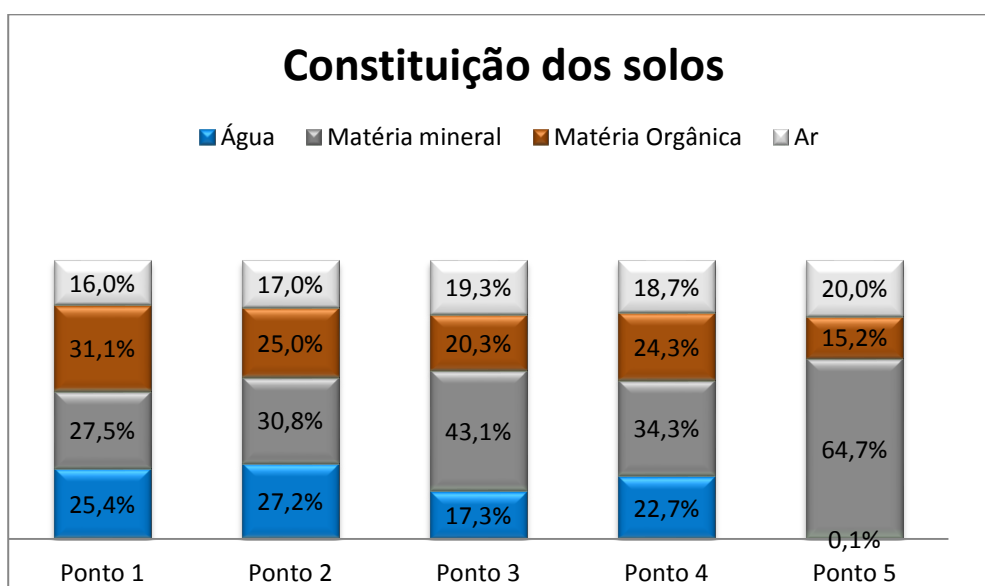


Figura 3. 22- Gráfico com percentagem dos constituintes dos solos analisados

O teor de matéria orgânica é muito grande no ponto 1. O teor de matéria mineral é grande nos pontos 3 e 5, ao passo que os pontos 2 e 4 são muito idênticos relativamente ao seu teor em minerais.

A granulometria dos vários solos estudados é muito idêntica como se pode verificar no gráfico da figura 3.23.

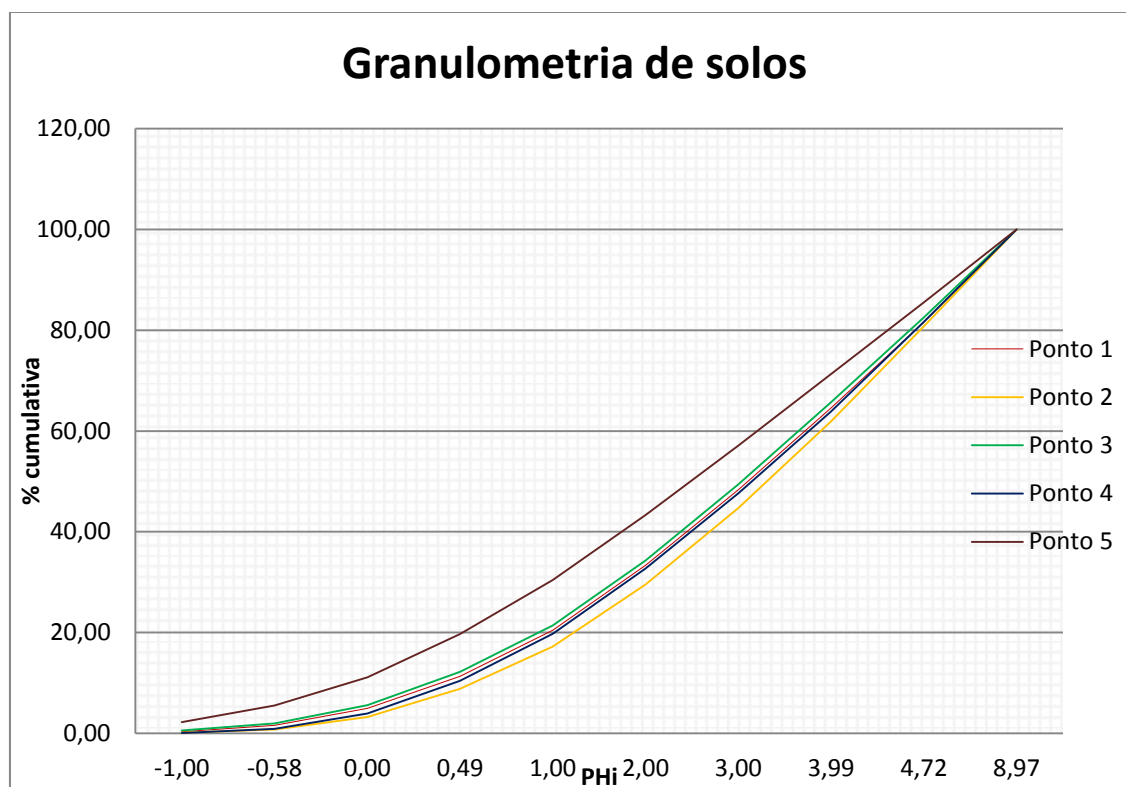


Figura 3. 23- Gráfico com os valores da granulometria do solo

Contudo, a classificação elaborada no âmbito do estudo dos habitats e conjugado pela carta geológica, indica que os pontos 3 e 5 se encontrem ambos no substrato de terraço. Mais ainda, comparando a granulometria (figura 3.23) poder-se-á sugerir que as amostras se encontram nos extremos da tipologia de solos observada em terraços.

Os restantes pontos concentram-se em zonas aluviosas, com variação de utilização agrícola, observando-se “*in situ*” que o ponto 2 é o local com mais frequente utilização agrícola, demonstrado pela maior quantidade de sedimentos finos.

O solo do ponto 5 é o que possui mais matéria mineral, maior granulometria e menor quantidade de água, o que também se pode explicar devido ao facto da amostra ter sido recolhida mais à superfície, pelas dificuldades técnicas encontradas e já referidas.

A textura do solo foi determinada tendo em conta as percentagens relativas de areia, limo e argila; as partículas com diâmetros entre 2.0mm e 0.05mm correspondem a areias, de 0.05mm a 0.02mm correspondem a limos e as partículas inferiores a 0.002mm correspondem a argilas, de acordo com a classificação ISSS (International Society for the Systems Science). No entanto, para a análise atual usaram-se granulometrias aproximadas em virtude dos crivos existentes.

Os solos analisados são caracterizados por duas texturas de acordo com o diagrama de texturas de solos, em que os pontos 1 a 4 possuem uma percentagem de 17% a 19% de argilas, 45% a 49% de areia e 33% a 36% de limo. Fazendo a correspondência das percentagens obtidas com o diagrama da figura 3.4, pudemos concluir que o solo é caracterizado como sendo franco argiloso. Já o ponto 5 é caracterizado como franco arenoso, em virtude de possuir 14% de argila, 57% de areia e 28% de limo.

A cor do solo foi analisada segundo a tabela de cores de Munsell, ou notação de Munsell, e pudemos verificar que os solos possuem cores amareladas no caso dos pontos 3 e 4. No caso dos outros pontos possuem uma cor marron. Isto significa que o solo mais escuro absorve mais radiação solar e por isso aquece mais rápido, logo aí as reações químicas e biológicas são mais rápidas o que proporciona um melhor crescimento das plantas.

A porosidade foi calculada tendo em conta o tipo de solo que estávamos a analisar, sendo que foi escolhido a partir da tabela 3.3 o valor de 1,25 g/cm³ para a densidade aparente.

Tabela 3. 3- Tabela da densidade aparente de alguns tipos de solos (adapt. Varennes, 2003)

Tipos de solo e textura	Densidade aparente (g/cm ³)
Histosolo (solo orgânico)	0.1-0.7
Solos não cultivados (floresta ou pastagem)	0.8-1.2
Solos cultivados de textura fina	0.9-1.4
Solos cultivados de textura grosseira	1.2-1.6
Vertissolo quando seco (solo argiloso)	1.6-1.9

A massa volúmica calculou-se a partir de solo seco a 105°C, sendo que a porosidade é expressa em percentagem. Os resultados de porosidade estão agrupados no gráfico da figura 3.24.

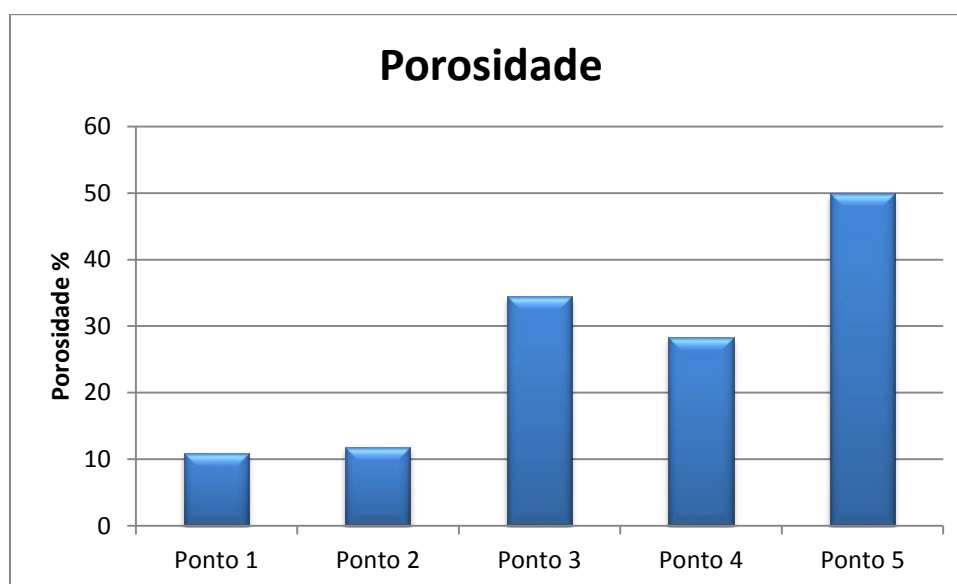


Figura 3. 24- Gráfico da porosidade dos solos

Verificou-se que os solos que se encontram no substrato de terraço (pontos 3 e 5) possuem uma maior porosidade do que os que se encontram no aluvião. O ponto 5 possui a maior porosidade que corresponde a 50%, o que era de esperar, já que em todos os parâmetros físicos analisados este é o ponto que difere de todos os outros.

No que diz respeito às análises por espectroscopia de Raman, apresenta-se na figura 3.25 uma compilação dos dez espectros obtidos relativos às cinco amostras de solos. Nesta análise designaram-se as amostras de solos pela seguinte terminologia: os números designam os pontos de recolhas e as letras dizem respeito à análise e respectiva réplica (ex. A1 e B1 referem-se às duas repetições do ensaio para o ponto 1).

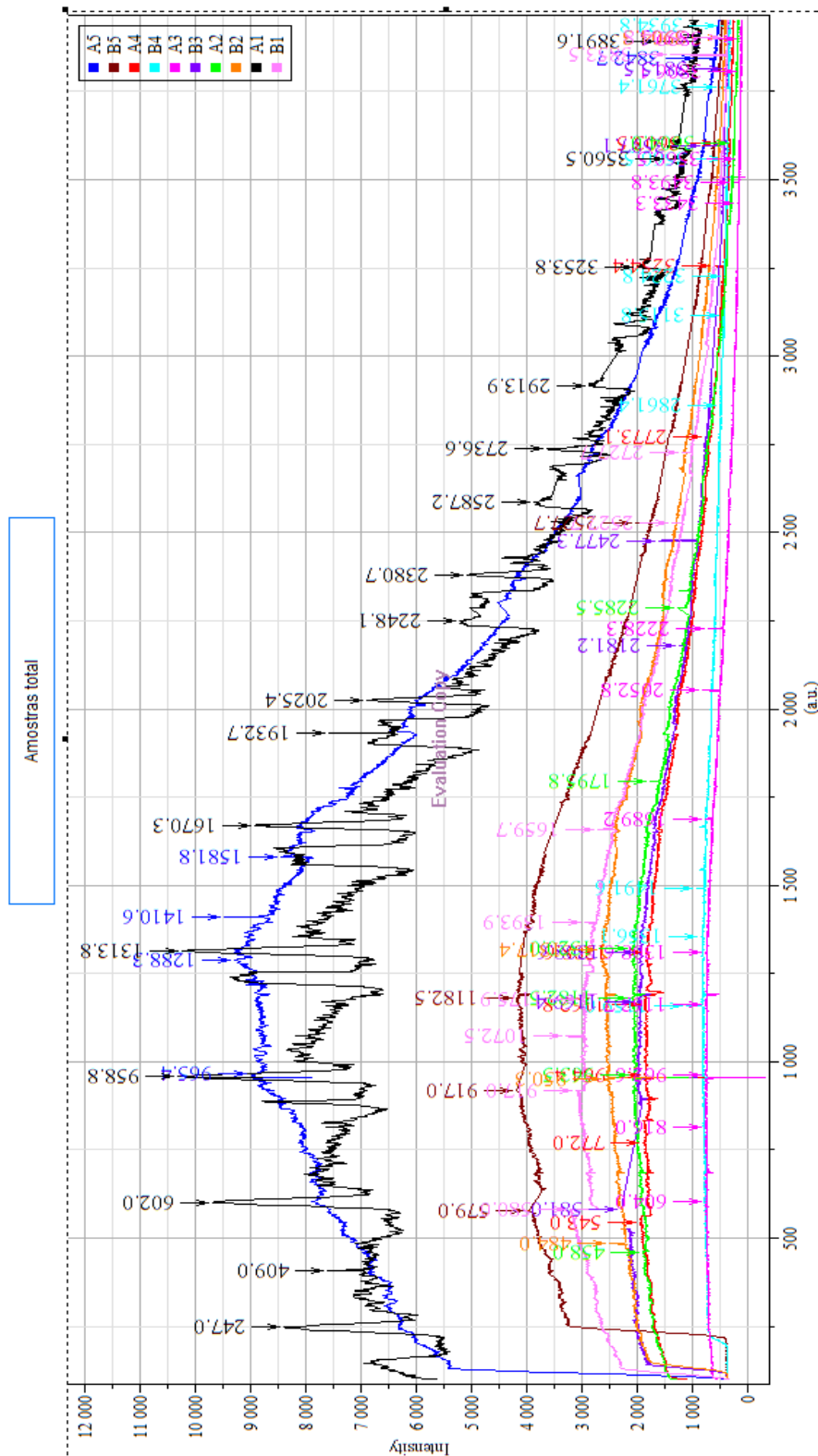


Figura 3. 25- Gráfico dos espectros das amostras de solos analisadas por espectroscopia de Raman

Comparando a generalidade das amostras é possível verificar que as amostras A1 e A5 são aquelas que apresentam comportamento semelhante em termos de resposta à espectroscopia de Raman.

Outra das conclusões globais que se pode tirar do conjunto de análises é de que a água é constante em todas as amostras, observado pela banda entre os 250 cm^{-1} e 2000 cm^{-1} de acordo com Ianoul *et al.* (2002) nas notas técnicas do artigo UV Resonance Raman Spectroscopic Detection of Nitrate and Nitrite in Wastewater Treatment Processes, publicado em *Anal. Chem.* 2002, 74, 1458-1461. Também de acordo com o mesmo artigo, todas as amostras apresentam NO_3^- e NO_2^- com maior incidência nas amostras 1 e 5. Outro dos compostos identificados foi o fosfato de magnésio e amónio hexahidratado (struvite) para a amostra A, tal como para as restantes amostras que apresentaram leituras com maior ou menor relevância no intervalo 950 cm^{-1} e 990 cm^{-1} . Por fim a amostra A1 demonstra a existência de enxofre, o que apenas é observado nesta amostra.

Pela leitura de vários artigos sobre a espectroscopia de Raman e a consulta de várias bases de dados, foi-nos possível entender o funcionamento da técnica e aplicabilidade em estudos ambientais, no entanto o processo é moroso e requer software adequado, ao que não nos foi possível avançar mais no estudo das análises efectuadas. Possivelmente abrir-se-á uma janela de oportunidade aos colegas que desejarem desenvolver esta componente.

Capítulo 4

Bioindicadores

Resumo: Neste capítulo pretende-se avaliar a qualidade das águas, através da análise aos macroinvertebrados bentónicos existentes naqueles meios aquáticos.

4.1. Introdução

Com o aumento das atividades desenvolvidas nas bacias hidrográficas, observa-se uma redução quantitativa e qualitativa do caudal e salubridade dos corpos de água, estando este facto relacionado diretamente com o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos. A biodiversidade aquática sofre uma deterioração do seu ambiente físico, químico e das suas comunidades biológicas, devido ao aumento de ações antrópicas que alteram a qualidade das águas (Callisto *et al.*, 2001). A qualidade do habitat é um dos fatores mais importantes no estabelecimento das comunidades biológicas em ambientes lênticos ou lóticos (Tate e Heiny, 1995). O conhecimento ecológico de ecossistemas lóticos integra o funcionamento do sistema como um todo, ou seja, visa o entendimento da interação das comunidades aquáticas com o meio físico e químico (Silva, 2007).

Mudanças significativas nas comunidades biológicas ocorrem associadas às intensas atividades de urbanização nas bacias hidrográficas (Allan, 2004), reduzindo drasticamente a densidade e diversidade de espécies aquáticas, como as de organismos bentónicos, tornando-se necessário aumentar as discussões relacionadas com estudos limnológicos nessas bacias.

Diante disso tem-se observado que os estudos relacionados com a qualidade das águas envolvem para além dos parâmetros físicos e químicos, também a relação destes com os parâmetros biológicos, e para isso o uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores tem sido amplamente discutido, por serem organismos sensíveis a diferentes ambientes, eutrofizados ou não, favorecendo a obtenção de respostas do ecossistema aquático avaliado. O uso destes bioindicadores tem sido corrente na avaliação de impactes ambientais provocados pela má administração do ambiente, pois animais, plantas, microrganismos e as suas complexas interações com o meio ambiente respondem de maneira diferente às modificações, produzindo informação, que não só indica a presença de poluentes, mas mostra como estes interagem com a natureza, proporcionando uma melhor indicação dos seus impactes na qualidade dos ecossistemas. As alterações na qualidade da água, resultantes dos processos de evolução natural e da ação antrópica, manifestam-se pela redução acentuada da biodiversidade aquática em função da degradação do ambiente físico, químico e alterações na dinâmica e estrutura das comunidades biológicas.

Sendo assim, o uso de bioindicadores (espécies, grupos de espécies ou comunidades) permite uma avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição. Além disso, os bioindicadores complementam as informações sobre qualidade das águas,

especialmente para a avaliação de impactos ambientais decorrentes de descargas pontuais de esgotos domésticos e efluentes industriais.

Os organismos aquáticos, principalmente invertebrados, são os que melhor respondem às mudanças das condições ambientais. Ambientes fortemente impactados mostram poucas espécies que, se estiverem bem adaptadas, podem exibir ótimo desenvolvimento. A monitorização a montante e a jusante da fonte poluidora pode identificar as consequências ambientais para a qualidade da água e saúde do ecossistema aquático (Matsumara-tundisi, 1999). Neste contexto, é possível estabelecer relações entre parâmetros físicos e químicos de água e as comunidades de invertebrados bentônicos.

4.2. Macroinvertebrados e o estudo da qualidade da água

Os macroinvertebrados bentônicos têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade da água e saúde de ecossistemas por apresentarem ciclos de vida longos. Estes podem viver entre semanas, meses e mesmo mais de 1 ano, caracterizando-se como "organismos sentinelas"; em geral, são organismos grandes (maiores que 125 ou 250 μm), sésseis ou de pouca mobilidade, ou seja, são relativamente sedentários e de mais fácil amostragem do que os organismos nectônicos, como os peixes.

Apresentam elevada diversidade taxonómica e são de identificação relativamente fácil (ao nível da família e alguns géneros) e são organismos sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio, fornecendo uma ampla faixa de respostas frente a diferentes níveis de contaminação ambiental.

Os macroinvertebrados aquáticos (entre os quais se encontram diversas ordens de insetos) são organismos que estão presentes até nos meios mais poluídos e em ambientes lóticos extremos. Constituem um grupo diverso e ecologicamente importante. Graças à sua importância no seio da comunidade aquática como elo fundamental na cadeia trófica entre a matéria orgânica (constituída essencialmente por folhas, algas e detritos) e os peixes, bem como pela sua diversidade, o estudo dos macroinvertebrados tem constituído uma peça central da ecologia dos rios (Hauer e Resh, 1996).

A maioria das espécies encontra-se associada à superfície do leito aquático, seja ao substrato rochoso, cascalho, seixos ou areias, como a superfícies estáveis como raízes, árvores caídas ou à vegetação submersa ou emergente. São vários os fatores que afetam a estrutura e o funcionamento do ecossistema e a abundância e distribuição dos macroinvertebrados em

sistemas de água doce. São estes os processos hidrológicos (de que dependem a intensidade da corrente, o substrato, a profundidade), a dinâmica dos nutrientes (de que depende a disponibilidade de matéria orgânica), a vegetação ripícola (de que depende a luminosidade), entre outros fatores que apresentam variância ao longo do gradiente longitudinal de um rio (Hauer e Resh, 1996; Gutierrez *et al.*, 1994.).

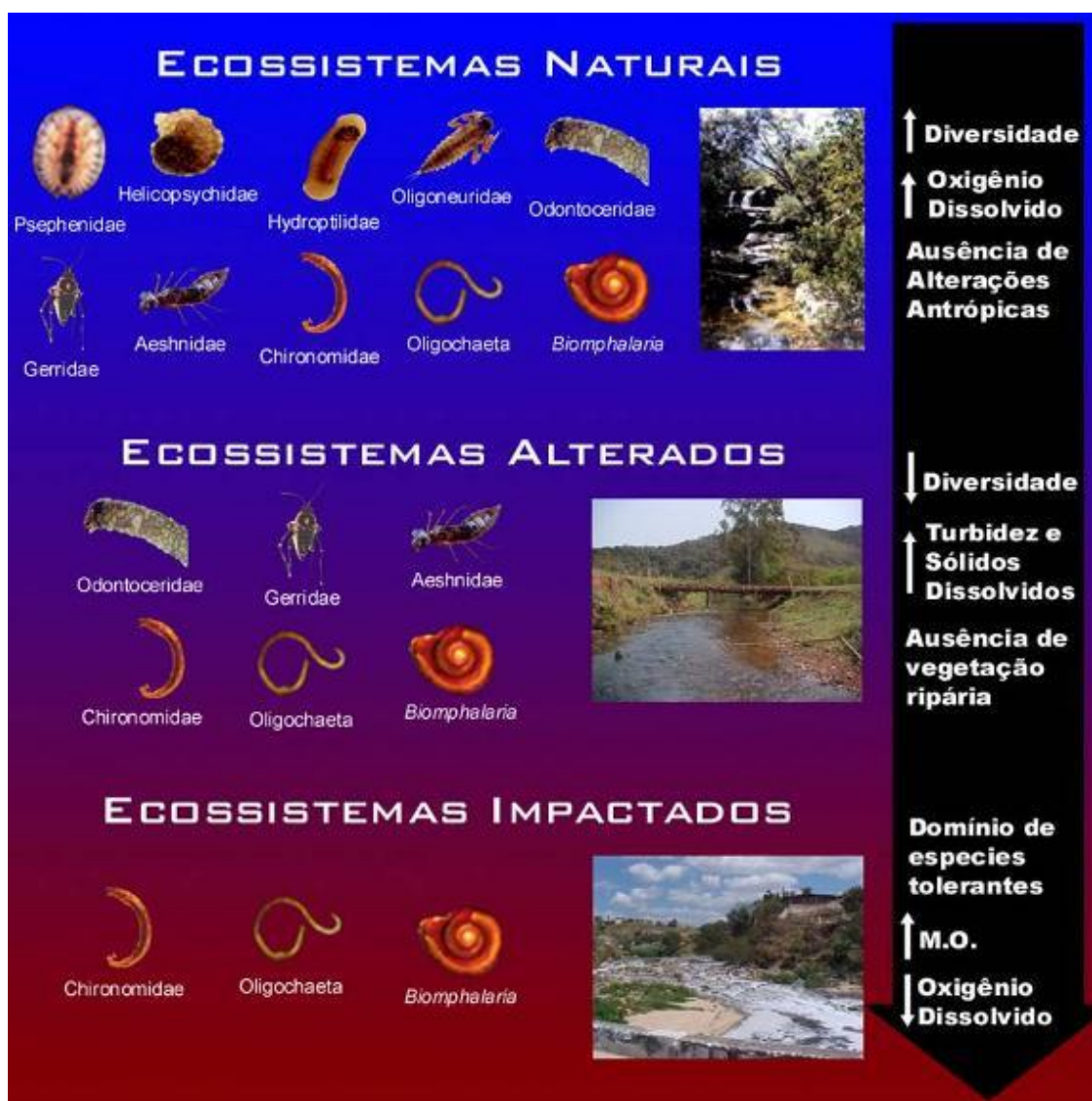
Os macroinvertebrados bentônicos são classificados em três grupos (figura 4.1):

- 1) Organismos sensíveis;
- 2) Organismos tolerantes;
- 3) Organismos resistentes.

No primeiro grupo estão incluídos os insetos aquáticos que necessitam de elevadas concentrações de Oxigênio Dissolvido para viverem e neste grupo podemos encontrar *Plecoptera*, *Trichoptera* e *Ephemeroptera*.

No segundo grupo inserem-se os moluscos, bivalves, entre outros, que são organismos que necessitam de quantidade menor de oxigênio relativamente aos anteriores, sendo no entanto sensíveis por serem filtradores e menos móveis.

O terceiro grupo é constituído por organismos que têm a capacidade de viver em anóxia e neste grupo podemos encontrar *Chironomidae* e outros *Díptera* e a classe *Oligochaeta*.



Legenda:

Grupo 1 – Organismos sensíveis à poluição;

Grupo 2 – Organismos tolerantes à poluição;

Grupo 3 – Organismos resistentes à poluição.

Figura 4. 1- Espécies de macroinvertebrados bentônicos, com diferentes graus de tolerância à poluição (Ambiente Brasil, 2005)

Um dos fatores de maior importância para que haja uma elevada abundância de macroinvertebrados é a presença de alimento. O modo de alimentação dos macroinvertebrados é muito variado e através dos métodos de recolha de alimento e o tamanho dos alimentos ingeridos é feita a divisão dos macroinvertebrados em categorias:

- Coletores – os que se alimentam de pequenas partículas de matéria orgânica (\emptyset entre 0,45 μ m e 1mm) que resultam da atividade dos detritívoros e da abrasão física.

Alimentam-se particularmente dessas partículas depositadas no leito dos sistemas aquáticos;

- Fitófagos ou raspadores – os que se alimentam de algas e de periphyton e estão fortemente dependentes da produção autóctone do ecossistema;
- Predadores e parasitas – os que se alimentam de presas vivas e/ou dos seus parasitas;
- Detritívoros – os que se alimentam de matéria orgânica particulada grosseiramente ($\emptyset > 1\text{mm}$) previamente condicionada pela atividade dos microrganismos, tais como fungos e bactérias, formando-se partículas de dimensão inferior que são o resultado da sua capacidade trituradora ou da produção de fezes (Ferreiro, 2007).

4.3. A Diretiva-Quadro da Água

Os métodos biológicos de monitorização e avaliação são ferramentas importantes para o estudo dos recursos hídricos, sendo uma metodologia recomendada pela União Europeia na Diretiva Quadro da Água (Nixon, 1996).

A Diretiva nº 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000 (Diretiva Quadro da Água) estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. Esta Diretiva é transposta para a legislação nacional pela Lei da Água, Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro, com a última redação introduzida pelo Decreto-Lei nº 77/2006, de 30 de Março.

Segundo a Diretiva Quadro da Água nos ecossistemas aquáticos a monitorização rege-se por um novo modelo, onde a abordagem clássica que considerava a água como um recurso passa a considerá-la como o suporte de ecossistemas, passando a ter muita importância o conhecimento das comunidades em locais de referência (INAG, 2002). Por esta razão, os macroinvertebrados bentónicos passaram a ser importantes na avaliação e monitorização da qualidade da água. A análise da composição e da abundância dos macroinvertebrados bentónicos faz parte de um conjunto de procedimentos utilizados para determinar o estado ecológico das águas superficiais (Ferreiro, 2007). Segundo esta Diretiva as águas superficiais são consideradas como um conjunto de elementos bióticos, hidrológicos, geomorfológicos, físicos e químicos que utilizam como indicador base os elementos biológicos.

No Anexo V da Diretiva Quadro da Água os estados ecológicos são classificados como “Excelente”, “Bom” e “Razoável” sendo esta classificação igual quer nos rios, quer nos lagos.

Um estado ecológico é considerado “Excelente” quando a composição taxonómica e a abundância correspondem totalmente ou quase às que se verificam em condições não perturbadas.

Um estado ecológico é considerado “Bom” quando existem ligeiras modificações da composição e abundância das taxas de invertebrados em comparação com as das comunidades específicas do tipo. O rácio entre as taxas sensíveis e as taxas insensíveis às perturbações apresenta uma ligeira modificação em relação aos níveis específicos do tipo. O nível de diversidade de taxa de invertebrados dá ligeiros sinais de modificação em relação aos níveis específicos do tipo.

Um estado ecológico é considerado “Razoável” quando a composição e abundância das taxas de invertebrados diferem moderadamente das comunidades específicas do tipo. Estão ausentes grupos taxionómicos importantes da comunidade específica do tipo. O rácio entre as taxas sensíveis e as taxas insensíveis às perturbações e o nível de diversidade são substancialmente inferiores ao nível específico do tipo e significativamente inferiores aos correspondentes a um “estado bom”.

Esta diretiva enaltece particularmente os índices biológicos e classifica os indicadores biológicos em três tipos: indicadores hidromorfológicos, indicadores químicos e indicadores físico-químicos.

4.4. Índice de avaliação

Com base nos macroinvertebrados, os índices de avaliação da qualidade biológica são cada vez mais utilizados como elementos de avaliação ambiental com a finalidade de ter uma gestão integrada dos recursos hídricos (Nixon, 1996). Estes índices têm vindo a desenvolver-se desde a década de 60, com o objetivo de estes se tornarem numa tipologia cada vez mais rigorosa e necessária na avaliação biológica da água. Atualmente existem vários índices com diferentes adaptações em combinação com a fauna existente em determinado país.

O Índice Biológico utilizado neste projeto foi o *Biological Monitoring Working Party* (BMWP). O BMWP é um índice inglês que ordena as famílias de macroinvertebrados em dez grupos, seguindo um gradiente da menor à maior tolerância à contaminação. A cada família é atribuída uma pontuação que vai de 1 a 10 (anexo C).

Apesar de ser um índice muito utilizado não está totalmente adequado à comunidade de macroinvertebrados que habitam os rios da Península Ibérica (Alba-Tercedor, 1996), por isso

Alba-Tercedor e Jiménez-Millám em 1987 fizeram uma primeira tentativa para adaptar este índice à realidade Ibérica e incluíram novas famílias à tabela original e alteraram algumas pontuações. A adaptação à fauna Ibérica passou a designar-se de BMWP⁹ e os valores do índice foram correlacionados com cinco graus de contaminação (Alba-Tercedor, 1996).

4.5. Metodologia

4.5.1. Pontos de recolha

A recolha das amostras para a realização das análises de macroinvertebrados e de águas foi realizada em seis pontos diferentes, de acordo com o estipulado para o grupo de trabalho anterior.

Os locais foram escolhidos por permitirem uma visão geral da qualidade das águas da reserva, uma vez que contemplam locais de entrada na reserva, locais da sua zona central e locais de saída abrangendo as grandes contribuições hídricas (Rio Almonda e Vala das Cordas).

Por outro lado, alguns destes locais já foram estudados anteriormente, possibilitando uma comparação dos valores encontrados com valores disponibilizados pelo SNIRH.

Os locais foram identificados da seguinte forma:

- Entrada da Reserva - ponto 1;
- Braço do Cortiço – ponto 2;
- Vala da Sangria – ponto 3;
- Ponte da Broa – ponto 4;
- Vala das Cordas – ponto 5;
- Ponte do Himalaia – ponto 6.

A figura 4.2 mostra o ponto 1- Rio Almonda à entrada da Reserva- na altura da primeira recolha. Podemos verificar que o caudal se encontrava bastante elevado mas verificamos que ao longo das recolhas este caudal foi diminuindo. O aspeto do rio Almonda visualmente modificou-se muito devido à diminuição do caudal e começou a notar-se uma poluição maior (cor escura e espuma) que pode dever-se a descargas industriais a montante.



Figura 4. 2-Início da Reserva (Ponto 1)

Na figura 4.3 encontra-se representado o Braço do Cortiço (ponto 2) que é uma lagoa natural e por isso o caudal não se alterou muito durante o período da recolha de amostras, o que leva a pressupor que as características destas águas não diferem muito com o passar do tempo. Este local não apresentava odores, embora apresentasse uma elevada turbidez.



Figura 4. 3- Braço do Cortiço (Ponto 2)

Na Vala da Sangria (figura 4.4) só foram realizadas colheitas em dois meses (Março e Abril), devido à pluviosidade e ao alagamento dos terrenos envolventes, o que impediu a recolha das amostras. Neste local a água apresentava bastante turbidez.



Figura 4. 4- Vala da Sangria (Ponto3)

Na Ponte da Broa (figura 4.5), pudemos verificar que o caudal oscila com o passar do tempo notando-se um caudal elevado nos meses com chuva e um caudal menor nos meses mais secos. Este ponto apresenta normalmente uma turvação considerável, talvez pela turbulência originada pelo caudal.



Figura 4. 5- Ponte da Broa (Ponto 4)

A Vala das Cordas (figura 4.6) é um local de recolha totalmente diferente de todos os outros pontos pois a água deste local encontrou-se sempre muito escura, tendo um odor bastante desagradável. Trata-se de um local onde convergem efluentes domésticos e industriais da Vila de Riachos.



Figura 4. 6- Vala das Cordas (Ponto 5)

A Ponte do Himalaia, ponto 6 é um local que se encontra ao meio da reserva, precisamente no início da Reserva Integral, mas em termos geográficos é a continuação do Ponto 1-Rio Almonda. Podemos verificar através da figura 4.7, que retrata a nossa primeira recolha, ou seja a recolha do mês de novembro, que o caudal se encontrava bastante elevado. Contudo, ao longo das recolhas este foi diminuindo, não se visualizando grandes alterações na cor e odores da água.



Figura 4. 7-Ponte do Himalaia (Ponto 6)

4.5.2. – Determinação de macroinvertebrados

O estudo dos macroinvertebrados bentónicos teve como um dos métodos escolhidos o denominado de “*Kick sampling*”, utilizado no trabalho do ano anterior. Este método foi escolhido com base na grande variabilidade de habitats lóticos e lênticos que existem no Paul e também por ser dos mais utilizados, embora menos preciso. A adequação do método *Kick sampling* a este trabalho de avaliação ambiental baseia-se na necessidade de resultados indicativos e genéricos para os quais o baixo custo do equipamento e fácil utilização justificam amplamente a escolha. Para este método foram recolhidos o maior número de macroinvertebrados para uma maior representatividade das amostras e das respetivas populações existentes nos locais monitorizados (Morais *et al.*, 2011).

A recolha da amostra, recorrendo ao método *kick sampling* foi efetuada com uma rede de mão (figura 4.8). A recolha foi contra a corrente do rio remexendo o substrato com os pés, para possibilitar o desalojamento dos macroinvertebrados, para que ficassem em suspensão e fossem recolhidos na rede.



Figura 4. 8- Recolha de macroinvertebrados em meio lótico.

Devido às condições lênticas de dois dos pontos de amostragem, para os quais o método *Kick sampling* não apresentaria resultados, decidiu-se monitorizar estes pontos recorrendo a um outro método de recolha. Seguindo o modelo *Schindler-Patalas Plankton trap* foram, assim concebidas duas caixas de rede para recolha de macroinvertebrados, que ficaram submersas de uma recolha para a seguinte, sendo que o espaço temporal entre as recolhas, aumentaria a possibilidade de obter resultados nestes pontos de amostragem com condições lênticas.

Utilizou-se uma armadilha artesanal que se criou a partir de outra utilizada para plâncton (Lopes *et al.*, 2012) (figura 4.9).



Figura 4. 9- Introdução da caixa de recolha de macroinvertebrados, no ponto de recolha com condições lânticas

Depois de efetuada a colheita, o material recolhido na rede/caixas foi transferido para caixas de plástico com tampa (figura 4.10). A caixa com amostra foi numerada com o número do ponto de recolha. De seguida foi adicionado álcool a 96% para a preservação dos macroinvertebrados.



Figura 4. 10- Armazenamento da amostra em caixa com tampa

Depois o conjunto foi transportado para o laboratório. No laboratório, o material foi colocado em tabuleiros e efetuou-se uma triagem para separação dos macroinvertebrados do material envolvente constituído por folhas, pedras e galhos. De seguida com a ajuda de pinças os macroinvertebrados foram agrupados pelas características morfológicas (a olho nu) e transferidos para caixas de Petri com álcool a 96%. Seguidamente fez-se a observação e a identificação dos macroinvertebrados até á família, utilizando uma lupa binocular e um microscópio ótico (que permite uma maior ampliação facilitando a identificação de detalhes dos macroinvertebrados).

Para a identificação foi usado um manual técnico, com chaves dicotómicas e todos os indivíduos foram classificados até ao nível taxonómico da família (Hachet, 1980).

De seguida apresentam-se algumas imagens de macroinvertebrados que foram recolhidos durante este estudo (figuras 4.11 a 4.18).

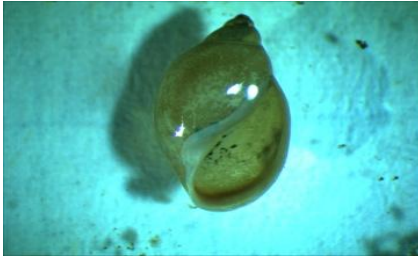


Figura 4. 11- *F. Physidae*



Figura 4. 12- *Psychodidae*



Figura 4. 13- *F. Tanypodinae*

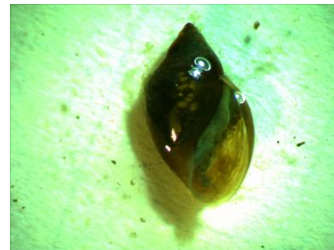


Figura 4. 14- *F. Bithyniidae*



Figura 4. 15- *Tr. Chironomini*



Figura 4. 16- *F. Unionidae*



Figura 4. 17- *F. Atydae*



Figura 4. 18- *F. Chironomidae*

4.6. Resultados e discussão

4.6.1 Ambiente lótico

A discussão e apresentação dos resultados serão divididas em três partes, com a finalidade de melhorar a interpretação dos dados.

Desde que se iniciou o estudo na RNPB, no ano transato, foram recolhidos um total de 1695 indivíduos.

A sua expressão por famílias está representada de seguida no gráfico da figura 4.19.

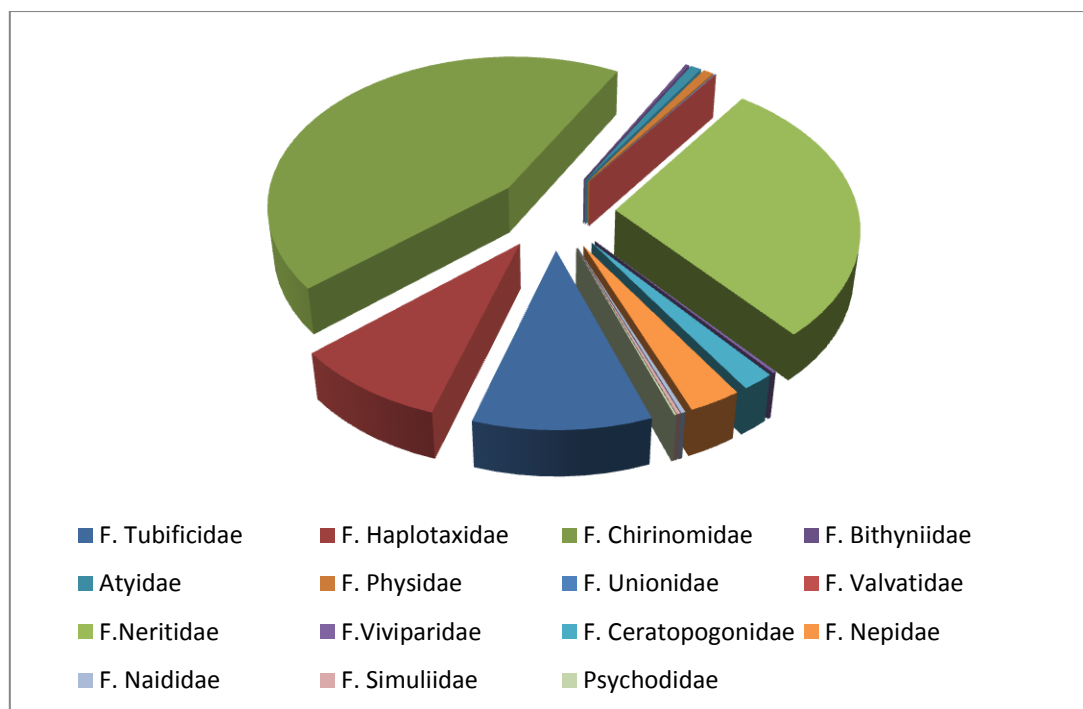


Figura 4. 19- Abundância relativa das Famílias de macroinvertebrados

Como podemos verificar no gráfico da figura 4.19 a comunidade de macroinvertebrados recolhidos no Paul tinha uma maior prevalência de organismos tolerantes à poluição. São principalmente da Ordem das Oligochaetas e também da Ordem das Diptera.

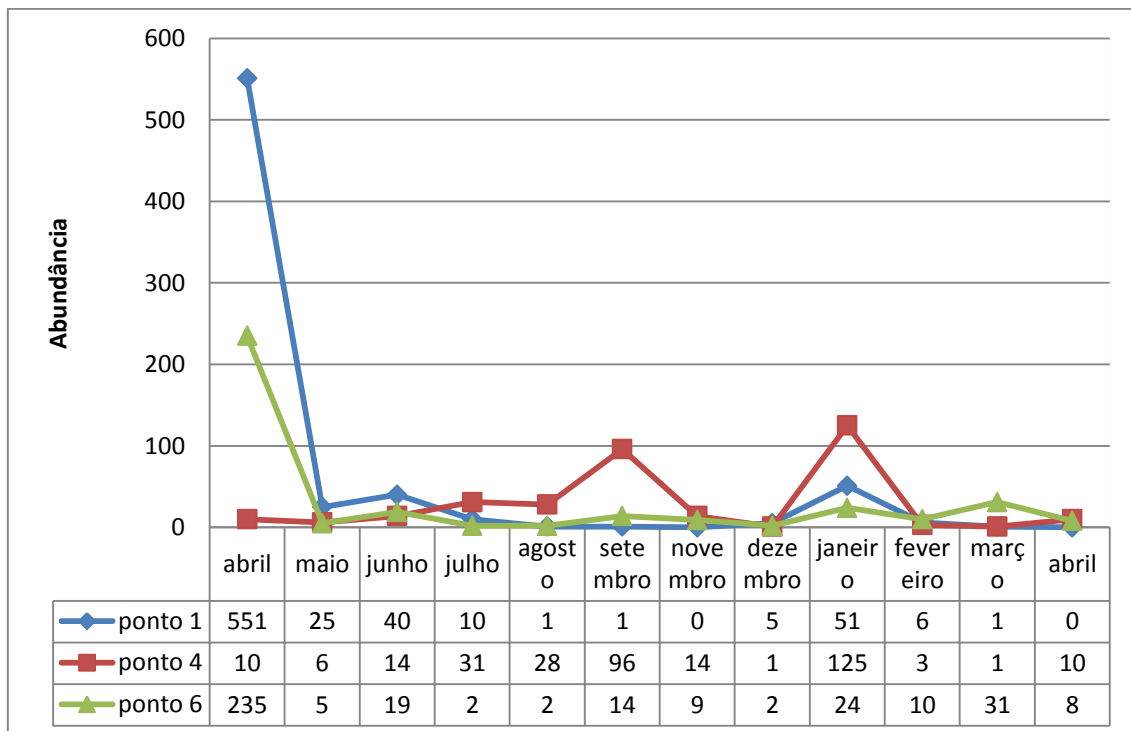


Figura 4. 20-Gráfico da abundância dos macroinvertebrados nos pontos de amostragem ao longo do ano de estudo

Conforme podemos verificar no gráfico da figura 4.20, relativamente ao Ponto 1 (Início da Reserva) a abundância obtida no mês de abril foi de 551 macroinvertebrados sendo esta a abundância mais elevada neste ponto ao longo deste estudo; o mês de maio denota uma diminuição significativa da abundância para 25 macroinvertebrados; no mês de junho um aumento para 40 macroinvertebrados; nos restantes meses os valores são muito baixos exceto para o mês de janeiro, onde foram recolhidos 51 indivíduos. No último mês de recolha o valor de 0 indivíduos não é um valor expectável, visto estar identificado na literatura como um dos meses para maior abundância de macroinvertebrados (Hellawell, 1978), o que poderá ser explicado com a redução de caudal e deterioração da qualidade ambiental.

No Ponto 4 (Ponte da Broa) a abundância foi maior no mês de janeiro comparativamente com os restantes meses do estudo. A abundância total no mês de abril foi de 10 macroinvertebrados, tanto no início do estudo (2011) como no mês de abril final (2012) o que demonstra um valor coerente. Os meses de julho, agosto e setembro são, os que de resto, apresentam uma maior abundância, o que poderá ser explicado através da manutenção do caudal (Almonda) o que implica uma expectável manutenção das condições ambientais.

No Ponto 6 (Ponte do Himalaia) o mês de abril foi o mês de maior abundância de macroinvertebrados comparativamente aos restantes meses onde ocorreu um decréscimo considerável da abundância. A abundância de macroinvertebrados no mês de abril foi de 235, e os meses com menor número foram os meses de julho agosto e dezembro, o que de acordo com a literatura se encontra tendencialmente correto, não obstante a observação de consideráveis níveis de precipitação o que seguramente também favoreceu esta observação.

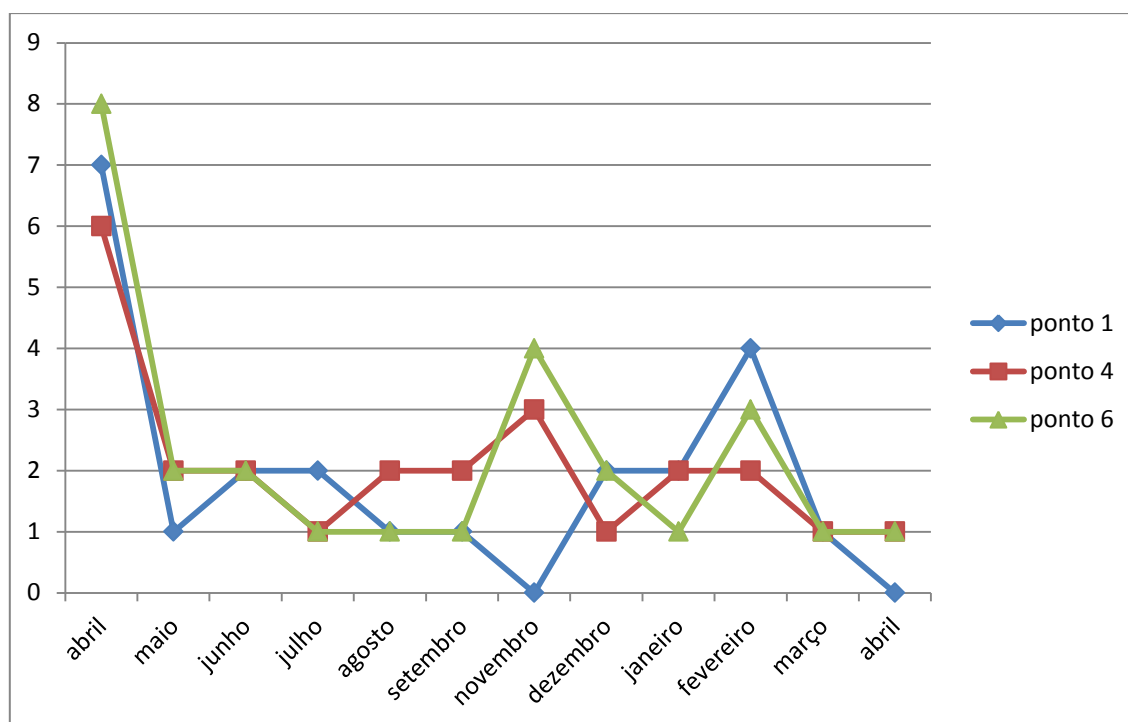


Figura 4. 21- Gráfico da Diversidade nos pontos de amostragem ao longo dos 12 meses de estudo.

Relativamente à diversidade, como podemos verificar no gráfico da figura 4.21, esta foi mais elevada no mês de abril nos três pontos de amostragem e decresceu consideravelmente nos restantes meses. De salientar que no mês de abril no ponto 6 obtivemos 8 grupos taxonómicos, no ponto 4 obtivemos 6 grupos taxonómicos e no ponto 1 obtivemos 7 grupos taxonómicos, confirmando-se as considerações da literatura (Hellawell, 1978).

No mês de maio a diversidade diminuiu em todos os pontos, passando para 2 grupos taxonómicos e mesmo para 1, facto observado no ponto 1.

Seguindo as recolhas para o ponto 1, podemos ver que os valores da diversidade se mantiveram baixos, sofrendo uma alteração no mês de janeiro e fevereiro, mas diminuindo, logo nas recolhas dos meses seguintes, chegando mesmo a ter um valor de 0 no mês de abril, em contraste com a situação que ocorreu no mês de abril de 2011 em que se começou o

estudo, indicando a plausível influência da sazonalidade já que no ano corrente a pluviosidade foi menor.

Evidenciam-se o ponto 4 e o ponto 6, que apresentam uma subida dos valores em novembro a que se segue um decréscimo nos meses seguintes, facto que está de acordo com as indicações literárias (Hellawell, 1978).

A associação destes resultados aos picos de reprodução dos macroinvertebrados, respeitando as explosões demográficas que ocorrem bienalmente na primavera e no outono, constitui parte da explicação para os resultados obtidos, podendo as restantes discrepâncias ser atribuídas à qualidade ambiental dos locais de recolha.

Iremos utilizar o índice BMWP' para obter uma classificação da qualidade da água. Este índice utiliza os macroinvertebrados bentónicos, ordenando-os em famílias de macroinvertebrados aquáticos em 9 grupos, seguindo um gradiente de menor a maior tolerância dos organismos quanto à poluição orgânica. A cada família faz-se corresponder uma pontuação, que oscila de 10 a 1, sendo que as famílias mais sensíveis à contaminação recebem as pontuações maiores, chegando, em ordem decrescente, até 1, onde estão aquelas mais tolerantes (IAP, 2002b; Loyola, 2000; Loyola, 1999).

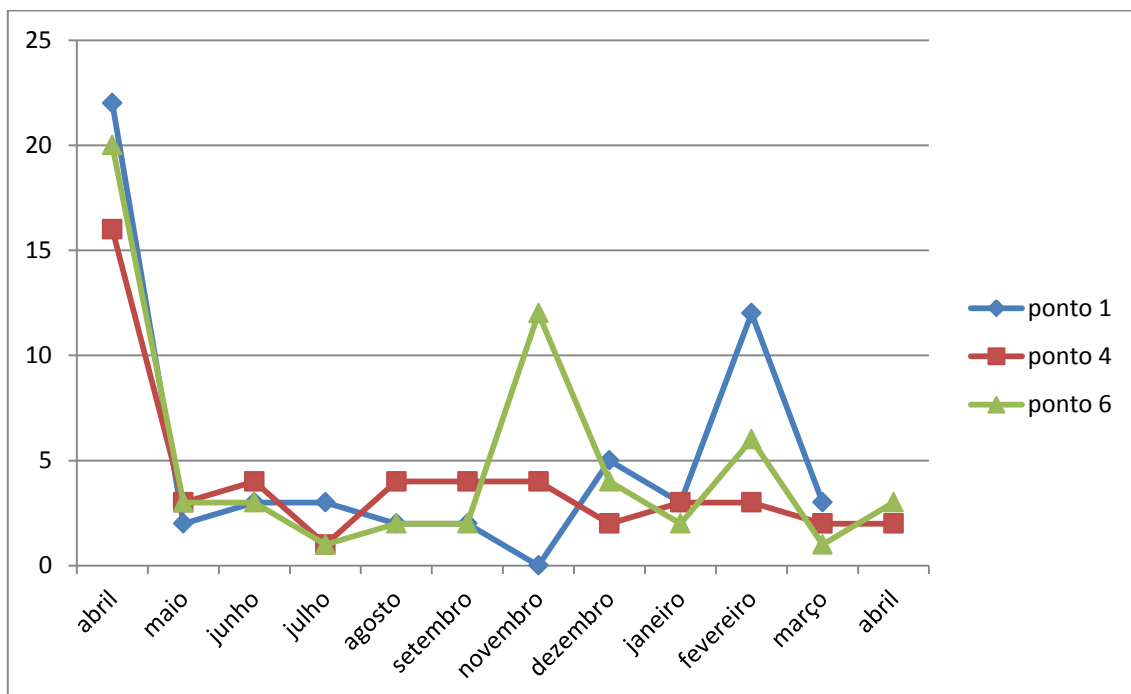


Figura 4. 22-Gráfico com os valores dos Índices de BMWP' obtidos

O gráfico da figura 4.22 representa o Índice BMWP' para a análise da qualidade biológica da água nos pontos 1, 4 e 6 (ambientes lóticos).

Os valores mais elevados do Índice BMWP' por ponto de recolha foram registados em abril, oscilando entre pontuações de 16 e 21, correspondendo a má qualidade da água.

Nos meses que se seguiram o índice para o ponto 1 e 4 diminuiu consideravelmente, obtendo uma pontuação que oscilou entre 1 e 5, excetuando o mês de fevereiro que sofreu um aumento para o valor 12, no ponto 1.

Por sua vez no ponto 6 observou-se um aumento no mês de novembro obtendo a pontuação de 12 e mantendo esta pontuação, variando entre 1 e 6 pontos durante os restantes meses de recolha.

A tabela 4.1 que se segue, permite avaliar o estado da água através dos valores BMWP' calculados anteriormente.

Tabela 4.1-Classes de qualidade, estabelecidas pelos valores de BMWP' e interpretação por cores (adaptado de Alba-Tercedor, 1996)

Classes	Qualidade da Água	Valor	Significado	Cor
I	Boa	>150 101-120	Águas muito limpas. Águas não contaminadas ou não alteradas de modo sensível.	Azul
II	Aceitável	61-100	São evidentes alguns efeitos de contaminação	Verde
III	Duvidosa	36-60	Águas muito contaminadas	Amarelo
IV	Crítica	16-35	Águas muito contaminadas	Laranja
V	Muito Crítica	< 15	Águas fortemente contaminadas	Vermelho

A partir da análise da tabela 4.1 verificamos que relativamente aos Pontos 1,4 e 6, em abril de 2011 a qualidade da água era de classe IV, ou seja, “Crítica” passando para classe V “Muito Crítica” nos restantes meses e mantendo-se este valor até ao fim do estudo.

Método “Kick sampling” para o ponto 3

Este ponto será apresentado em separado, uma vez que neste ponto apenas foram realizadas oito recolhas devido às condições climatéricas que não permitiram o acesso ao local. A pontualidade das recolhas não nos permite uma organização fluida dos dados e sequência temporal, no entanto, o estudo numérico será equivalente ao apresentado para os pontos anteriores.

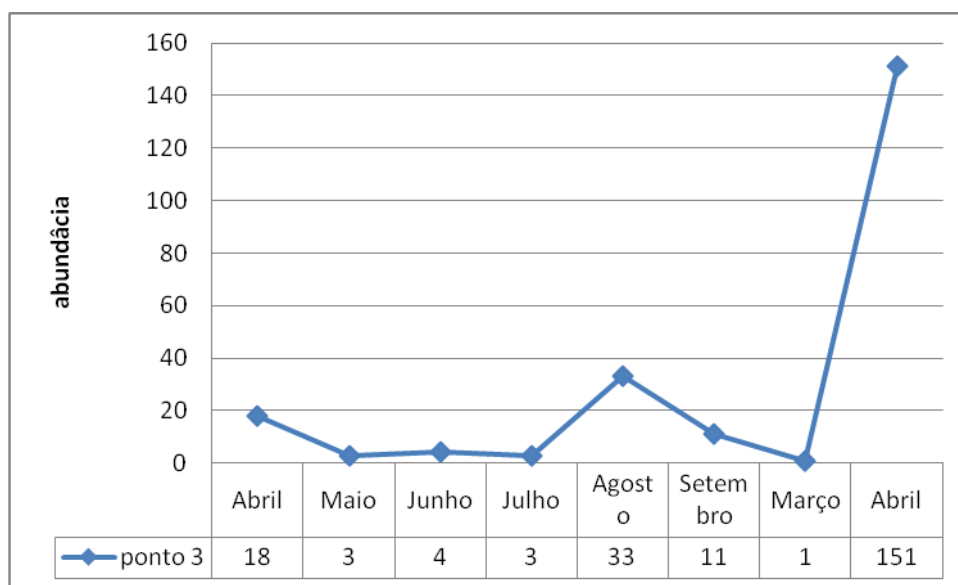


Figura 4. 23- Gráfico da Abundância dos macroinvertebrados no ponto de amostragem 3 no total de 8 meses de estudo

No que diz respeito à abundância neste ponto (figura 4.23) podemos perceber que os valores se mantêm baixos ao longo dos meses, sofrendo um pico de valor no mês de abril, que é um valor muito superior ao obtido no primeiro mês de recolha não apresentando a tendência observada para os pontos lóticos do rio Almonda. Talvez fosse interessante correlacionar estes resultados com os do ponto 5 (Vala das Cordas) já que esta é muito poluída e conflui para a Vala de Sangria (ponto 3). Contudo, devido ao diminuto caudal do ponto 5 ele foi considerado um ambiente lântico e a recolha foi feita de modo diferente.

Em relação á diversidade (figura 4.24) este ponto não apresenta grande variação do número de grupos taxonómicos, começando em abril com três grupos e mantendo uma oscilação entre 1 e 2 grupos taxonómicos para os restantes meses.

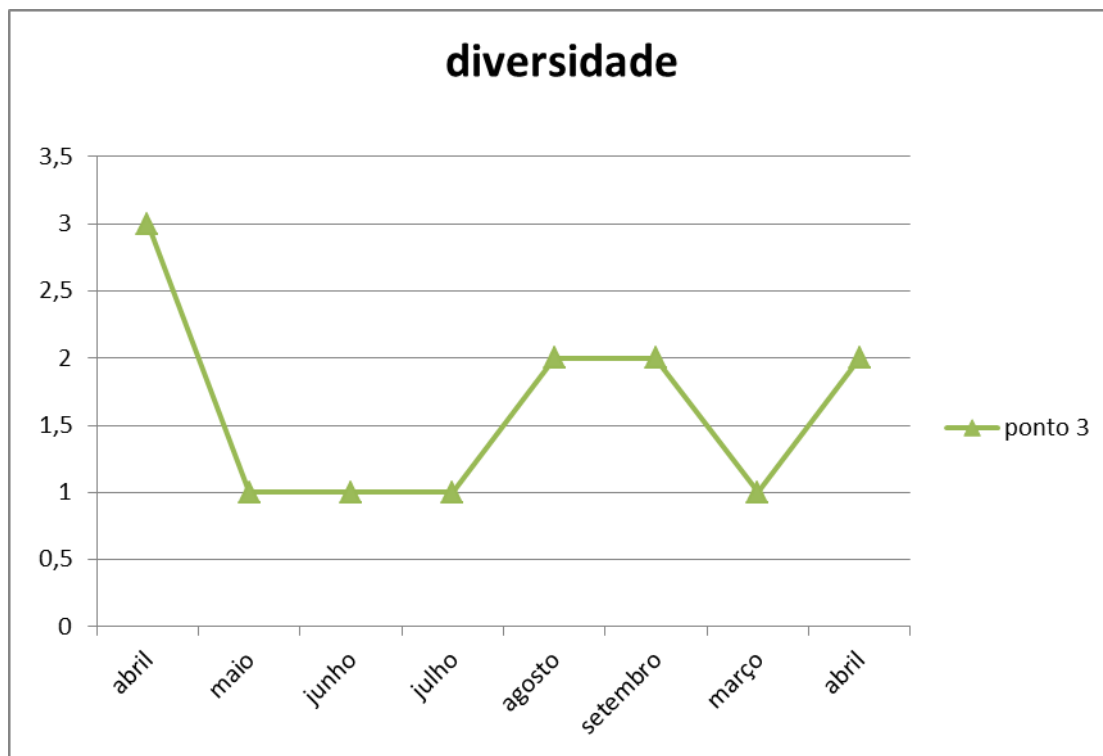


Figura 4. 24-Gráfico da Diversidade nos pontos de amostragem ao longo do estudo.

Recorrendo novamente à tabela 4.1, durante os meses que foi possível a recolha e através dos valores do índice BMWP' (figura 4.25) foi atribuída à qualidade da água deste local a classe V “Muito Crítica”.

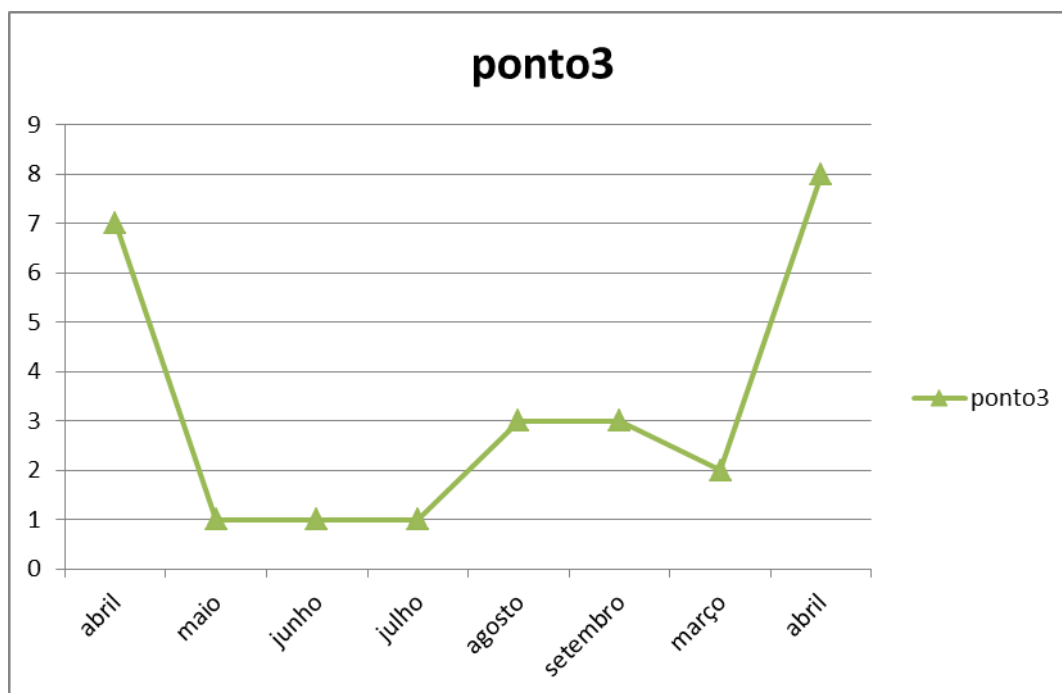


Figura 4. 25-Gráfico dos valores dos Índices de BMWP' obtidos

4.6.2 Ambiente lêntico

Os dados são provenientes de 4 meses de recolha para 2 pontos de amostragem através de armadilha. São estes o ponto 2 (Braço do Cortiço) e o ponto 5 (Vala das Cordas) e as análises numéricas, vão ser apresentadas de forma idêntica às anteriores.

No que diz respeito à abundância (figura 4.26), o ponto 5 apresenta um aumento no número de indivíduos ao longo dos meses, em particular nos meses de fevereiro e março com 2 indivíduos e nos meses de abril e maio com 8 indivíduos.

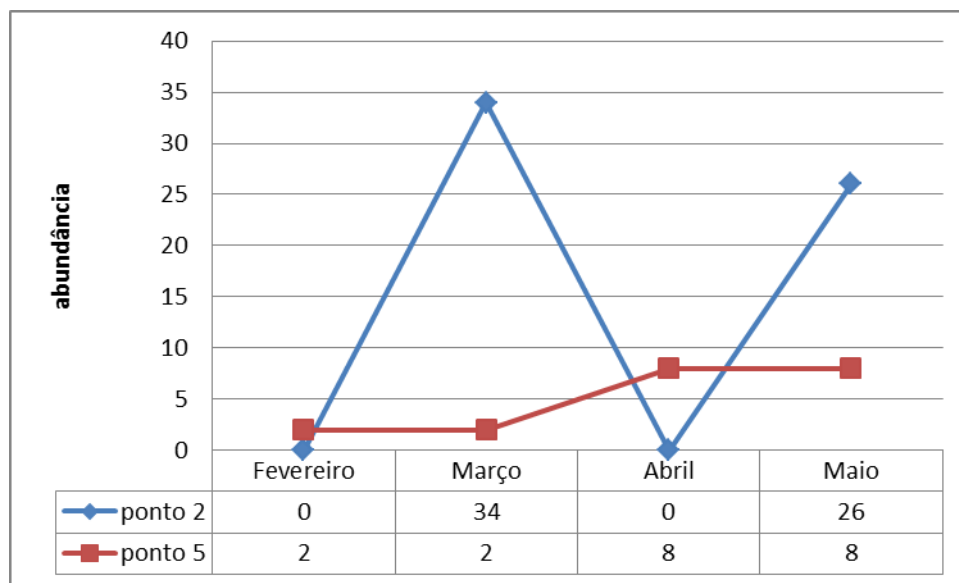


Figura 4. 26-Gráfico da Abundância dos macroinvertebrados nos pontos 2 e 5

O ponto 2 é o local onde a recolha obteve maiores discrepâncias, não tendo sido encontrado nenhum indivíduo tanto na recolha de fevereiro, como na recolha de abril; já na de março e maio foram identificados 34 e 26 indivíduos respetivamente. Tal facto poderá estar ligado à temperatura da água que sofreu em março um aumento de 7.1 °C (fev. 8,4 °C; mar. 15,5°C – anexo D). Contudo, não é possível esclarecer totalmente este fenómeno porque a temperatura registada no mês de abril foi idêntica à de março e no mês de maio só se procedeu ao levantamento da armadilha, não havendo medição da temperatura da água.

A par com a abundância, também a diversidade não sofre alterações de maior com o decorrer do estudo (figura 4.27).

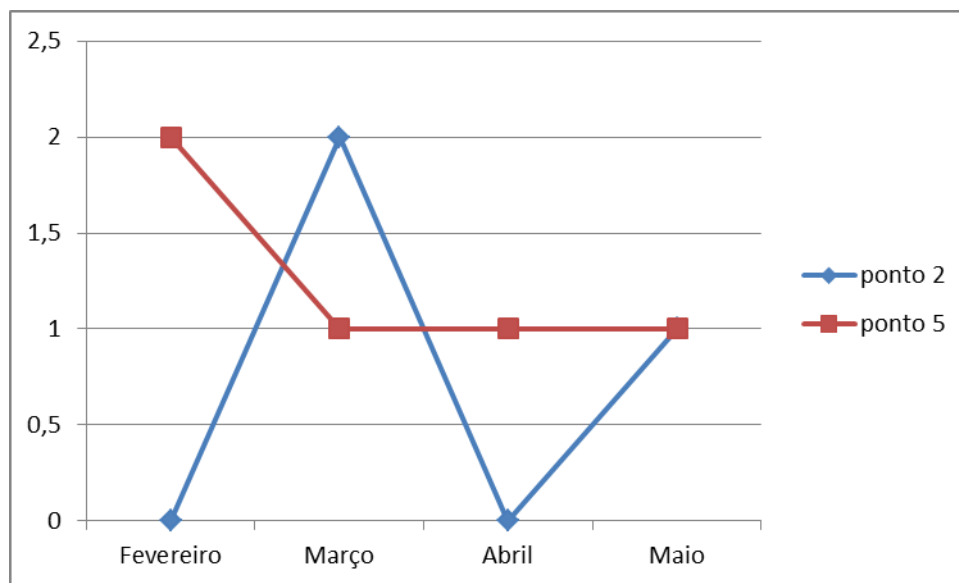


Figura 4. 27-Gráfico da diversidade dos macroinvertebrados nos pontos 2 e 5

Para o ponto 5 temos 2 grupos taxonómicos no mês de fevereiro e 1 para os restantes meses de recolhas. O ponto 2 apresenta para o mês de março 2 grupos taxonómicos e 1 para o mês de maio.

De acordo com a tabela 4.1 já anteriormente utilizada para o cálculo dos valores BMWP' os valores calculados para os 4 meses de recolha são todos inferiores a 15 (figura 4.28), logo apontando para a classe V “Muito Crítica”.

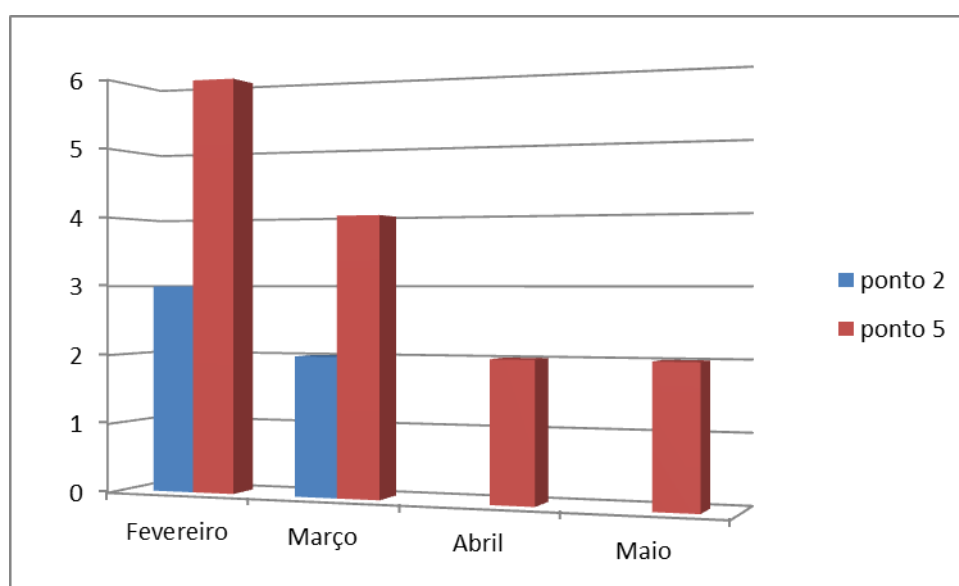


Figura 4. 28-Gráfico com os valores dos Índices de BMWP' obtidos

De referir que este método não tinha um precedente de comparação, como foi já mencionado, por se tratar de uma técnica elaborada e experimentada pelo grupo de trabalho.

No entanto é possível estabelecer uma comparação com os resultados do método “*kick sampling*”, uma vez que a qualidade da água também apresenta uma avaliação “Muito Crítica”, o que está de acordo com o estudo geral realizado.

Embora o tempo de utilização e recolha através destas armadilhas para macroinvertebrados tenha sido de pouca duração, os dados fornecidos foram passíveis de análise. Esta técnica tem boas possibilidades para continuação e melhoria com a finalidade de apurar as condições e o método em si a aplicar em ambientes lênticos.

Capítulo 5

Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

Resumo: Neste capítulo descrevem-se as análises físico-químicas e microbiológicas realizadas com o objetivo de analisar a qualidade das águas.

5.1. Introdução

A água é considerada um bem essencial à Vida e apesar de 70% do planeta possuir água, apenas 3% desta é doce e desta, somente uma pequena porção possui qualidade para ser consumida.

Os meios hídricos naturais, principalmente os rios, são constantemente utilizados como meios recetores e agentes de transporte de efluentes domésticos e industriais, bem como de escorrências de terrenos agrícolas entre outros. Como consequência e associada à necessidade do controlo de qualidade dos recursos hídricos, denota-se um aumento gradual no desenvolvimento de métodos rápidos e precisos para a deteção de parâmetros poluentes no meio ambiente.

A qualidade de uma determinada água depende de inúmeros fatores, tais como, a cobertura vegetal da bacia de drenagem, dos ecossistemas terrestres, das condições quer geológicas, quer geomorfológicas, e um fator não menos importante, a ação do Homem.

As ações humanas que possam vir afetar a qualidade da água são por exemplo, o lançamento de cargas poluentes nos sistemas hídricos, a alteração do uso do solo rural e urbano e modificações no sistema fluvial. As atividades agrícolas realizadas no solo vão alterar os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais (Richard, 2010).

A fim de aferir a qualidade de uma determinada água estudam-se vários parâmetros, salientando-se os físico-químicos, sendo que cada um deles fornece informação sobre a água em análise, para os quais existem normas da qualidade da água, como o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto. Este diploma define os critérios e objetivos de qualidade da água com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos e estabelece, entre outras coisas, as normas de descarga de águas residuais na água e solo.

Para determinar a qualidade das águas do caso em estudo analisaram-se os seguintes parâmetros físico-químicos:

- pH;
- Temperatura (T);
- Condutividade;
- Oxigénio Dissolvido (OD);

- Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO);
- Carência Química de Oxigénio (CQO);
- Sólidos Dissolvidos Totais (SDT);
- Sólidos Suspensos Totais (SST);
- Fosfatos;
- Nitratos.

Para além dos parâmetros físico-químicos, efetuaram-se ainda análises microbiológicas, desta forma aferindo 70% dos elementos que influenciam a qualidade de água (Santos, 2008). A área em estudo é afetada por linhas de água poluídas por fontes industriais e urbanas, estando inserida em zona de agricultura extensiva. Logo, é possível que existam descargas de efluentes domésticos e industriais para as águas mas, não só, visto que existe a possibilidade de os agricultores utilizarem fertilizantes e pesticidas para a prática agrícola, assim como bombas para a rega dos campos, que usam combustíveis e óleos (por vezes mal utilizados), sendo dois fatores que influenciam direta e indiretamente a poluição da água.

Assim, realizou-se a análise dos parâmetros referidos anteriormente, a fim de aferir o nível de poluição.

5.2. Metodologias Analíticas

Nas análises das águas da Reserva do Paul do Boquilobo utilizaram-se vários métodos químicos, distintos em função dos parâmetros a determinar, após amostragem dos locais previamente escolhidos. Os subcapítulos seguintes descrevem a metodologia usada nas análises, estando os procedimentos descritos no anexo D.

5.2.1 Recolha de amostras

Com o objetivo de obter resultados credíveis no laboratório foi necessário ter em conta as regras existentes para recolha e armazenamento de amostras e considerar que as constantes alterações ambientais não permitem recolher amostras iguais, logo é importante não cometer erros, para ter quantidade de amostra suficiente para a realização de todas as análises necessárias (Colman, 2008).

De referir que podem ocorrer algumas alterações provocadas por processos naturais ou desencadeadas pelo recipiente de recolha. Estas alterações ocorrem na amostra após a recolha, pois o facto de se separar a amostra do seu local de origem e a colocar em contacto com o

recipiente, submetendo-a a um novo ambiente físico, pode ser o suficiente para quebrar o equilíbrio natural daquela água

Entre a data de recolha e a realização das análises também pode acontecer uma modificação na composição inicial da amostra, principalmente quando existe uma menor concentração das substâncias (Colman, 2008).

A composição inicial da amostra pode ser influenciada pelas alterações das condições físico-químicas, através da precipitação de metais dissolvidos ou mesmo formação de complexos com outros componentes, alteração no estado de oxidação de cátions e aniões, decomposição ou vaporização com o tempo, possibilidade de absorvência de iões pelas paredes dos frascos de recolha ou perda através de mecanismos de troca iónica. Por estes factos se torna importante a refrigeração das amostras.

Para a recolha, a escolha do tipo de frascos depende dos parâmetros a serem analisados. Por exemplo, para realizar a recolha de amostra para análises microbiológicas ou da amostra para a análise do Oxigénio Dissolvido, o frasco é diferente, ou seja existem regras que especificam o tipo de frasco a ser utilizado, consoante o parâmetro a ser analisado.

Outro aspeto que possui alguma importância é a limpeza dos frascos e das tampas dos mesmos, para que possam obstruir a entrada de contaminantes nas amostras (Colman, 2008).

No desenvolvimento do projeto, para a análise dos parâmetros do Oxigénio Dissolvido, da Carência Bioquímica de Oxigénio, da Carência Química de Oxigénio, da condutividade, dos sólidos e dos nitratos, as amostras foram recolhidas em garrafas de 1,5L devidamente identificadas para cada ponto de recolha, tendo-se o cuidado de, durante a recolha, não deixar entrar ar, impedindo assim, a formação de câmara-de-ar na garrafa. Assim, faz-se duas lavagens das garrafas antes de realizar a colheita; na colheita deve-se ter em conta que o recipiente fique totalmente cheio para que não haja espaços com ar.

Para a realização das análises microbiológicas, os frascos utilizados na recolha foram frascos de Schott de 50mL, que eram esterilizados no dia anterior á realização da recolha, e tendo sempre o cuidado de manter o frasco bem fechado até ao momento da recolha, para que não ocorra contaminação nas superfícies e na tampa do frasco. Estas análises são as únicas em que os frascos não têm que estar completamente cheios, para que possam consentir uma boa homogeneização da mistura e permitindo assim o fornecimento de oxigénio aos microrganismos que se encontram na água. O método utilizado para a recolha de amostra para este tipo de análises foi o seguinte:

- Desinfecção das mãos ou utilização de luvas;
- Segurar o frasco perto da sua base e mergulhá-lo pelo menos a 20cm abaixo da superfície da água com a entrada virada para baixo, para que não haja recolha de matéria orgânica em decomposição existente na superfície da água;
- A entrada do frasco tem de ser colocada contra a corrente de água; caso não exista corrente empurra-se o frasco no sentido horizontal;
- Após a recolha de amostra enroscar imediatamente a tampa do frasco;
- Caso o frasco não esteja identificado, efetuar a identificação do mesmo;
- Colocar a amostra numa mala térmica, com placas de gelo para que a amostra fique guardada numa temperatura de 4°C, para que retarde a atividade microbiológica (Abelho, 2010).

Para a determinação de fosfatos, na recolha da amostra também se utilizou frascos de Schott de 50mL, sendo estes lavados com ácido nítrico (HNO₃) e de seguida com água destilada, no dia anterior. A razão desta lavagem deve-se ao facto de o fósforo ter tendência a fixar-se na superfície interna do frasco.

Durante a recolha realizaram-se análises *in situ*, como o pH, Temperatura, Condutividade, Sólidos e Oxigénio Dissolvido, sendo estas efetuadas com aparelhos adequados. Para a medição de pH foi utilizado um medidor de pH de marca *Hanna instruments* modelo HI 98103; para a medição de Condutividade e Sólidos foi utilizado o aparelho da marca *Hanna instruments* cujo seu modelo era HI 98129 e por fim utilizou-se o medidor de Oxigénio Dissolvido *Hanna instruments* HI 9025. Todos os aparelhos utilizados foram calibrados antes da sua utilização.

5.2.2 Análise dos parâmetros físico-químicos

pH

Foi Sorensen no ano de 1909 que criou a designação pH, utilizou p como o «expoente da concentração do ião hidrogénio» por ser a inicial de potência; daí a escala de pH designar-se por Escala de Sorensen. Define-se como pH o logaritmo da concentração de ião hidrogénio, de acordo com a seguinte fórmula:

$$pH = -\log[H^+]$$

Sendo [H⁺] - concentração do ião H⁺ (mol/L) (Chang, 2004).

A escala de pH varia entre 0 e 14, sendo que o valor 7 indica a neutralidade. Quando numa água o valor é maior que 7 demonstra um aumento da alcalinidade ou seja, trata-se de águas básicas, mas quando o valor de pH é menor que 7 quer dizer que a água apresenta aumento de acidez, ou seja trata-se de águas ácidas.

O pH indicado para a vida aquática deve-se encontrar entre 6 e 9. Assim, pode-se concluir que se este parâmetro for abaixo do que é aconselhável pode vir a provocar adulterações na biodiversidade existente nas águas.

Para a medição do pH pode-se utilizar um aparelho designado por medidor de pH, ou utilizar fitas de pH.

Temperatura

O parâmetro temperatura é o que mais oscila ao longo do dia, do mês e do ano, definindo assim ciclos diários e sazonais, sendo que a temperatura da água é influenciada pela temperatura ambiente.

Os organismos reagem de maneira diferente consoante o valor deste parâmetro, tornando-o assim, fundamental aos ecossistemas aquáticos.

A variação da temperatura vai interferir no desenvolvimento das comunidades aquáticas, que segundo alguns investigadores teriam um desenvolvimento diferente se a temperatura fosse constante.

Quando por exemplo, são lançadas águas aquecidas nos cursos de água (poluição térmica), estas vão acelerar o metabolismo dos organismos existentes, alterando a sua nutrição, reprodução, respiração ou deslocação, mas também podendo reduzir a capacidade de dissolução do oxigénio na água.

Por muitos considerada como a propriedade mais significativa nos meios fluviais, a temperatura é considerada um fator limitante da vida aquífera (Peixoto, 2008).

Condutividade

A condutividade elétrica depende da concentração e natureza das várias espécies iónicas presentes numa solução, que definem a capacidade de transporte de carga que essa mesma solução apresenta. De uma forma geral, os valores da condutividade aumentam com o aumento dos níveis de poluição.

Existem dois tipos de condutividade:

- **Condutividade eletrolítica-** depende da temperatura, é necessário que nas análises se mergulhe a célula condutimétrica na solução a temperatura constante.
- **Condutividade iónica equivalente-** é a que fornece informação quantitativa em relação às contribuições dos iões quanto às medidas das condutâncias (Silveira, 2008)

Para se realizar a medição da condutividade introduz-se na solução a analisar dois elétrodos de metal inerte, por exemplo de platina, em que ambos possuem tamanho e forma igual e colocam-se em frente um do outro. Entre os dois elétrodos ficará uma espécie de coluna de líquido, sendo que a resistência elétrica será função somente das dimensões da coluna, da natureza e temperatura da solução. Ao ser aplicada uma diferença de potencial entre dois elétrodos imersos na solução, vai existir uma migração dos iões para os elétrodos. Esta migração, através da solução, forma o fluxo de corrente elétrica. Quanto maior for a concentração da solução maior será esta corrente, pois o número de iões que se movem no interior será maior. A qualidade da água pode ser julgada pela condutividade, como se pode observar na tabela 5.1. O excesso de salinidade leva a problemas de corrosão e torna a água imprópria para a rega.

Tabela 5. 1- Qualidade da água doce em função da condutividade (Gonçalves, 2001)

Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualidade da água
50 a 400	Excelente
400 a 750	Boa
750 a 1500	Medíocre mas ainda utilizável
> 1500	Mineralização excessiva

Oxigénio Dissolvido (OD)

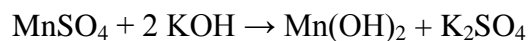
Numa solução aquosa o oxigénio dissolvido é um fator importante visto que condiciona a quantidade existente de microrganismos.

Existem dois métodos comuns, o método de Winkler (método iodométrico) e o método eletroquímico baseado na velocidade relativa de difusão do oxigénio molecular através da membrana do eletrodo de oxigénio, sendo que o recomendado pela legislação é o método de Winkler.

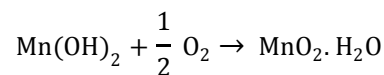
São utilizadas uma série de reações de oxidação-redução em que o oxigénio dissolvido na água se transforma em iodo, que é libertado e titulado com tiosulfato do sódio, na presença de amido.

Neste método desenvolvem-se as seguintes reações:

- O sulfato de manganês reage com o hidróxido de potássio na mistura alcalina de iodeto de potássio, produzindo flocos brancos de hidróxido de manganês que se precipitam:



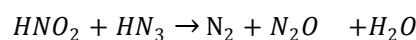
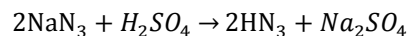
- Na presença de OD, o hidróxido de manganês reage com o oxigénio formando-se um precipitado amarelo acastanhado:



- Com a adição do ácido, este precipitado dissolve-se libertando-se uma quantidade de iodo equivalente:



- A adição da azida de sódio vai possibilitar a eliminação da interferência pelos nitritos evitando a formação de outro iodo externo ao processo através das seguintes reações:



Este parâmetro é bastante importante para a qualidade da água, pois quanto mais oxigénio a água tiver mais biodiversidade poderá existir.

Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)

O parâmetro CBO tem como objetivo analisar indiretamente a quantidade de matéria orgânica existente numa água. Esta análise baseia-se no facto de a matéria orgânica que existe na água poder ser oxidada aerobicamente por microrganismos.

Os métodos mais atuais de determinação da CBO são baseados no método oficial americano indicado no Standard Methods (método 5510B) e na norma internacional ISO5815 ou equivalente norma europeia EN1899 de 1998.

As reações envolvidas neste ensaio são extremamente dependentes da quantidade de organismos presentes, geralmente bactérias, e da temperatura a que o ensaio se realiza, sendo este parâmetro controlado (Sawyer *et al.* 1994).

A Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO_n) de uma amostra pode determinar-se medindo a concentração de Oxigénio Dissolvido (OD) antes da incubação e depois da incubação da água (n dias) a temperatura estabilizada e na ausência de luz.

No nosso caso de estudo a incubação foi realizada por 5 dias e daí designarmos por CBO₅. Quanto maior for a quantidade de matéria orgânica numa amostra, maior será a sua Carência Bioquímica de Oxigénio, ou seja mais poluída estará a água.

Este método consiste no enchimento de dois frascos com volume conhecido, sendo um transparente e o outro opaco, ambos com amostra a analisar, incubando assim o frasco opaco durante 5 dias a uma temperatura de 20°C. O oxigénio dissolvido inicial é analisado na amostra que se encontra no frasco transparente, enquanto oxigénio final é o que analisamos no frasco opaco depois de este ir a incubar durante 5 dias. A carência bioquímica de oxigénio da amostra é calculada através da diferença entre o oxigénio dissolvido inicialmente e o oxigénio dissolvido no final, utilizando para isso o método de Winkler com modificação pela azida de sódio, já descrito.

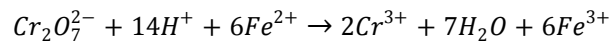
Carência Química de Oxigénio (CQO)

A Carência Química de Oxigénio tem como objetivo determinar a quantidade de matéria oxidável por via estritamente química. É um indicador que pode indicar se existe, ou não, poluição na água a analisar.

O CQO possibilita medir a quantidade total de oxigénio equivalente necessário para converter a matéria orgânica em dióxido de carbono e água, tendo em conta que a matéria orgânica vai ser oxidada sob ação de um forte agente oxidante, em condições ácidas, independentemente da capacidade biológica de assimilação das substâncias, ou seja, quer a matéria orgânica seja ou não oxidável biologicamente (Sawyer *et al.* 1994). O dicromato de potássio em meio ácido e em excesso, por aquecimento, vai oxidar grande parte da matéria orgânica e inorgânica existente na água em estudo, ocorrendo a produção de dióxido de carbono, água, além de outros compostos orgânicos oxidados.

Este método é realizado através do método do refluxo aberto, onde ocorre digestão com o dicromato de potássio. Antes da digestão, se a amostra apresentar uma cor esverdeada em vez de cor-de-laranja quer dizer que possui uma grande carga poluente. Se isto acontecer, deve proceder-se a uma diluição, para que a carga poluente diminua e possibilite a realização do processo de digestão e a posterior titulação de dicromato remanescente.

Na titulação do excesso de dicromato de potássio com sulfato ferroso amoniacal dá-se a reação seguinte:



Fazendo um ensaio em branco é possível calcular a quantidade de dicromato necessário à oxidação da matéria orgânica presente na água e transformá-la no seu equivalente em oxigénio.

Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) e Sólidos Suspensos Totais (SST)

Os sólidos de uma água correspondem a toda a matéria que permanece como resíduo após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura estabelecida. A secagem, calcinação e filtração são os processos que definem os diversos tipos de sólidos (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Os métodos utilizados para determinação de sólidos são maioritariamente gravimétricos, ou seja, utilizam-se medições de massas em balança analítica. Na determinação dos sólidos sedimentáveis utiliza-se o cone de Imhoff, tratando-se de um método volumétrico.

Os sólidos totais definam-se como sendo os resíduos que restam na cápsula após a evaporação em banho-maria de uma certa quantidade de amostra e sua posterior secagem em estufa a uma temperatura entre os 103-105°C até peso constante.

A medição dos sólidos totais é importante para definir as condições ambientais existentes numa determinada água, pois estes sólidos podem causar danos à vida aquática de um modo geral, podendo também reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios.

Os sólidos presentes numa amostra podem ser definidos como toda a matéria orgânica ou inorgânica que esteja presente numa amostra de água, seja ela dissolvida ou em suspensão.

Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) representam a quantidade de substâncias dissolvidas numa água, passíveis de alterar as propriedades físicas e químicas dessa água. Estes designam a quantidade de sólidos que atravessam um filtro de 2,0µm, quando tidas determinadas condições e que proporcionam resíduo após a secagem. Estes sólidos contêm substâncias orgânicas e inorgânicas que se encontram em solução aquosa. Obtém-se o seu teor a partir da pesagem do resíduo obtido após a secagem (até massa constante) da fração líquida resultante da filtração da amostra inicial. Os Sólidos Dissolvidos Totais subdividem-se em Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF) e em Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV), consoante permaneçam ou sejam volatilizados através de um processo de calcinação (Baptista, 2010).

Os Sólidos Suspensos Totais são a quantidade de sólidos que ficam retidos no filtro de 2,0 μ m e que permanecem após a secagem em estufa a 180°C.

Em suma, os sólidos têm uma influência negativa nas águas, ao nível de características físicas (cor, cheiro e turbidez) e químicas. A turbidez, por sua vez, afeta a fotossíntese por parte de microrganismos (Alvarez, 2010).

Fósforo

Este elemento químico é um nutriente limitante do crescimento de plantas, principalmente no que diz respeito a plantas de ambientes aquáticos, o que pode levar ao aparecimento de problemas ambientais.

A quantidade de fosfatos na água será influenciada pela prática agrícola, visto que muitos dos produtos químicos, em especial os adubos, contêm uma grande concentração de fosfatos. O poluente inorgânico em causa, ao conter nutrientes para as plantas aquáticas, como por exemplo as algas, vai provocar o seu crescimento anormal nas águas. As algas ao cobrirem a superfície vão provocar a desoxigenação e irão impedir a realização da fotossíntese, o que irá provocar a morte de outros organismos aquáticos. Ao causar o aumento de população bacteriana e de algas origina-se o processo conhecido por eutrofização. A eutrofização dá-se quando numa determinada massa de água oligotrófica (com poucos nutrientes), ocorre uma série de alterações, tais como, o crescimento e multiplicação do fitoplâncton, devido ao aumento da concentração de nutrientes, o que faz com que haja aumento da turbidez da água, não deixando que a luz solar chegue às plantas que se encontram submersas, não ocorrendo assim a fotossíntese. Os fosfatos numa água podem encontrar-se em partículas, ou mesmo em corpos de organismos aquáticos (Padilha, 2010).

As rochas e outros sedimentos formados durante as eras geológicas são os grandes reservatórios de fósforo. Ao longo do tempo, estes reservatórios facultam o fósforo para os ecossistemas. Este por sua vez é absorvido pelas plantas e, posteriormente, transferido aos animais, chegando de seguida ao Homem através da cadeia alimentar.

O fósforo volta ao meio ambiente, por ação bacteriana. Devido ao facto do fósforo regressar ao meio ambiente como um composto solúvel, é facilmente carregado pela chuva para os lagos e rios e, conseqüentemente para os mares.

O fósforo, usualmente, apresenta-se na forma de fosfato orgânico e inorgânico. O fosfato inorgânico é utilizado para produção de compostos orgânicos necessários para o ecossistema. Este é consumido pelas plantas sob a forma de ortofosfato e os animais ao ingerirem as plantas, recebem esse composto. O ortofosfato participa na produção de biomassa. Com a morte dos seres vivos este volta ao solo sob uma forma orgânica, onde é transformado pelos microrganismos que o libertam na forma inorgânica, passando a fazer parte do depósito de nutrientes no solo.

O uso mais comum para o fósforo é como fertilizante.

Os fosfatos podem ser determinados em laboratório por colorimetria, utilizando o método domolibdato de amónio. Esta técnica é efetuada em meio ácido, onde os fosfatos vão reagir com o molibdato de amónio formando assim o fosfomolibdato de amónio. O fosfomolibdato de amónio, na presença de ácido ascórbico, é transformando em azul de molibdénio, um complexo de coloração azul que é medido por espectrofotometria com um comprimento de onda de 880nm. A absorvância está relacionada com a concentração da substância, ou seja, quanto maiores são os níveis de fosfatos que se encontram numa amostra, maior será a intensidade da cor azul do complexo formado e maior será a absorção da luz por ela atravessada. Esta quantificação obtém-se recorrendo à lei de Beer.

Em relação à determinação de concentração dos fosfatos, utiliza-se uma reta de calibração, que consta na preparação de soluções padrão idênticas à da amostra e de concentração conhecida, na medição das respetivas absorvâncias. Através do gráfico construído a partir destas duas variáveis (concentração e absorvância) pode determinar-se a concentração de uma amostra desconhecida.

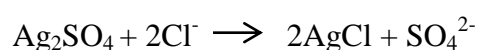
Nitratos

Tal como os fosfatos, também os nitratos são largamente utilizados na agricultura, nomeadamente nos fertilizantes. Os nitratos, como os nitritos são compostos de azoto. Os nitratos aparecem na decomposição biológica e são a forma mais oxidada do azoto. O azoto na forma molecular é um gás que ocupa cerca de 78% do volume da atmosfera e por inúmeros processos é inserido nos ecossistemas terrestres. Na formação da biomassa das plantas e animais, os nitratos são um constituinte fundamental para a síntese de aminoácidos. No entanto, têm as suas desvantagens, pois acima de um dado nível os nitratos são considerados poluentes, tanto nas águas superficiais como também nas águas subterrâneas. Devido à aplicação de fertilizantes agrícolas e às descargas dos resíduos domésticos e industriais, os

nitratos surgem na água. Como acontece com os fosfatos, os nitratos também podem ser responsáveis pelo crescimento anormal de algas na água, ou seja, pela eutrofização do meio hídrico.

O consumo de água contaminada com nitratos pode causar vários problemas de saúde humana, como por exemplo, impedir que a hemoglobina transporte o oxigénio.

O processo da determinação de nitratos da água está definido na norma portuguesa NP4338-1/96 - método espectrométrico do 2,6- dimetilfenol. Procedede-se à remoção dos cloretos existentes na amostra, para que se possa determinar os nitratos, porque os cloretos podem vir a interferir com a análise a realizar. Neste passo utiliza-se uma solução de sulfato de prata que faz com que os cloretos presentes se precipitem. O sulfato de prata irá reagir com o ião cloreto da seguinte forma:



Sabendo que para precipitar 71mg do ião cloreto se necessita de 312mg de sulfato de prata, para que todo o ião cloreto seja precipitado, adiciona-se duas vezes esta quantidade de sulfato de prata na amostra, ou seja, 624mg. Realiza-se uma filtração para que a amostra não contenha resíduos resultantes da precipitação do ião cloreto.

Os resultados experimentais podem ser influenciados pelos nitratos presentes na amostra, mas estes podem ser controlados com ácido amidossulfúrico ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$), ao longo do processo.

5.2.3 Análises Microbiológicas

A microbiologia aquática compreende o estudo dos vírus, das bactérias, das algas, dos protozoários e dos fungos microscópicos que habitam nas águas naturais. Estes são muitas vezes indígenas às coleções naturais da água ou são organismos que chegaram ao ambiente aquático a partir do ar, do solo ou de processos industriais e domésticos.

Os microrganismos e as suas atividades têm grande importância, podem afetar a saúde do homem e de outros animais, ocupam uma posição chave na cadeia alimentar e são instrumentos na cadeia de reações bioquímicas que efetuam a reciclagem dos elementos (Pelczar *et al.*, 1981).

Os coliformes são membros da família *Enterobacteriaceae* (bactérias entéricas ou enterobactérias) e estão presentes sobretudo no aparelho intestinal dos seres vivos. Fazem parte deste grupo a *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes* e *Klebsiella pneumoniae*, entre

muitos outros. Assim, os coliformes são bastonetes, gram negativos, não esporulados e anaeróbios facultativos, que têm como temperatura ótima para crescimento os 37 °C.

A presença de coliformes totais serve de indicador para avaliar a qualidade microbiológica da água, de acordo com o decreto-lei n.º 236/98. A determinação do número de bactérias coliformes realiza-se através de filtração da água da amostra com membrana filtrante e posterior crescimento em meio de cultura apropriado, subcultura e identificação de colónias suspeitas (Leirianet, 2011). Nesta análise foram filtradas as amostras e colocadas a 37°C em meio de cultura Bactom Endo Broth MF, composto por lactose, proteínas, vitaminas e reagente de Schiff.

O número total de bactérias foi determinado de modo semelhante ao do número de coliformes, utilizando-se a técnica da membrana filtrante. Após a filtração, a membrana foi colocada sobre o meio Plate Count Agar e foi incubada a 25°C e a 37°C durante 48 horas, findas as quais foi contado o número de colónias.

5.3. Apresentação e discussão de Resultados

5.3.1 Análise descritiva

Em seguida estão apresentados os gráficos de todos os parâmetros analisados, que compreendem o período de um ano de estudo, iniciado pelo grupo anterior em abril de 2011.

A temperatura da água relativamente a todos os pontos variou com a temperatura ambiente. Como se pode verificar na figura 5.1 a temperatura da água variou consoante as estações do ano. Assim, nos meses de janeiro e Fevereiro, em que a temperatura ambiente é menor, obtiveram-se valores menores de temperatura da água, enquanto em julho, agosto e setembro a água se encontrou com valores mais elevados.

Relativamente ao Ponto 1- Entrada da Reserva, devido ao facto de apresentar um elevado caudal e uma elevada corrente é normal que não possua temperaturas muito elevadas principalmente nos meses de maior pluviosidade.

Em relação ao Ponto 2- Braço do Cortiço, que é uma lagoa natural, logo com ambiente lântico, verifica-se que a temperatura é superior comparando-o com o ponto anterior que possui um ambiente lótico. Devido ao facto de no ponto 3- Vala da Sangria existir o encontro de águas que provêm do Rio Almonda e da Vala das Cordas, existiu uma variação de

temperaturas ao longo dos meses estudados, também relacionada com a temperatura atmosférica.

No ponto 4- Ponte da Broa, ao longo dos meses de estudo verificou-se existir um caudal significativo. Este é um local que possui poucas árvores, existindo, portanto, muito pouca sombra. Por esta razão pode verificar-se na figura 5.1 que este local apresenta valores mais elevados do que o ponto 1. O Ponto 5- Vala das Cordas, apresenta um caudal pequeno e não possui grande vegetação em seu redor pelo que as águas ficam mais sujeitas às alterações climáticas, o que pode explicar as oscilações verificadas na temperatura, como se pode observar pelo gráfico.

Por fim, no Ponto 6- Ponte do Himalaia, as características são parecidas às do ponto 1, pois este é um seguimento do Rio Almonda. Possui um caudal elevado principalmente nos meses de maior pluviosidade, e daí apresentar temperaturas baixas.

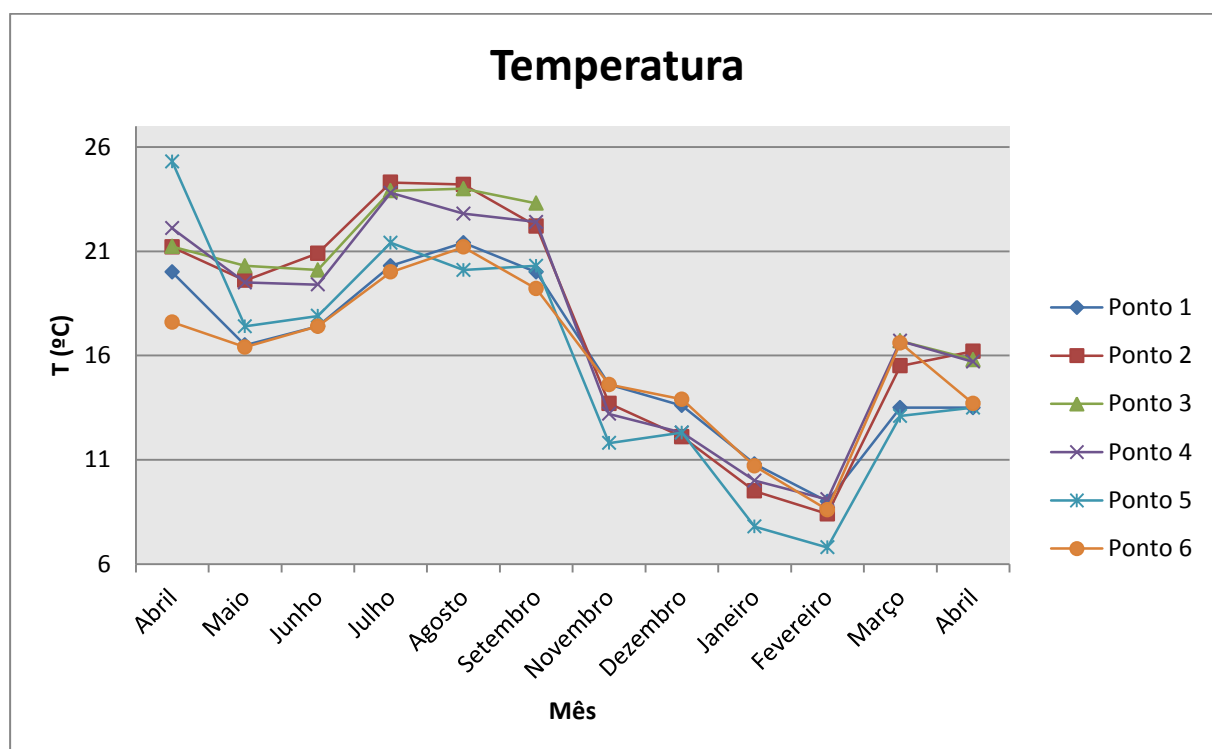


Figura 5. 1- Valores obtidos *in situ* da temperatura de todos os pontos ao longo de um ano de estudo

No gráfico da figura 5.2 observa-se a evolução do pH da água ao longo dos meses do estudo. Como a água está sobre um terreno calcário, o seu pH é influenciado por este.

Pode-se verificar que existem algumas oscilações de pH nos vários locais de recolha que, podem estar relacionadas com a prática agrícola intensiva dos locais próximos. Isto tem a ver com a precipitação existente e posterior lixiviação dos compostos colocados no solo por esta

atividade, o que poderá conduzir a alterações do pH na água. Por outro lado, o facto de existirem descargas de efluentes dos esgotos domésticos e industriais e das ETAR'S quer dos Riachos quer de Torres Novas, vai possivelmente levar a uma variação inesperada dos valores obtidos.

Tendo em conta este gráfico pode-se afirmar que os valores exibidos têm carácter ligeiramente alcalino. Através do decreto-lei n.º. 236/98 (anexos X, XVI e XVIII, referentes aos parâmetros legislados) sabe-se que para o pH os valores têm de estar entre 6 e 9. Através da figura 5.2 pode, contudo, verificar-se que os valores de pH determinados se encontram dentro dos valores indicados na legislação para as águas doces superficiais, sendo que se apresentam maioritariamente acima de 7, não representando alterações significativas dos padrões naturais desta tipologia de águas.

No entanto, observa-se discrepância nos pontos 2, 3 e 5 para o mês de abril de 2011 onde os valores se situam abaixo de 7.

Em evidência encontra-se o ponto 2 para o mês de janeiro de 2012 onde foi observado o valor mais baixo de pH, podendo significar um episódio de contaminação.

Para os valores de pH observados, e atendendo às características químicas da água, os valores de pH mais baixos (ácidos) podem atribuir-se a baixos níveis de precipitação e consequente dissolução de poluentes depositados. É de mostrar que a água envolvente observa uma grande atividade agrícola o que poderá contribuir para o aumento de poluentes derivados do lixiviamento destes terrenos.

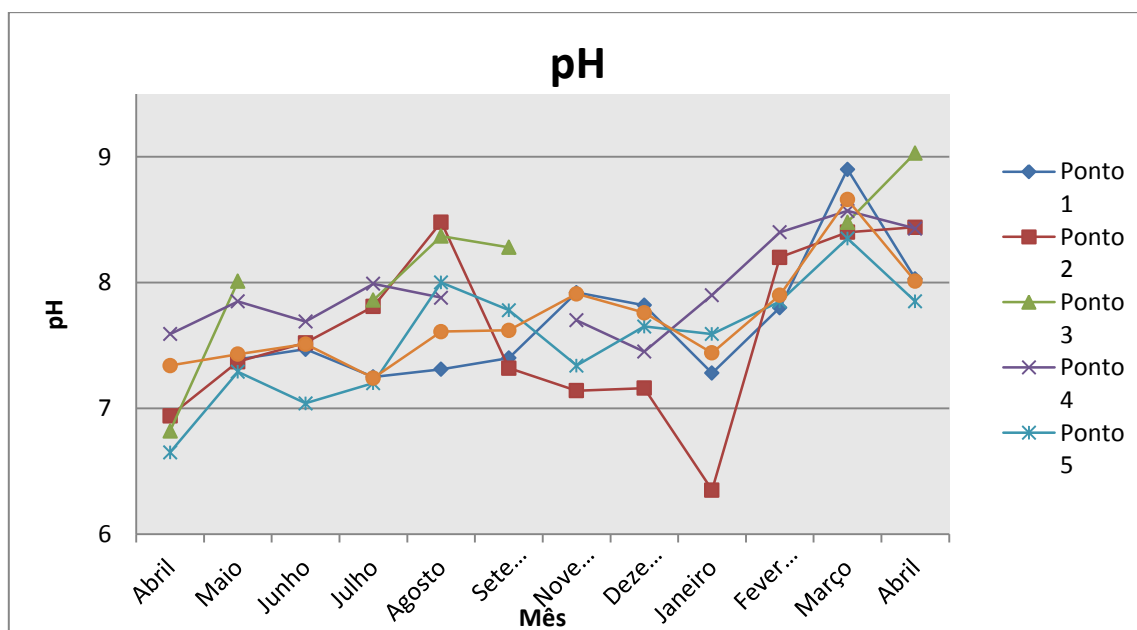


Figura 5. 2- Valores obtidos *in situ* do pH de todos os pontos ao longo de um ano de estudo

Os valores da condutividade das diferentes águas encontram-se no gráfico da figura 5.3.

A condutividade de uma água é dependente do número e do tipo de espécies iónicas dispersas e pode constituir uma medida importante na determinação de outros parâmetros analíticos, entre os quais a salinidade e o gás sulfídrico.

Muitas vezes usa-se o valor da condutividade para estimar os sólidos dissolvidos totais, apresentando normalmente uma relação de proporcionalidade direta, podendo assim calcular-se o SDT, multiplicando o valor da condutividade por um fator, que é variável consoante a temperatura de medição e o tipo de compostos solúveis na água (Greenberg *et al.*, 1992).

No caso em estudo é de realçar o ponto 5-Vala das Cordas que apresenta valores muito mais elevados de SDT do que os outros pontos estudados (figura 5.4), facto que já era de esperar, uma vez que se trata de um curso de água de baixo caudal, sujeito às descargas dos efluentes domésticos e industriais de Riachos. Um comportamento díspar dos outros locais estudados também se tinha podido observar no tocante à condutividade da água da Vala das Cordas (figura 5.9).

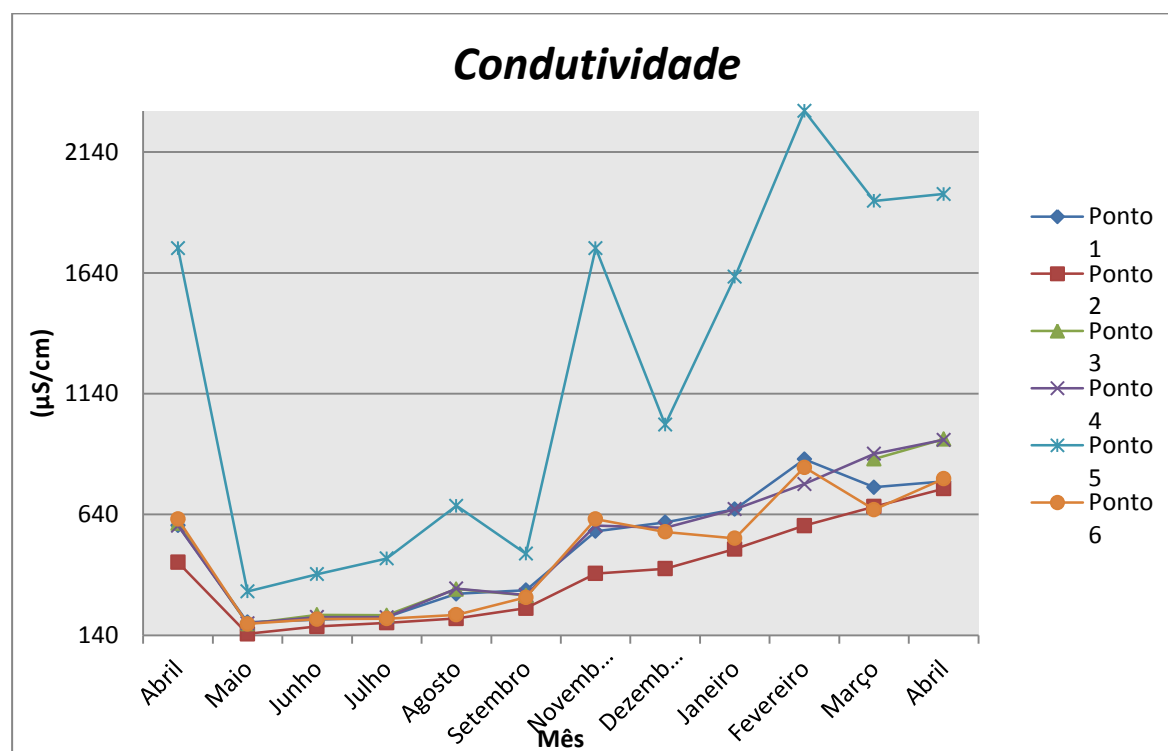


Figura 5. 3- Valores de condutividade obtidos em laboratório de todos os pontos ao longo de um ano de estudo

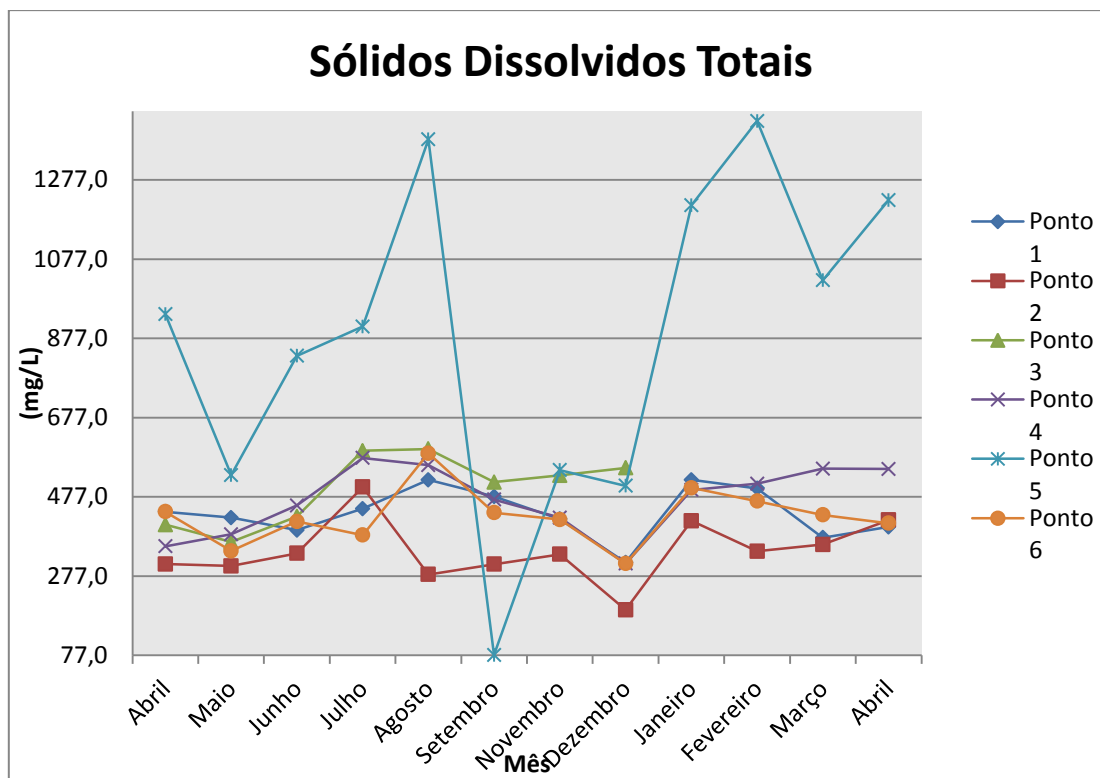


Figura 5. 4-Variação dos Sólidos Dissolvidos totais ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

O oxigénio dissolvido permite avaliar, entre outras características, se a água que recebe poluentes possui as condições aeróbias necessárias à sua purificação (Sawyer *et al.*, 1994).

No gráfico da figura 5.5 observa-se que no ponto 5 (Vala das Cordas) os valores obtidos foram nulos, o que certamente se deve a descargas de efluentes industriais e da ETAR próxima do local, o que transforma este curso de água num coletor de águas residuais. Nos outros locais analisados já se obteve um teor de oxigénio dissolvido compreendido entre os valores 1,11 e 17,97 mg/L.

Existem oscilações ao longo dos meses devido às descargas que são realizadas, o que se constata sempre que o valor do oxigénio dissolvido diminui. Quanto maior a quantidade de Sólidos Suspensos Totais, maior será a turvação da água. Este fenómeno faz com que exista um aumento dos níveis de nutrientes na água e leva ao consumo de oxigénio.

No caso das águas doces para fins piscícolas, todos os valores obtidos deveriam estar iguais ou superiores a 5mg/L O₂, conforme estipula o Decreto-Lei nº238/98, o que nem sempre se verifica.

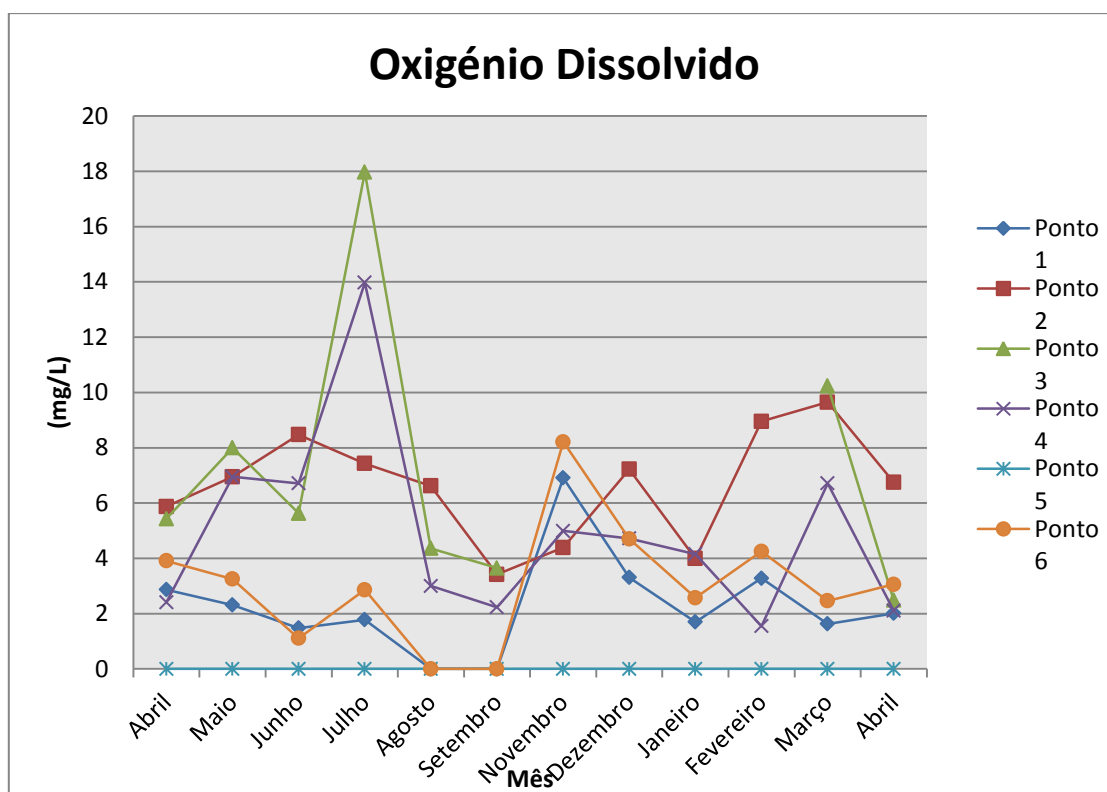


Figura 5. 5-Variação do Oxigénio Dissolvido ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

Relativamente ao parâmetro SST verifica-se que este se apresenta mais acentuado quando o caudal é menor. Tal pode ser apreciado no gráfico da figura 5.6, nos pontos 5 e 6 nos meses quentes de verão. Os pontos 1 e 6 por serem locais que apresentam um caudal maior já possuem valores inferiores de SST.

Comparando os valores que estão legislados no decreto-lei com os obtidos, verifica-se que a maioria dos valores obtidos está acima dos 25mg/L. Com isto conclui-se que as águas analisadas não se adequam para fins piscícolas e apresentam valores de SST também acima dos valores regulamentados para rega, pois encontram-se acima de 60mg/L.

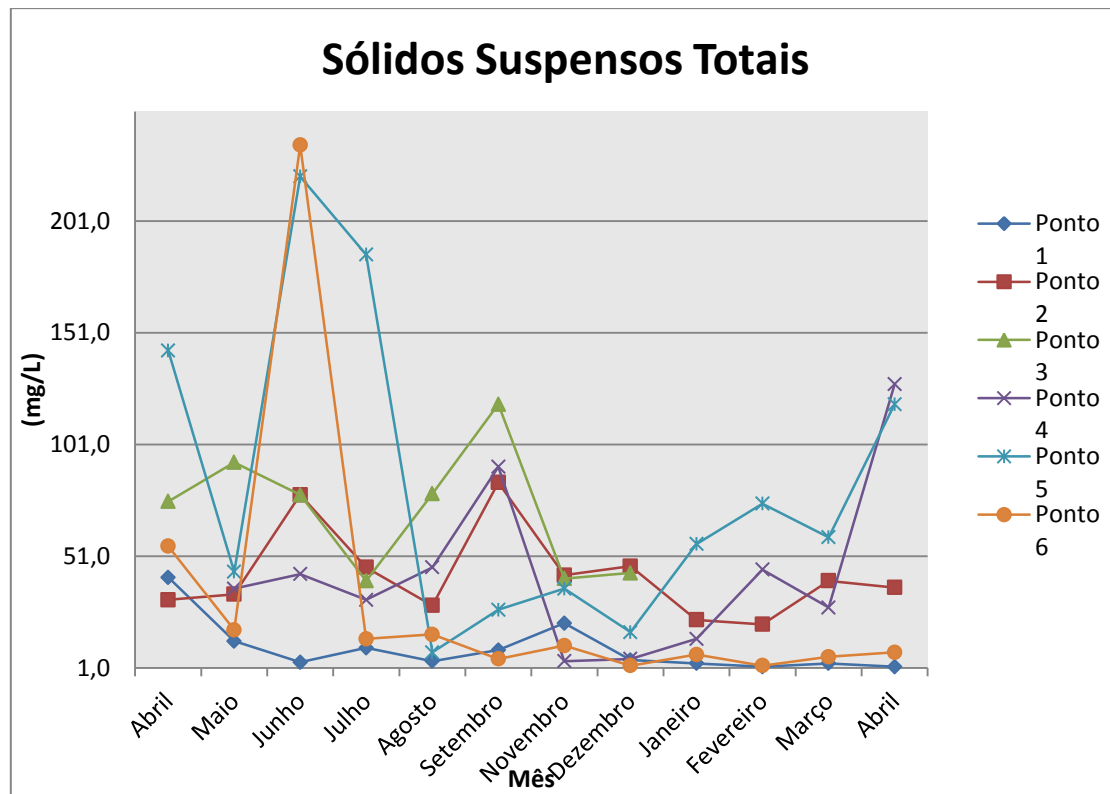


Figura 5. 6-Variação dos Sólidos Suspensos totais ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

A carência bioquímica de oxigénio (5 dias) (figura 5.7) é um parâmetro analítico de qualidade de água que mede indiretamente a quantidade de matéria biodegradável.

Destaca-se também neste parâmetro pela negativa o ponto 5 (Vala das Cordas), com uma carga poluente superior aos outros locais em análise, facto que mais uma vez deve estar relacionado com as descargas existentes naquele curso de água.

De referir também aqui o ponto 1 (entrada da reserva) que apresentava no início do estudo valores elevados de poluição orgânica, que se pensa estar relacionada com descargas da ETAR de Torres Novas.

O ponto 6 (Ponte do Himalaia), apesar de ser a continuação do rio Almonda dentro da Reserva, apresenta uma carga poluente menor do que o Ponto 1, sugerindo que esta diminuição possa dever-se a uma capacidade de depuração efetiva entre estes dois locais.

No ponto 2 (Braço do Cortiço) também se verifica uma carga poluente elevada, que se faz notar mais quando o caudal é menor, talvez devido a um efeito de concentração de químicos, potenciado pelo ambiente lântico.

O ponto 3, a Vala da Sangria, destaca-se por apresentar os valores mais baixos de poluição orgânica de entre todos os locais analisados.

À saída da Reserva (Ponto 4) regista-se de novo uma carga poluente considerável, de difícil explicação, mas que certamente implica uma contaminação de origem desconhecida entre estes dois pontos.

O valor máximo de CBO_5 estabelecido para águas piscícolas é de $6\text{mg O}_2/\text{L}$ e os valores limite de emissão para descarga de águas residuais é de 40mg/L O_2 . No caso em estudo, os seis locais escolhidos pela RNPB, apresentam o valor de CBO_5 sempre superior a estes valores mencionados.

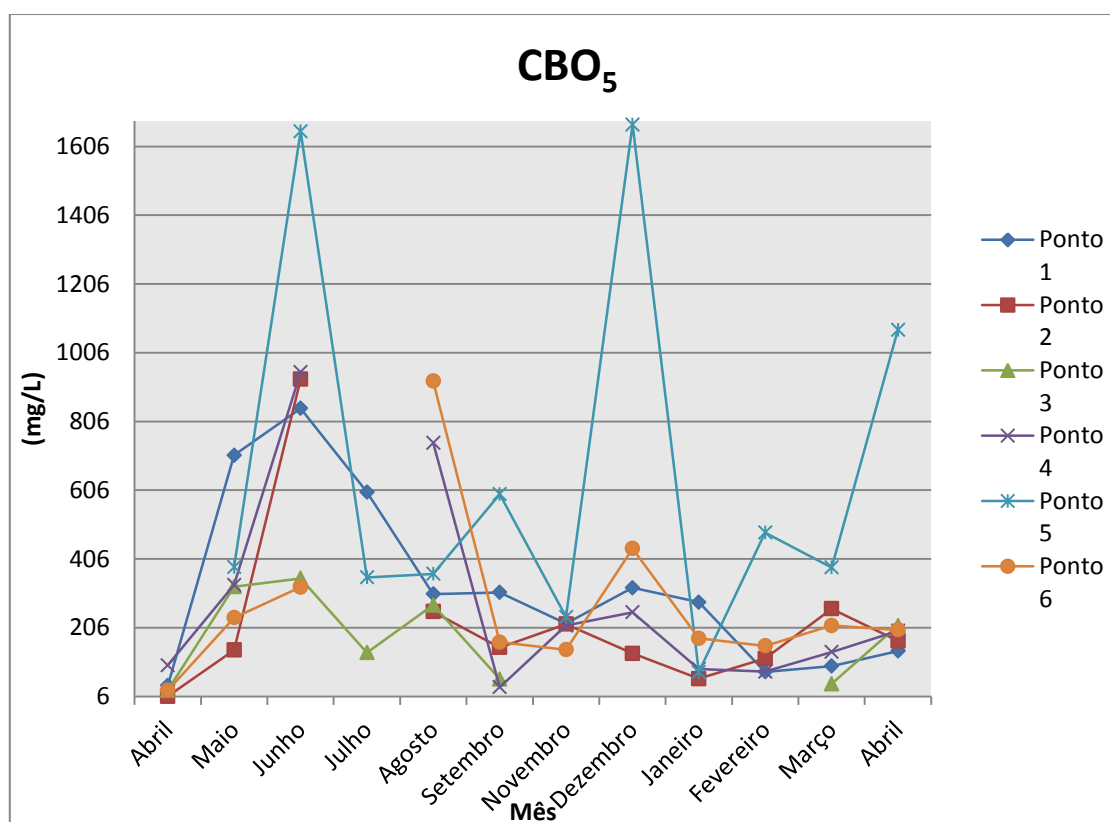


Figura 5. 7-Variação da CBO_5 ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

A Carência Química de Oxigénio é usada como uma medida do oxigénio equivalente à fração orgânica da amostra suscetível de ser oxidada por um oxidante químico enérgico. Independentemente das substâncias orgânicas presentes, a matéria orgânica é convertida em dióxido carbono e água pelo que, quanto maior for a quantidade de matéria orgânica maior será o valor de CQO da amostra (Sawyer, 1994).

Como se pode verificar no gráfico da figura 5.8 o ponto 5 (Vala das Cordas), comparativamente com os outros pontos, apresenta valores muito superiores, certamente devido às descargas já referidas que são ali recebidas. É também de realçar o mês de setembro

onde existe um aumento do CQO nos outros pontos, visto que este foi um mês quente e seco propiciador de uma concentração da matéria orgânica.

Os efluentes possuem um teor muito elevado de matéria orgânica biodegradável, já que comparando os valores de CQO e o de CBO_5 , verifica-se que os valores de CQO se apresentam inferiores, o que não é muito normal em águas residuais.

Em todos os pontos, excepto no ponto 5, os valores obtidos encontram-se dentro do valor regulamentado no que diz respeito ao valor limite de emissão de águas residuais (150mg/L O_2).

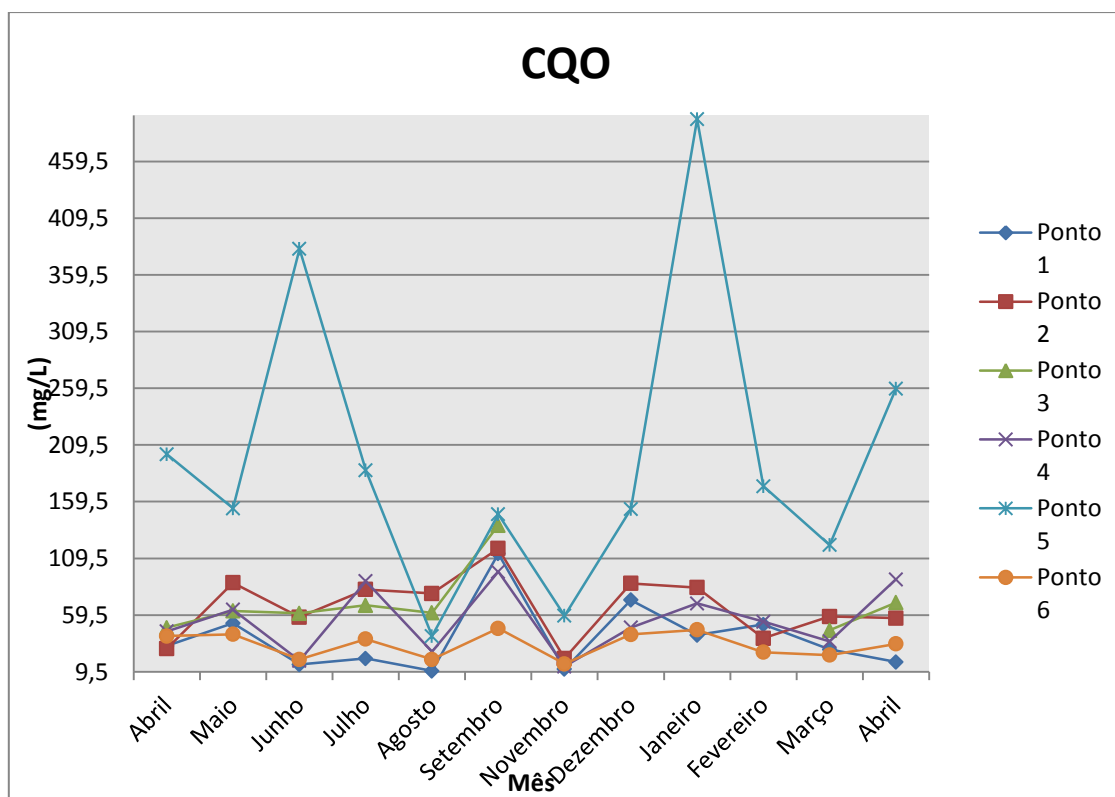


Figura 5. 8- Variação da CQO ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

Como se verifica no gráfico da figura 5.9 os resultados dos nitratos obtidos no geral são muito inferiores ao valor máximo recomendado para água de rega ou para a descarga de águas residuais, cujo valor é de 50mg/L.

Os nutrientes resultantes da fertilização e dos resíduos utilizados nas plantações podem ser transferidos para as águas subterrâneas e para as bacias superficiais.

Quando ocorre as primeiras chuvas, vai ocorrer o processo de lixiviação, fazendo com que os valores aumentem, devido à acumulação de nitratos no solo (Kiely, 1999); os valores obtidos no mês de Novembro parecem confirmar exatamente isso.

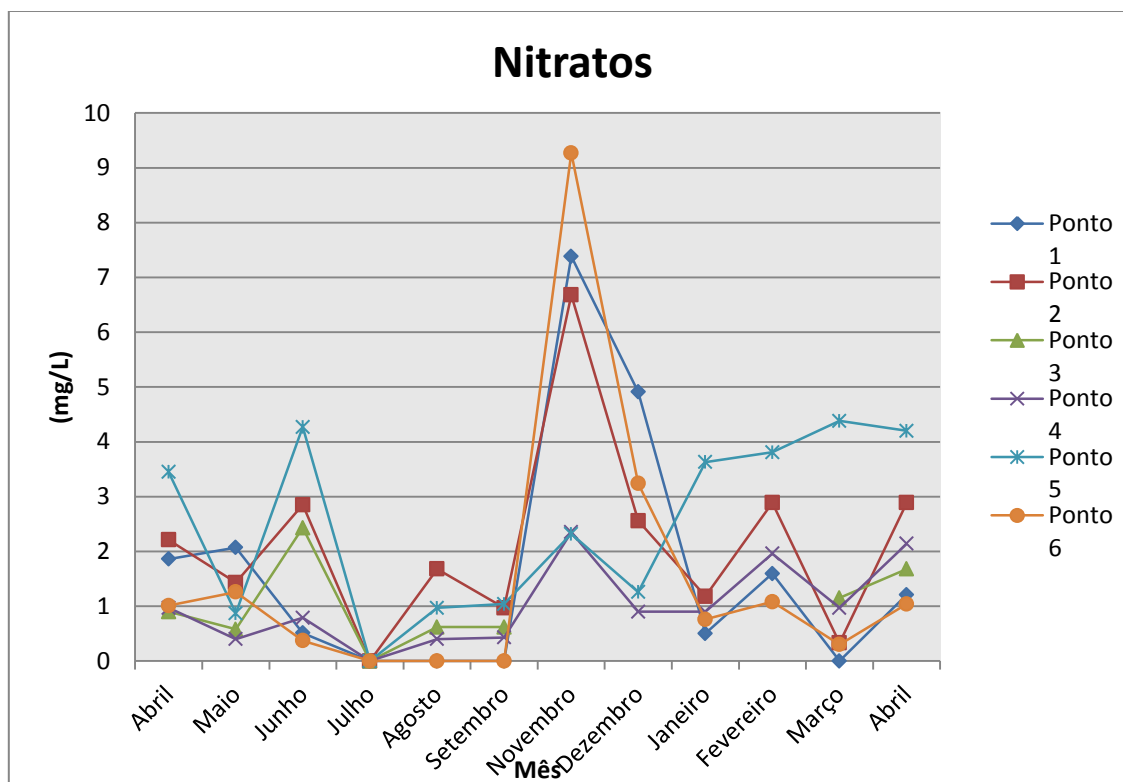


Figura 5. 9-Variação do teor de nitratos ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

No caso dos fosfatos os valores determinados são muito baixos. No entanto, nos meses mais quentes houve uma subida desses valores, talvez causada pelo menor caudal, o que faz com que a concentração seja maior.

Durante a decomposição da matéria orgânica liberta-se o fósforo existente sob forma de ião fósforo (Kiely, 1999). Analisando o gráfico da figura 5.10 pode-se constatar que durante os meses quentes a decomposição de matéria orgânica parece ter levado à libertação do ião fosfato, como se pode verificar sobretudo nos pontos 1, 5 e 6.

Analisando este gráfico verifica-se que os pontos 1 e 6 possuem valores muito próximos um do outro, embora eles sejam ligeiramente superiores no ponto 6. Parece que para além da carga de fosfatos presentes no Rio Almonda, ainda se acumularam mais iões deste tipo já no interior da Reserva, facto talvez influenciado pela agricultura intensiva nas proximidades.

O ponto 5 (Vala das Cordas) apresenta valores superiores aos restantes pontos. Tal deve-se ao facto de este ponto possuir um caudal pequeno e receber descargas de poluentes. O contrário acontece no ponto 2 (Braço do Cortiço). Os valores determinados são praticamente nulos ao longo deste ano de estudo. A razão desta ocorrência pode ter a ver com o tipo de atividade agrícola praticada na envolvente. Por exemplo, sabe-se que na cultura de milho existe a absorção de fósforo, ou seja, o desenvolvimento deste cereal consome o fósforo, não o deixando disponível no solo para lixiviação (Kiely, 1999).

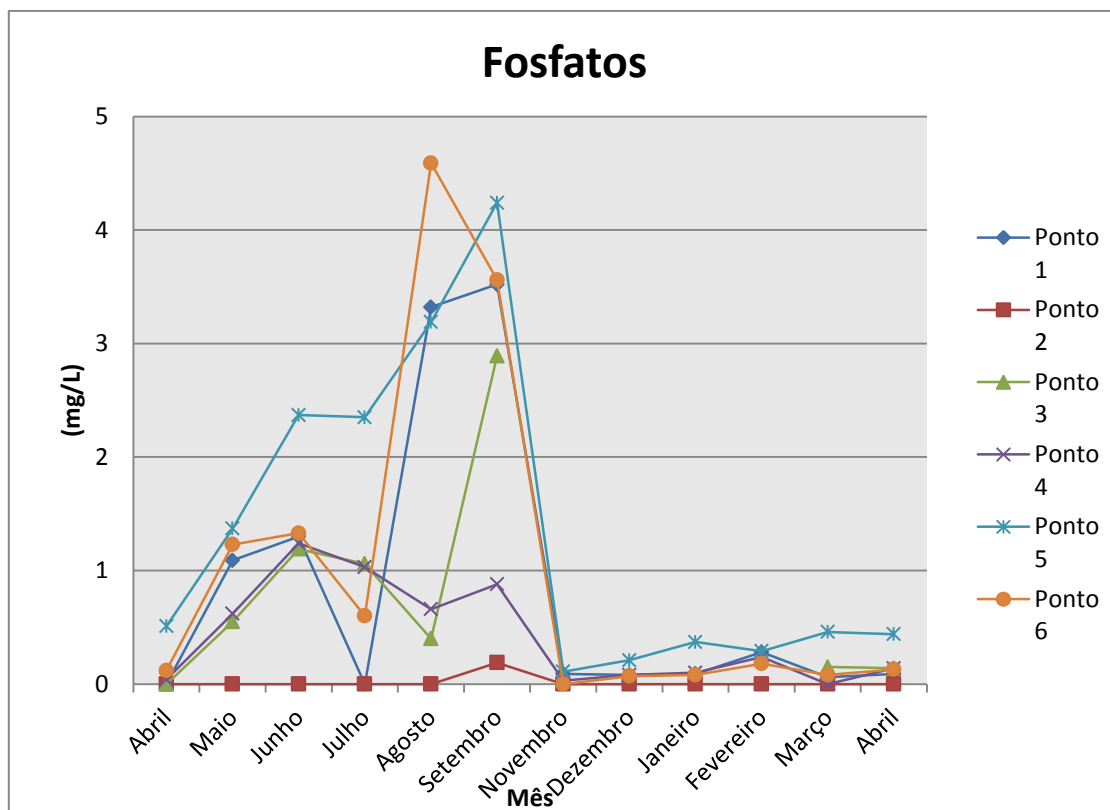


Figura 5. 10-Variação do teor de fosfatos ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

É de referir que os valores apresentados no gráfico da figura 5.11 estão afetados pelo log10, já que o intervalo de valores de UFC a mostrar no gráfico era muito grande e não permitia uma leitura correcta.

Analisando este gráfico verifica-se que existe um aumento dos coliformes nos meses quentes, ou seja, verifica-se que a temperatura influencia o crescimento dos microrganismos.

O ponto 5 (Vala das Cordas) é dos pontos mais poluídos por microrganismos por causa das descargas de esgotos, mas se repararmos no gráfico é bastante evidente uma descida do seu número no mês de agosto. Esta descida pode ter a ver com a diminuição de substrato que

serve de alimento aos coliformes. Verificou-se que o caudal deste curso de água estava inferior e que existiu um aumento da vegetação nas margens da vala. Esta vegetação utilizou o alimento disponível e pode ter provocado uma diminuição do crescimento no número de microrganismos.

Os valores obtidos indicam que existe uma grande poluição, pois o Valor Máximo Recomendado é 100 UFC/100mL, logo os valores determinados de coliformes totais não são compatíveis com águas piscícolas, nem com águas de rega.

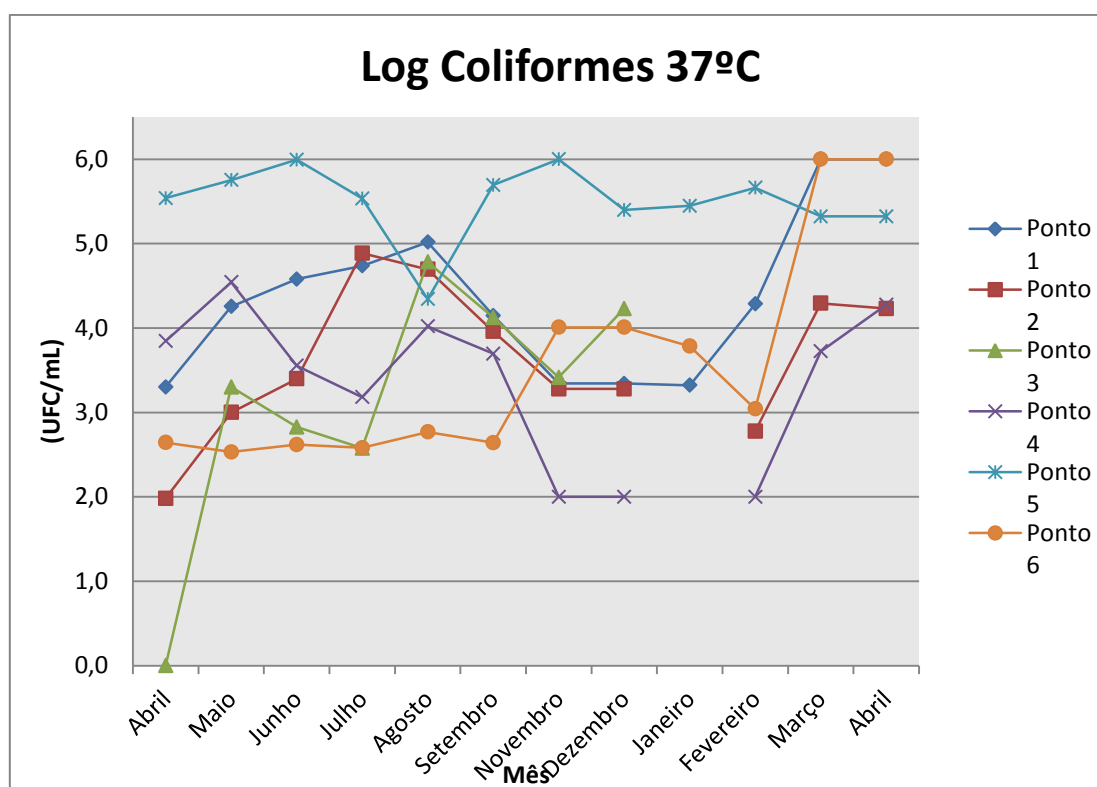


Figura 5. 11- Número de coliformes totais ao longo do tempo, para todos os pontos de recolha

É de referir que também agora os valores apresentados no gráfico da figura 5.12 estão afetados pelo log10, pela mesma razão já apontada.

Analisando o gráfico verifica-se que nos pontos 1, 2, 3 e 6, nos meses mais quentes os valores são mais elevados, enquanto no ponto 5 existe uma descida. Estes acontecimentos estão certamente relacionados com o que acontece com os Coliformes totais, gráfico da figura 5.11.

Pode-se concluir que os resultados obtidos nestes dois parâmetros microbiológicos estão muito relacionados com a temperatura e com a carga poluente a montante da RNPB.

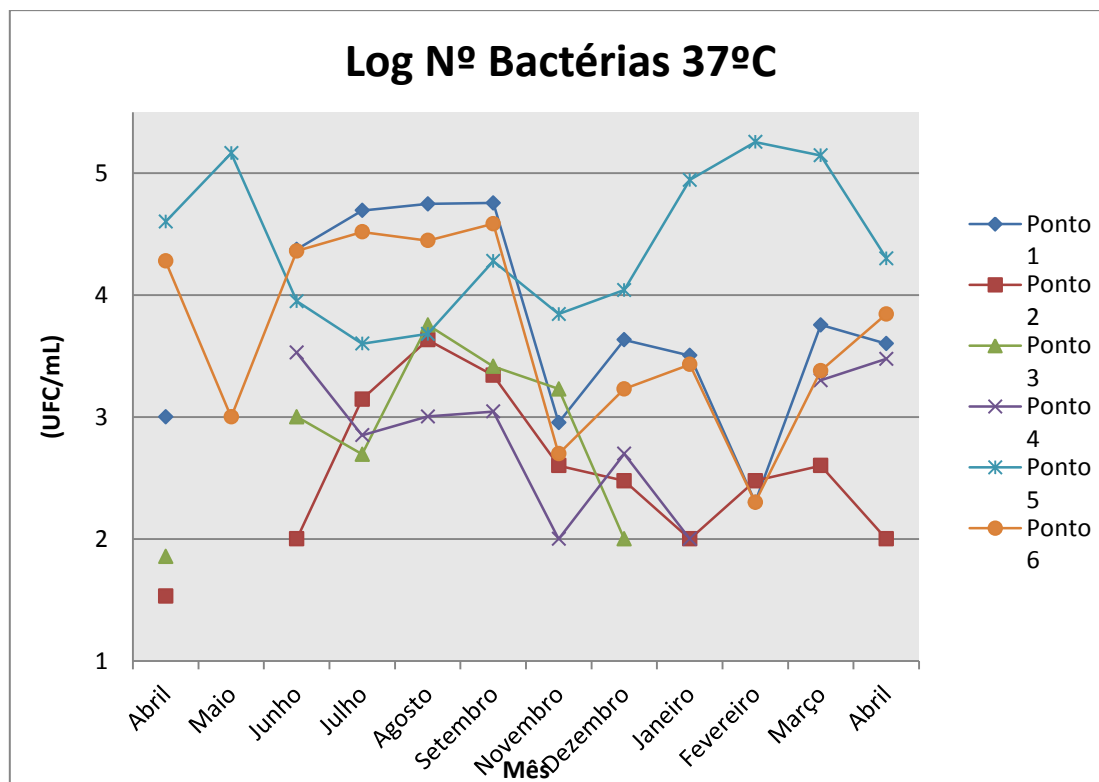


Figura 5. 12- Variação do número total de bactérias ao longo do tempo, para todos os locais de recolha

5.3.2 Tratamento estatístico

O tratamento estatístico de dados foi elaborado com auxílio do *software* MINITAB, com o objetivo de realizar uma análise exploratória dos resultados gráficos analisados na secção anterior, obtendo-se desta forma respostas para o comportamento de cada um dos parâmetros analisados.

O primeiro procedimento efetuado envolveu um sumário gráfico de todas as variáveis, no sentido de se obterem testes de normalidade e valores de P para todas as variáveis (anexo D). A análise do sumário estatístico, indica que para o teste de normalidade Anderson Darling todos os valores de P, exceto a temperatura e o pH, se encontram $< 0,005$, indicando que todas estas variáveis são tendencialmente enviesadas para valores baixo/elevados. Para os valores de temperatura e pH a curva de normalidade em consonância com valor de P indica que os valores se dispõem segundo uma curva normal.

O segundo passo na análise exploratória passou pela escolha da análise multivariada, em virtude da quantidade de variáveis em estudo. Dentro das possibilidades da análise multivariada optou-se pelo estudo de clusters, com o objetivo de classificar as variáveis em

grupos que inicialmente não nos eram conhecidos. Uma das razões para elaborar este teste é reduzir a importância de variáveis isoladas, facilitando a descrição dos comportamentos, ao analisar clusters de variáveis (figura 5.13). Este procedimento é um método de agregação hierárquica que se inicia com a análise e todas as variáveis separadamente, onde cada uma formará um cluster, seguido da análise das variáveis mais próximas, formando-se desta forma um novo cluster. Os novos clusters criados sofrem o mesmo processo, até que todos os clusters possíveis sejam criados e se complete o dendograma.

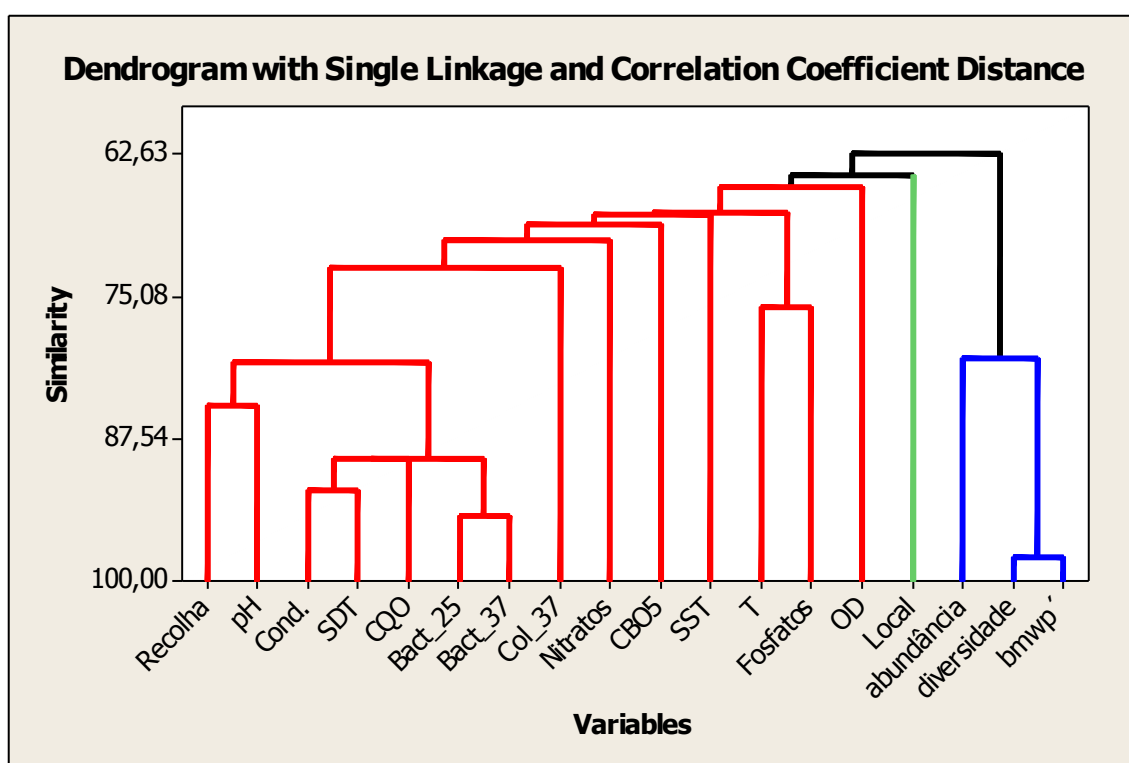


Figura 5. 13- Dendrograma de similaridade das amostras criado a partir das correlações entre as variáveis

Analisando os resultados do dendrograma, observa-se que as variáveis com maior valor de similaridade são a diversidade e o BMWP', explicada pela estreita relação na criação do índice BMWP', que depende da diversidade. Ainda para este cluster, que podemos separar dos restantes pelas suas características biológicas, encontra-se a abundância com um valor de similaridade de aproximadamente 80%. O local de recolha forma isoladamente um cluster devido à baixa similaridade com o restante conjunto de variáveis, sendo os valores aproximados a 62,63%. O isolamento deste cluster neste processo analítico poderá indicar a variação do comportamento das restantes variáveis em cada um dos locais de recolha. Em termos de interpretação genérica, podemos sugerir a variação da contaminação destes locais

ao longo do período anual estudado. O terceiro cluster concentra a maioria das variáveis químicas e temporais podendo subdividir-se em dois conjuntos. O primeiro conjunto é constituído pelas variáveis correspondentes ao pH, condutividade, SDT, CQO, bactérias T=37°C e o segundo conjunto é formado por coliformes T=37°C, nitratos, CBO₅, SST, temperatura, fosfatos e o OD.

O primeiro conjunto do cluster três apresenta maiores similaridades entre variáveis onde as bactérias a 25°C e 37°C, apresentam valores acima dos 90%, facto expectável sendo a única diferença entre elas a temperatura de crescimento. Ainda para o mesmo conjunto a condutividade e os SDT apresentam valores de similaridade na ordem dos 90% e, por sua vez, similaridade com as bactérias anteriormente descritas e o CQO, com valores perto dos 90%. Interpretando este conjunto de variáveis, a relação entre o CQO e as bactérias é facilmente explicável, pela ação das bactérias sobre a matéria orgânica. Para explicar a relação entre a condutividade e SDT, pode assumir-se que os sólidos presentes aumentam a condutividade. Interpretando o conjunto como um todo é plausível assumir-se que existe um denominador comum a esta similaridade, podendo este ser atribuído à matéria orgânica presente nos cursos de água.

Atendendo à análise de similaridade efetuada anteriormente, e perante a possível divisão em quatro clusters, procedeu-se à análise factorial multivariada utilizando quatro fatores, método de extração componentes principais, representando-se graficamente os dois principais fatores (anexo D) seguido pelo gráfico de discussão dos resultados da análise factorial e finalmente o gráfico representando a linha de percentagem de variação representada por Eigenvalues. A interpretação do gráfico da linha de variação indica claramente que o nosso conjunto de dados é explicado por 18 variáveis, sendo que apenas 3 apresentam Eigenvalues acima de 2,5, sendo os restantes pouco significantes para o comportamento geral das variáveis. Desta forma é plausível afirmar-se que três fatores representam mais de 60% da variação, procedendo-se novamente à análise factorial utilizando-se apenas três fatores, donde resultou a tabela 5.2.

Tabela 5. 2 – Correlação entre três fatores

Variável	Fator1	Fator2	Fator3	Comunalidade
Recolha	0,580	0,706	-0,046	0,837
Local	0,133	-0,216	0,326	0,171
Abundância	-0,231	-0,287	0,601	0,497
Diversidade	-0,280	-0,413	0,813	0,910
bmwp'	-0,163	-0,367	0,825	0,842
T	-0,480	-0,501	-0,331	0,591

pH	0,340	0,695	0,025	0,599
Cond.	0,931	0,089	0,284	0,955
OD	-0,368	0,552	0,323	0,544
CBO5	0,166	-0,504	-0,441	0,476
CQO	0,779	-0,215	0,066	0,657
Fosfatos	-0,150	-0,577	-0,579	0,692
Nitratos	0,332	0,235	0,338	0,280
SDT	0,900	-0,332	0,037	0,922
SST	0,291	-0,328	0,156	0,217
Bact_25	0,788	-0,358	0,027	0,751
Bact_37	0,715	-0,459	-0,075	0,728
Col_37	0,320	0,351	-0,159	0,251
Variance	4,7578	3,3487	2,8116	10,9181
% Var	0,264	0,186	0,156	0,607

Os resultados da tabela 5.2 e da figura 5.20 indicam que os fatores sem qualquer tipo de rotação explicam 60,7% da variabilidade dos dados, como pode ser observado na última linha e célula da referida tabela, indicando que todas as variáveis, excetuando-se o local, SST, nitratos e col_37, estão bem representados proporcionalmente, com valores entre 0,476% e 0,955%. Analisando ainda a tabela podemos concluir que o primeiro e segundo fator são os mais representativos somando 45% da variabilidade e representados no gráfico fatorial (figura 5.15).

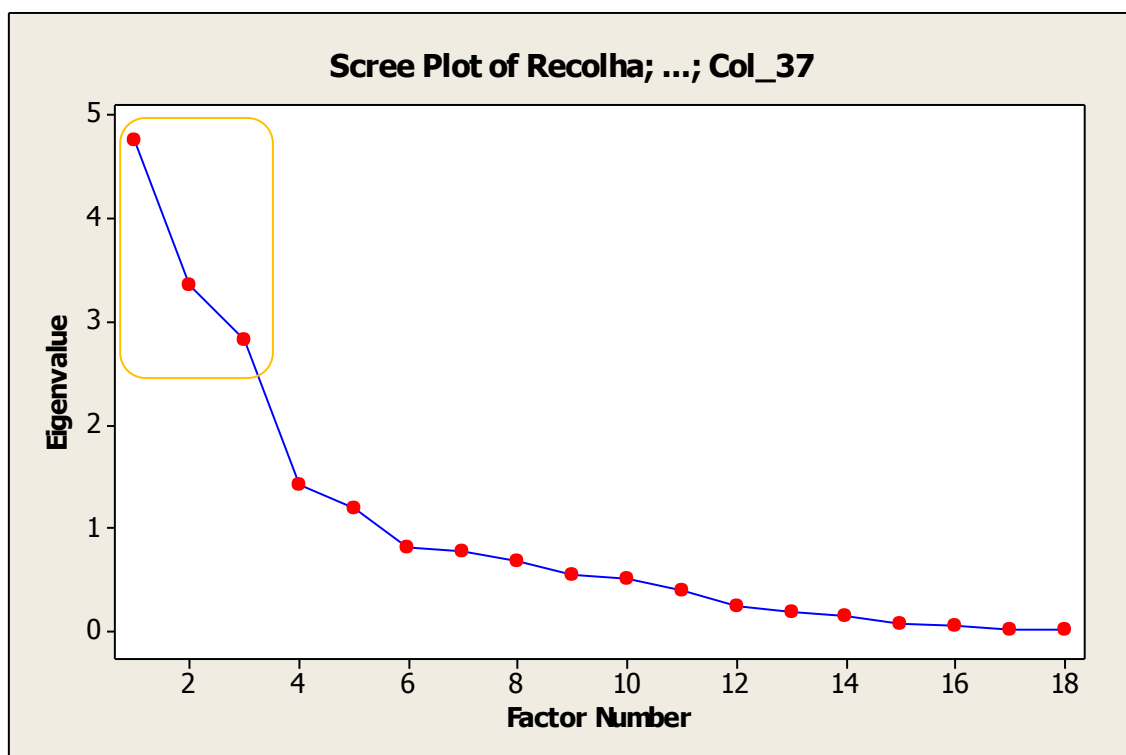


Figura 5. 14- Variância dos principais fatores

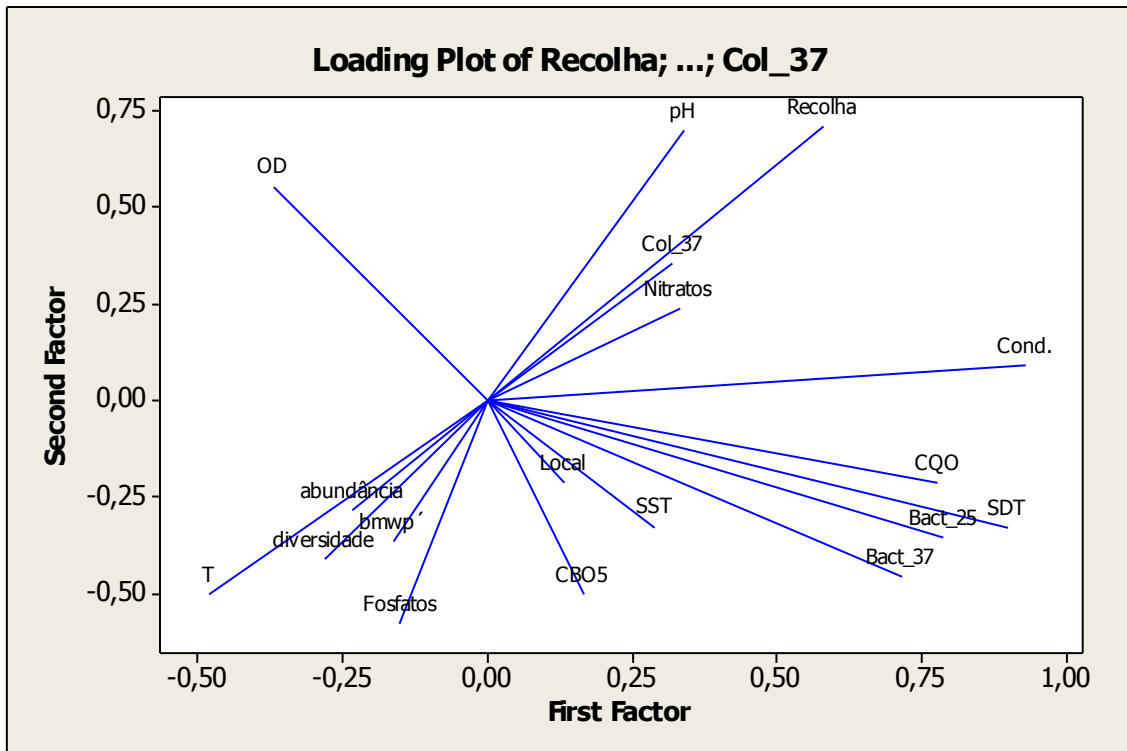


Figura 5. 15- Plot de todas as variáveis químicas com quatro fatores

O primeiro fator é representado positivamente por CBO₅, local, SST, Bact_37, Bact_25, SDT, CQO, Cond., nitratos, Col_37, recolha e pH, sendo que as restantes variáveis influenciam negativamente este fator. O segundo fator que representa 18,6% de variação é, portanto, menos representativo do que o primeiro fator, cuja representação são 26,4%. Este fator é influenciado positivamente pelo OD, pH, recolha, Col_37, nitratos e Cond., sendo as restantes influências negativas para este fator. Explorando o conjunto de variáveis representadas graficamente podem-se identificar três conjuntos de variáveis, o primeiro associado à temperatura, abundância, diversidade, BMWP' e fosfatos; o segundo associa Bact_37, Bact_25, SDT e CQO, todos eles apresentando grande representatividade; finalmente o terceiro conjunto associa nitratos, Col_37, recolha e pH, sendo os dois últimos os parâmetros mais representativos deste conjunto.

Representam-se também outras variáveis importantes, que não se encontrando em nenhum dos três conjuntos definidos estabelecem correlações entre eles. O OD encontra-se correlacionado com o conjunto um e três, o CBO₅ encontra-se relacionado com os conjuntos um e dois e a Cond. com os conjuntos dois e três. Evidencia-se ainda relação inversa entre o OD e o CBO₅, e pH e T e também a relação direta entre Cond. e SDT, factos estes que são expectáveis no funcionamento natural dos ecossistemas.

Interpretando os três conjuntos e os dois fatores em análise, podemos assumir a hipótese de que o primeiro fator poderá representar, à semelhança dos resultados obtidos no ano anterior, uma variável geográfica condicionada pelo parâmetro poluição. Quanto ao segundo fator, de mais fácil interpretação, ele segue as tendências observadas no estudo anterior, como sendo um fator dependente da sazonalidade e variação dos ciclos naturais.

Na tentativa de confirmar as nossas hipóteses, exploraram-se os valores criando-se um gráfico de dispersão agrupando os pontos de acordo com os meses de recolha (figura 5.16).

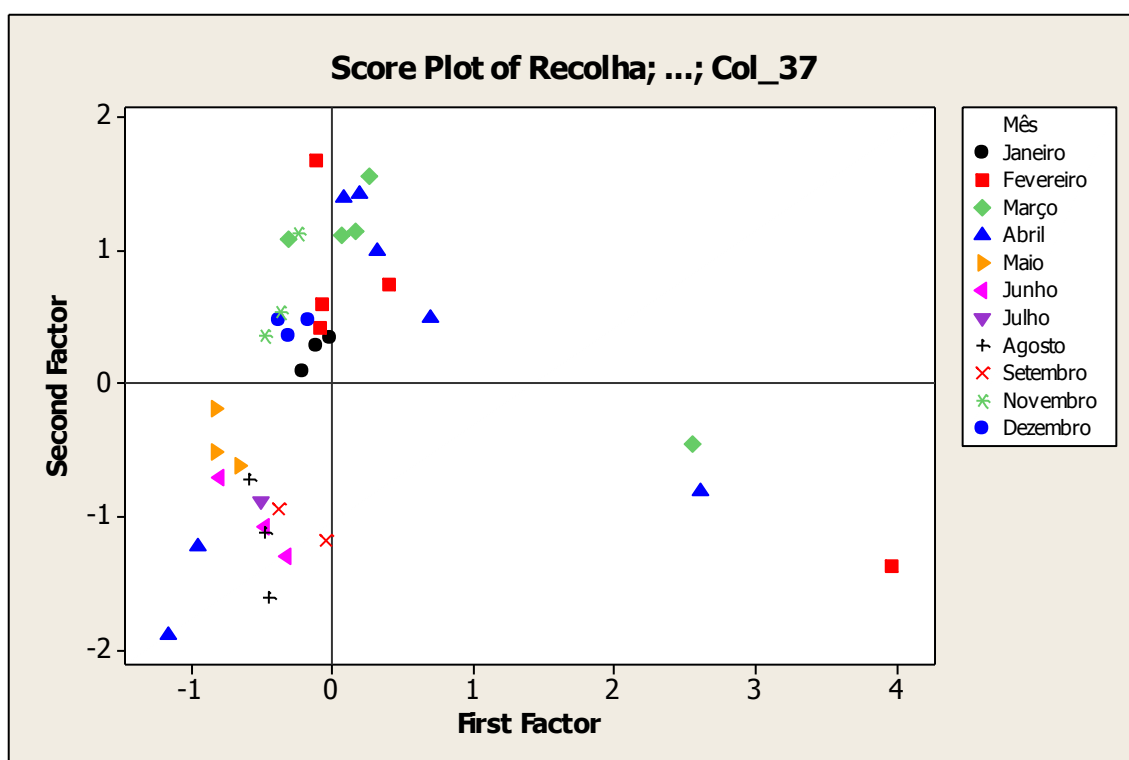


Figura 5. 16- Valores de análise dos fatores com os dados agrupados pela data de recolha

Os resultados obtidos diferenciam claramente os meses mais chuvosos dos meses mais secos, o que suporta a hipótese colocada de que o segundo fator corresponde à variação sazonal que se prende com as variáveis de temperatura e precipitação observável na representação climática exposta no capítulo 1, repercutindo-se no caudal observado nos cursos de água analisados.

Continuando na tentativa de confirmar a hipótese apresentada para o primeiro fator, agruparam-se os pontos por local de recolha de onde resultou o gráfico da figura 5.17.

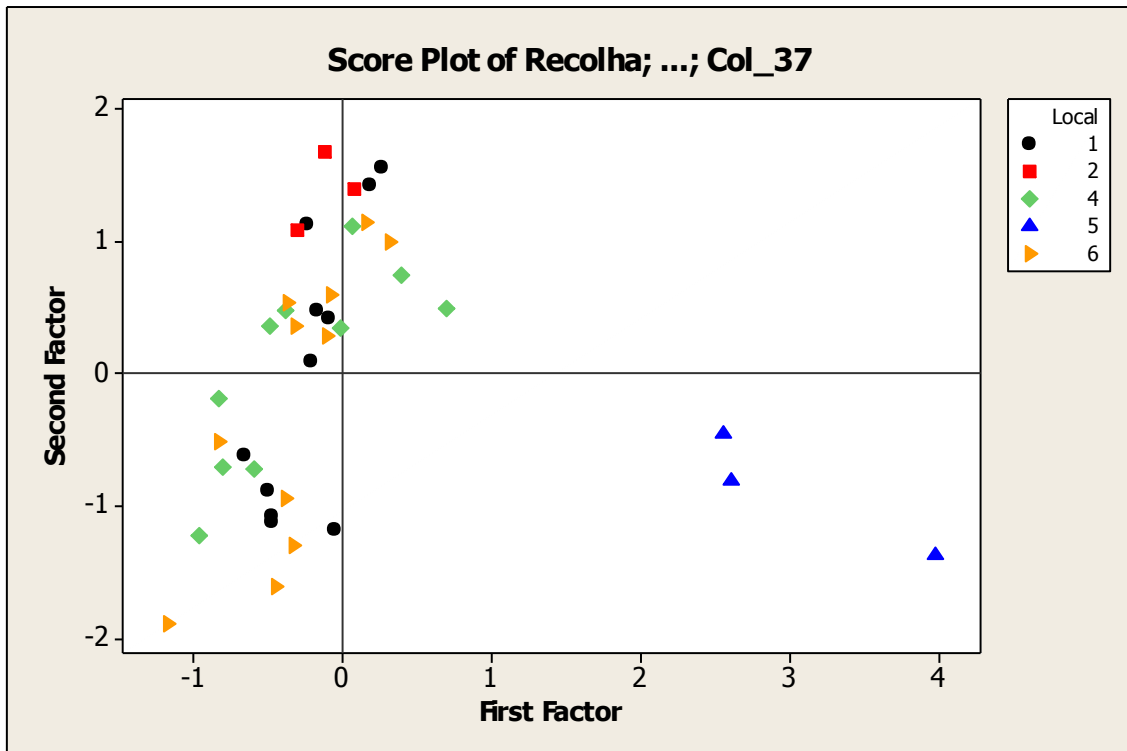


Figura 5. 17- Valores de análise dos fatores com os dados agrupados pelo local de recolha

Neste gráfico pode-se observar que a vala das cordas (ponto 5) se destaca dos restantes locais de recolha, podendo corroborar a hipótese de que se trata de um local altamente poluído facto este observado pelas várias análises efetuadas ao longo deste estudo.

Na interpretação dos restantes locais de recolha é evidente que existe uma grande variação de condições de qualidade de água. É sugerido que nos meses mais quentes, os locais de recolha associados ao rio Almonda se diferenciam dos meses mais frios, sendo mais variável a qualidade de água nestes meses frios quando comparados com os meses de verão. Importante será evidenciar que o ponto 4 (saída da reserva) apresenta uma grande dispersão no que toca à poluição, sendo esta mais acentuada nos meses de inverno, inclusive superior aos pontos analisados no rio Almonda a montante (pontos 1 e 6). Tal situação deve-se, certamente, à influência da vala das cordas, cuja subida de caudal arrasta poluentes acumulados durante o período estival. Outros fatores responsáveis pela dispersão observada na saída da reserva nos meses de inverno poderão ser as descargas pontuais efetuadas para o rio Almonda.

Observa-se que o lago natural (ponto 2- Braço do Cortiço) apresenta pequena dispersão e por isso pequenas variações relativamente ao fator poluição.

Os dados poderão evidenciar que nos meses quentes verifica-se uma melhoria da qualidade da água à saída da reserva (ponto 4) e à entrada da reserva integral (ponto 6), permitindo a

sugestão de que os processos ecológicos ocorridos no Paul do Boquilobo promovem a depuração da água.

5.3.3 Análise Canónica

Para realizar uma comparação entre os macroinvertebrados e os parâmetros físicos - químicos fez-se uma análise canónica, tendo-se utilizado para isso o *software* CANOCO 4.5.

A análise de correspondência canónica é um método desenvolvido por JF Cajo Ter Braak (1986) e implementado pela primeira vez no programa CANOCO pelo mesmo autor. É um método de análise estatístico-analítico composto por um conjunto de técnicas que permitem relacionar a composição específica de grupos ou famílias ambientais.

A correlação canónica pode ser vista como uma extensão da regressão múltipla. Na correlação canónica existem duas ou mais variáveis dependentes.

Este é um método usual no campo da ecologia. Neste caso, a tabela de frequências é uma tabela de abundância de espécies diferentes em diferentes sítios ecológicos, enquanto a outra tabela descreve esses sítios por características ambientais.

O princípio básico de uma correlação canónica é desenvolver uma combinação linear em cada um dos conjuntos de variáveis tal que a correlação entre os dois conjuntos seja maximizada. Na correlação canónica não existe a distinção entre variável independente e dependente, existem somente dois conjuntos de variáveis em que se busca a máxima correlação entre ambos.

Uma das técnicas utilizada normalmente é a análise de correlações canónicas (CCA). Esta técnica consegue introduzir as variáveis explicativas dentro da análise, dando-lhes um papel activo para explicar os dados que lhe dizem respeito.

Nesta análise foram utilizados os dados dos macroinvertebrados e as variáveis pH, Temperatura, Oxigénio Dissolvido, CBO₅, CQO, SDT, SST, Fosfatos e Nitratos.

Neste estudo realizou-se uma análise de gradiente direta, embora o CANOCO admita análise de gradiente direta ou indireta. A análise de gradiente direta que possibilita detetar e prever a estrutura subjacente aos dados, com base em variáveis explicativas, que neste caso dizem respeito às variáveis ambientais e biológicas. A relação existente entre estas duas variáveis é representada no mesmo diagrama. Existe um *input* direto das variáveis explicativas num estado inicial da análise.

A comparação entre as análises de gradiente direta e indireta pode perceber-se através da figura 5.18.

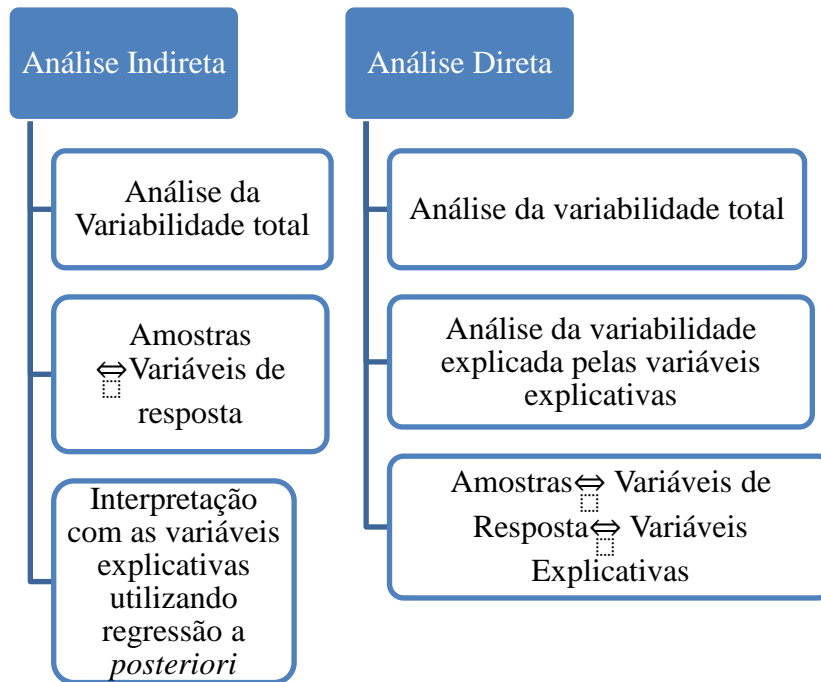


Figura 5. 18- Diagrama da relação entre o gradiente direta e indireta

O software CANOCO possui dois modelos de resposta, o Linear (PCA, RDA) e o Unimodal (CA, CCA e DCA). Neste estudo foi utilizado o modelo de resposta Unimodal em que se considera que cada espécie adota uma resposta unimodal em relação ao eixo, sendo a coordenada o centro da curva. O modelo de resposta escolhido assume que cada espécie possui um ótimo no gradiente ambiental.

As coordenadas das espécies podem ser de dois tipos, não transformadas e transformadas. As coordenadas não transformadas são proporcionais ao seu desvio padrão, enquanto as coordenadas transformadas são designadas por coordenadas mais comparáveis. Neste caso de estudo, recorreu-se ao “*Log Transformation*” e à seleção de “*downweighting rare species*”, opções que permitem a eliminação de espécies sem ter que iniciar todo o processo realizado anteriormente (Sousa, 2005).

Tabela 5. 3-Resumo da análise canónica apenas das variáveis ambientais

Eixos	1	2	3	4	Inércia Total
Valores próprios :	0.480	0.341	0.250	0.195	3.750
Correlações espécies variáveis:	0.905	0.876	0.780	0.868	
Percentagem de variância acumulada					
Espécies:	14.7	25.1	32.7	38.7	
Relação variáveis-espécies:	31.6	54.1	70.5	83.4	
Somatório dos valores próprios:	3.268				
Somatório dos valores próprios canónicos					1.517

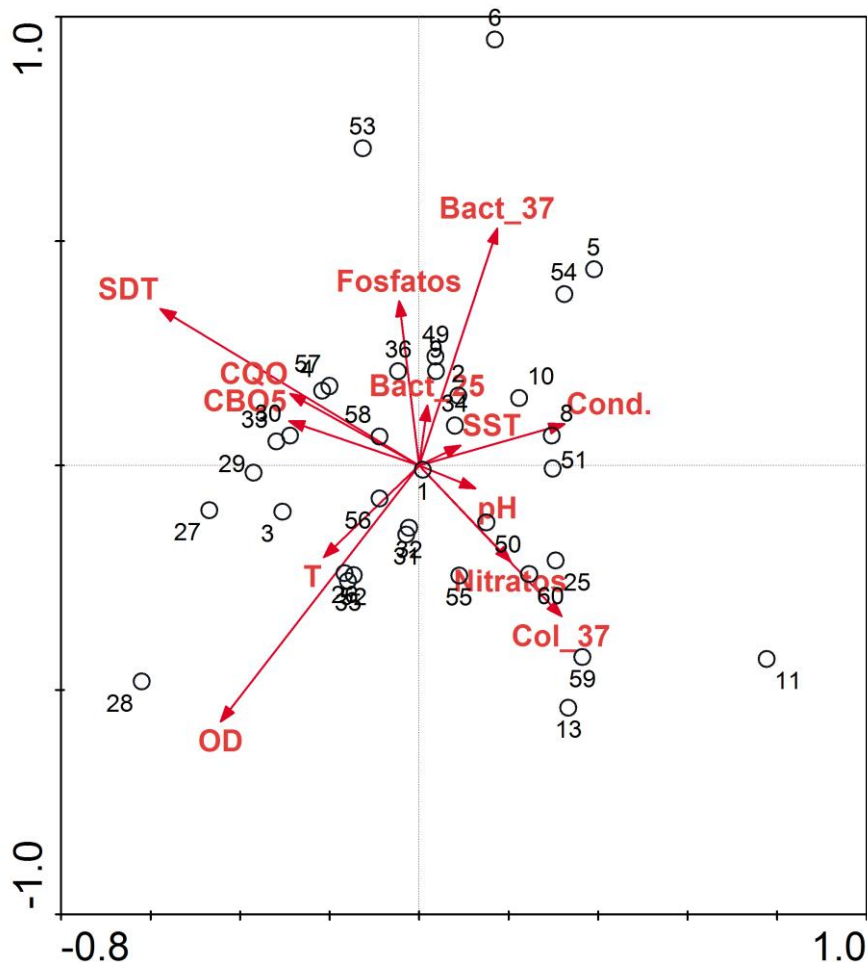


Figura 5. 19- Gráfico da análise canónica das variáveis ambientais com as recolhas realizadas

Cada número que se encontra representado no gráfico da figura 5.19 diz respeito a um código, que corresponde ao local-recolha-mês. Assim, por exemplo, para a recolha que é realizada no ponto 1, recolha 2, mês de Fevereiro, o código será, 1_2_fev.

Em relação ao primeiro eixo, verifica-se que os coliformes totais a 37°C estão dependentes das características climáticas e hidrológicas. O OD vai influenciar negativamente as variáveis que se encontram no eixo oposto como o número de bactérias a 37°C, a condutividade e os sólidos suspensos totais. Devido à proximidade entre a temperatura e o OD conclui-se que estes dois parâmetros se correlacionam.

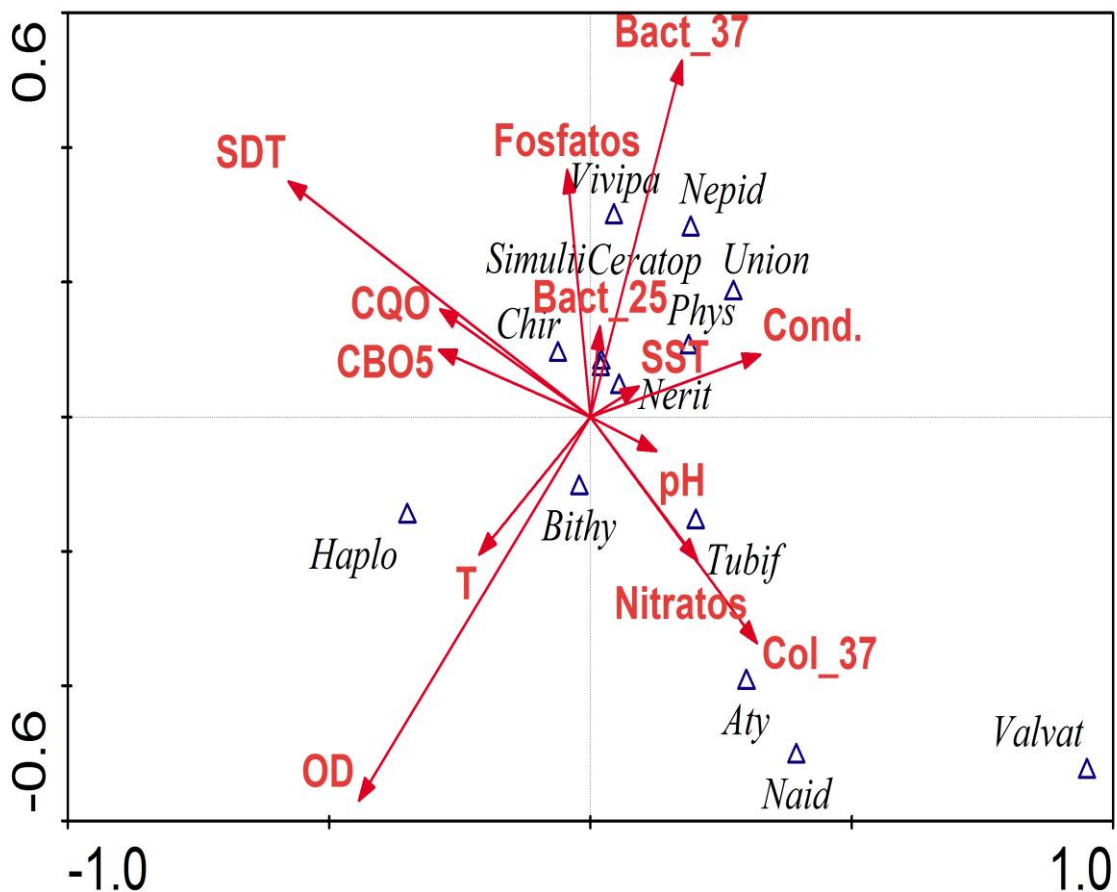


Figura 5. 20-Análise Canónica relação dos macroinvertebrados com as variáveis ambientais

Visualizando o gráfico da figura 5.20 verifica-se que existe um *cluster* onde não existe muita variação entre as variáveis ambientais e os macroinvertebrados.

As variáveis que estão representadas por setas dizem respeito às variáveis ambientais, sendo que o deslocamento destas setas se dá no sentido do aumento dos valores individuais das variáveis ambientais. As correlações entre as variáveis são feitas através dos ângulos entre as setas, que são medidos a partir do ponto de origem. Em relação aos pontos de amostragem no diagrama, estes representam a dissimilaridade da composição de espécies medidas através da distância χ^2 . Por exemplo, verificando no diagrama da figura 5.20, as setas que dizem respeito à Temperatura e ao Oxigénio Dissolvido possuem um ângulo muito pequeno; a interpretação que se pode fazer é que existe uma correlação entre ambos e que é bastante grande.

Em relação a todas as variáveis, a análise dos resultados obtidos que se encontram representados no diagrama é feita através da projeção perpendicular de linhas entre os pontos e as setas das variáveis ambientais, tendo em conta que quanto maior for a distância entre o ponto e a seta da variável ambiental em análise, menor será a correlação entre as duas.

O pH, nitratos e coliformes a 37°C estão muito correlacionados, pois encontram-se próximos uns dos outros.

5.3.4 Análises extemporâneas

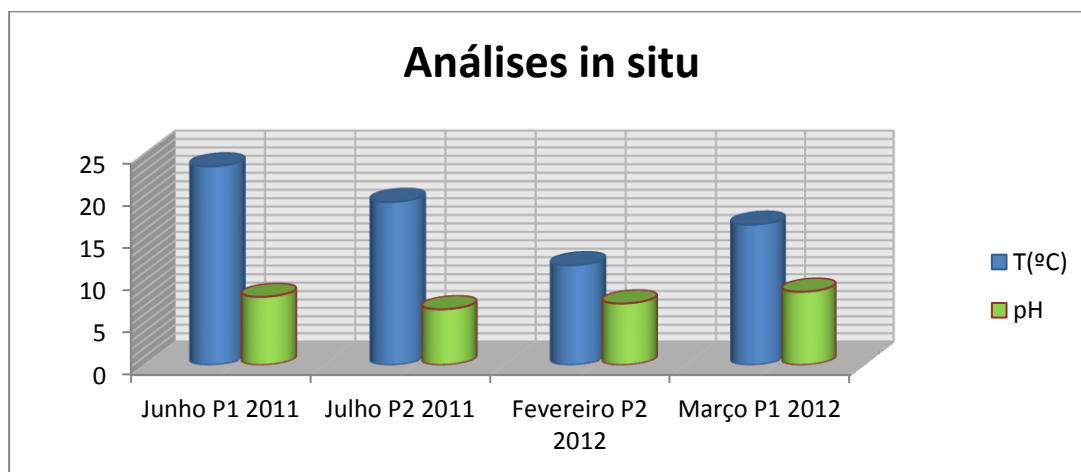
Existiu uma recolha de águas em dois pontos extra sendo eles, o Lago Artificial (1) e a Fonte dos Mosqueiros (2). Contrariamente ao estudo realizado no ano anterior, não se efetuaram recolhas nos outros dois locais, no Furo dos Carpinteiros e na Vala das Hortas.

As recolhas nos dois pontos extra foram realizadas em meses diferentes, sendo que a recolha no Fonte dos Mosqueiros foi efetuada no mês de fevereiro e no Lago Artificial no mês de março.

Nas tabela 5.4 estão representados os resultados de todos os parâmetros físico-químicos analisados referentes às duas recolhas de amostras em cada local.

Tabela 5. 4- Resultados obtidos das análises microbiológicas

Ponto	Mês e Ano	Bactérias T=25º	Bactérias T=37º	Coliformes Totais T=37º
1	Junho 2011	37	35	167
2	Julho 2011	3795	330	123
3	Agosto 2011	0	6	5
4	Setembro 2011	550	495	1650
2	Fevereiro 2011	37000	0	3400
1	Março 2011	500	300	3500


Figura 5. 21- Gráfico dos valores obtidos de Temperatura e pH respeitantes aos pontos 1 e 2

Observando o gráfico da figura 5.21 verifica-se que a água no lago artificial é mais quente que a da fonte dos mosqueiros, bem como ambas apresentam grandes diferenças entre os meses de primavera e verão, nomeadamente 6,9°C e 7,5°C respetivamente para o local 1 e 2.

O pH da água do lago artificial é mais alcalino do que o da fonte, que se apresenta nas duas determinações muito próximas da neutralidade.

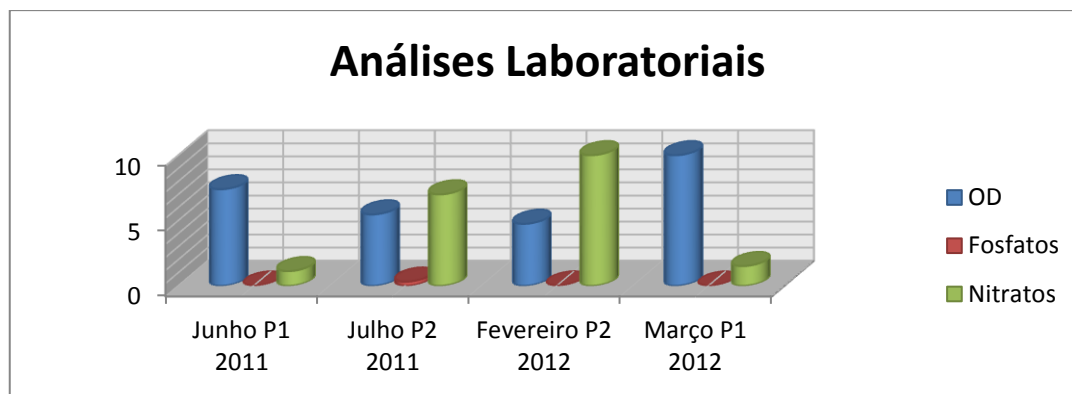


Figura 5. 22- Resultados das análises laboratoriais de OD, fosfatos e nitratos respeitantes aos pontos 1 e 2

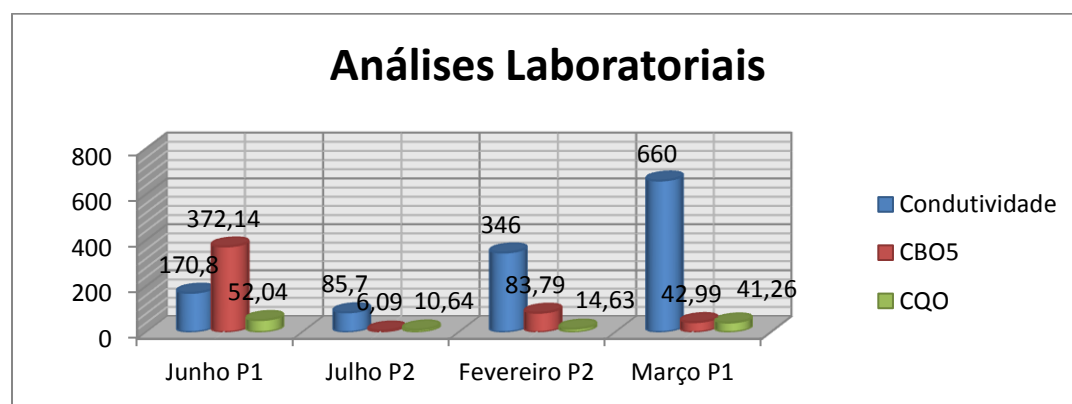


Figura 5. 23- Resultados das análises laboratoriais de condutividade, CBO₅ e CQO respeitantes aos pontos 1 e 2

A água da Fonte dos Mosqueiros utiliza-se para consumo humano e para tal os parâmetros químicos desta têm de ir ao encontro dos valores estipulados no decreto-lei nº306/2007. Verifica-se que os parâmetros físico-químicos estudados se encontram de acordo com o decreto-lei mencionado anteriormente.

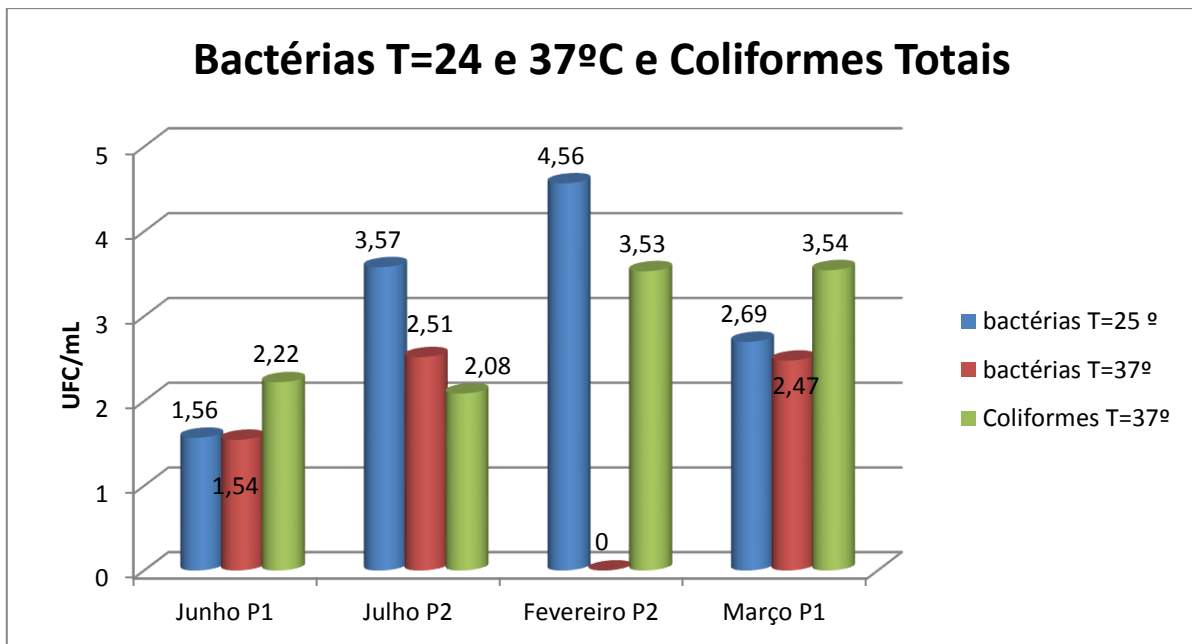


Figura 5. 24- Gráfico dos valores obtidos das análises microbiológicas

É de referir que os valores apresentados no gráfico estão afetados pelo log10, tal como explicado anteriormente. Verifica-se que a água no ponto 2 (Fonte dos Mosqueiros) não se encontra em condições para consumo humano devido ao valor das análises microbiológicas que não se encontram dentro dos parâmetros admitidos estipulados no anexo I do decreto-lei nº306/2007 de 27 de Agosto.

O ponto 2 possui valores semelhantes aos restantes pontos de recolha, sendo de salientar que este ponto possui contaminação por matéria orgânica.

Capítulo 6

Conclusão

Resumo: Neste capítulo apresenta-se a conclusão da Cartografia Ecológica e Monitorização Ambiental efectuada à Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

6. Conclusão

Durante a realização deste estudo obtiveram-se resultados que permitiram fazer uma análise e desenhar conclusões relativamente à corrente situação ambiental da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

Dos resultados obtidos transparecem diferentes graus de sensibilidade nas diferentes áreas estudadas, em particular no que respeita a uma evolução positiva na vegetação natural, não obstante a qualidade da água se apresentar como um fator negativo, o que foi verificado pelas análises químicas efetuadas.

No que respeita à ocupação do solo verificou-se que existiu uma evolução da área natural para cerca de 364ha, o que corresponde a 45% da área total da reserva, significando a duplicação das áreas naturais existentes na década de 60. Este facto é atribuído ao abandono dos campos de arroz, evoluindo para áreas naturais como resultado de sucessão secundária.

Na RNPB foram identificados 11 habitats naturais, sendo que o habitat de Pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas da *Molinio-Holoschoenion* é o que ocupa uma maior área natural (34%) e de seguida o habitat Galerias ripícolas de *Salix alba* e *Populus alba*, com 30,5%.

Os restantes habitats possuem áreas menores, mas mais concentradas em locais distintos da reserva, como por exemplo, o habitat de águas paradas oligotróficas, mesotróficas com vegetação da *Littorelletea uniflorae* e/ou da *Isoeto-Nanojuncetea* que ocupa uma área de 15% no centro da reserva, sendo um importante habitat para a proteção dos locais de nidificação das várias espécies de avifauna existentes na reserva, como por exemplo, a garça-boieira. A importância deste estudo é relevada na necessidade de cumprir a legislação comunitária, tendo pela primeira vez sido criada a cartografia desta reserva natural.

Relativamente ao estudo das características dos solos, pode concluir-se que os solos da reserva se dividem em duas tipologias, os aluvionares e os depósitos de vertentes associadas ao rio Tejo. O conjunto de amostragens utilizado neste trabalho não permitiu determinar com exactidão o nível de poluição dos solos. No entanto, será adequado referir que o ponto 1 apresenta valores de condutividade superiores aos das restantes amostras, resultante do alagamento permanente e eventual contaminação pela Vala das Cordas. Importante será evidenciar que o *Narcissus fernandesii*, com interesse conservacional, poderá ser introduzido nas várias zonas assinaladas como terraços, embora seja necessário verificar os restantes fatores condicionantes (por exemplo luz, sombreamento, orientação e associação vegetal).

Os valores obtidos para a abundância e diversidade dos macroinvertebrados bentónicos em todos os locais estudados comportam-se paralelamente às análises químicas efetuadas. Sabendo que os bioindicadores representam a qualidade da água em contínuo (mesmo nos períodos inter-amostragens), os resultados obtidos permitem concluir que os valores dos parâmetros físico-químicos não variam significativamente entre as recolhas. No regime lótico o índice BMWP' classificou o estado da água como "Crítica" no início do estudo, passando para "Muito Crítica" durante o restante período de análise. No regime lêntico este índice classifica também o estado da água como "Muito Crítica". No geral, a abundância e diversidade diminuíram ao longo do estudo, predominando os organismos resistentes à poluição, facto muito evidente pela esmagadora abundância da família *chironomidae*. Segundo os resultados, a qualidade das águas é pobre, o que indica a existência de um ecossistema frágil e debilitado, a nível da comunidade bentónica.

Com os resultados obtidos nas análises físico-químicas no período temporal de um ano, verificou-se que as águas apresentam qualidade crítica. Dos seis pontos de recolha, os pontos mais críticos correspondem ao da Vala das Cordas (ponto 5) e a Vala da Sangria (ponto 3), talvez por influência direta de efluentes nelas descarregados a montante da reserva. Propõem-se como fatores explicativos da variação encontrada para a qualidade da água, em primeiro lugar, a variável geográfica condicionada pelo parâmetro poluição e, em segundo lugar, a sazonalidade.

Conclui-se que é necessária uma maior sensibilização ambiental para a área da reserva e sua envolvente, para que se possa melhorar a qualidade das águas e, por sua vez, preservar os ecossistemas naturais e a biodiversidade.

Bibliografia/ Webgrafia

- Abelho, Manuela; <http://www.esac.pt/abelho/MicroAmbiental/protocolo%203.pdf>, 2010;
- AFN- www.afn.pt, Abril/2012;
- Aguiar, Ana. Produção Integrada. Sociedade Portuguesa de Inovação, 2005;
- Alba-Tercedor J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV SIAGA, Almeria, vol. II: 203-213, 1996;
- ALLAN, J. D. Landscapes and rivers capes: The influence of land use on stream ecosystems; Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, v. 35, p. 257-284, 2004;
- Ambiente Brasil, 2010,
http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/qualidade_da_agua_e_os_bio_indicadores.html, 01 de Setembro de 2012;
- Antunes, Maria Jorge Ferreira. Plano de Voo Apoiado em Sistemas de Informação Geografica. Universidade de Lisboa, 2008;
- Baptista, Cecília; “Manual prático das aulas de Bioquímica”; Instituto Politécnico de Tomar; Tomar; 2010;
- Barbara H. Stuart, Analytical Techniques in Materials Conservation, Department of Chemistry, Materials and Forensic Sciences, John Wiley & Sons, Ltd, 2007;
- Callisto, M.; Goulart, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Revista da FAPAM, 2003;
- Caracterização da Comunidade de Macroinvertebrados Bentónicos do Estuário do Rio Minho – Sua Relação com a Distribuição de Poluentes no Sedimento. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2007;
- Chang Raymond, Química 8ª edição, Mc Graw Hill, 2004;
- DRE- www.dre.pt, Abril/2012;
- Fernandes, Sérgio Alexandre Simões. Sistemas de Informação Geográfica na Gestão de Campo de Golfe. Universidade Nova de Lisboa 2007;

Ferreira, M.T., Aguiar, F., Albuquerque, A., Rodríguez-González, P. Avaliação da Qualidade Ecológica das águas interiores portuguesas com base no elemento biológico macrófitos. Relatório Final, 2007;

Ferreira, M.T., Aguiar, F., Albuquerque, A., Rodríguez-González, P. Avaliação da Qualidade Ecológica das águas interiores portuguesas com base no elemento biológico macrófitos. Relatório Final, 2007;

Gaspar, Vítor M. F. Maria-João Benquerença, N. F. C. Mendes, E. Castellucci and Francisco P. S. C. Gil, Micro-Raman spectroscopy analysis of 16th century Portuguese Ferreirim Masters oil paintings, 2009;

Gonçalves, M.L.S.S., Métodos Instrumentais para Análise de Soluções, Fundação Calouste Gulbenkian, 4ª Edição, Lisboa 2001;

Greenberg, Arnold E.; Clesceri, Leonore S.; Eaton, Andrew D.; “Standard Methods “for the examination of Water and Wastewater”; 18ª ed.; Washington 1992 ;

Hachet, Henri; Bournaud, Michael; Richoux, Philippe; “Introduction à l’étude de Macroinvertébrés des eaux douces”; Ministère de l’Environnement (Comité Eaux); 1980

Hauer, F.R. & Lambert, G.A. Methods in Stream Ecology. Academic Press Inc., California, 1996;

Hauer, F.R. & Lambert, G.A. Methods in Stream Ecology. Academic Press Inc., California, 1996;

HELLAWELL, J. M. Biological surveillance of rivers: A biological monitoring handbook. Water Research Center, Stevenage Laboratory, Elder Way, Herts. England, 332 pp., 1978;

HELLAWELL, J. M. Biological surveillance of rivers: A biological monitoring handbook. Water Research Center, Stevenage Laboratory, Elder Way, Herts. England, 332 pp., 1978;

<http://pt.scribd.com/doc/47348409/DETERMINACAO-DE-FOSFATOS-EM-AGUA-Quimica-UTFPR-2010>;

<http://www.3.bp.blogspot.com>, Agosto 2012;

<http://www.animaispt.blogs.sapo.com> , Julho 2012;

<http://www.arquivosdoinsolito.blogspot.com>, Setembro 2012;

<http://www.bastos.blogspot.com>, Julho 2012;

<http://www.blogdareginalucia.blogspot.com>, Setembro 2012;

<http://www.ecofoto-acoeres.blogspot.com>, Julho 2012;

<http://www.esoterismo-kiberblogs.sapo.pt>, Agosto 2012;

<http://www.flickr.com> , Junho 2012;

<http://www.flickrriver.com> , Julho 2012;

<http://www.naturlink.sapo.pt>, Junho 2012;

<http://www.olhares.sapo.pt>, Agosto 2012;

Ianoul, A., Coleman T. and Sanford A. UV Resonance Raman Spectroscopic Detection of Nitrate and Nitrite in Wastewater Treatment Processes, *Anal. Chem.*, 74, 1458-1461, 2002;

ICNF- www.icnf.pt, Abril/2012;

INAG, I. P. Tipologia de rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água. I - Caracterização abiótica. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P., 2008;

Instituto da Água – Manual para avaliação Biológica da Qualidade de Água em sistemas fluviais segundo a Diretiva Quadro da Água Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional; 2008;

Julião, Rui Pedro. Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional. Universidade Nova de Lisboa, 2001;

Kiely, Gerard ; “Ingenieria Ambiental”; McGraw-Hill; Madrid; 1999;

Lajo, Alexandre Augusto Moreira; Ferreira, Luiz Mário; Silva, Osvaldo José; Ide, Carlos Nobuyoshi; Roche, Kennedy Francis. Biomonitoramento da Qualidade das Águas do Córrego Prosa (MS/Brasil) com uso de Macroinvertebrados;

LOYOLA, R. G. N.; BRUNKOW, R. F. Monitoramento da qualidade das águas de efluentes da margem esquerda do Reservatório de Itaipu, Paraná, Brasil, através da análise combinada de variáveis físico-químicas, bacteriológicas e de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores - Curitiba, IAP. Relatório Técnico Não Publicado, 39p., 1998;

Marques, C.T., Avelino, A.J. e Santana, M.S., O Campo – Apontamentos para a sua toponomia própria, 7-10p. 1998;

Matos, João. Fundamentos de Informação Geográfica. Lidel-Edições Técnicas, Lda. 6ª edição 2008;

Minho; Laboratórios de Tecnologia Ambientais; Minho; 2007/2008;

- MINITAB, software de análise estatística de dados, ;
- N.Q. Dao, M. Daudon (Eds.), *Infrared and Raman Spectra of Calculi*, Elsevier, Paris, 1997.
- Naturlink- www.naturlink.sapo.pt, Maio/2012;
- NIXON, S.C., MAINSTONE, C.P., INVERSEN, T.M., KRISTENSEN, P., JEPPESEN, E., FRIBERG, N., PAPATHANASSIOU, E., JENSEN, A., PEDENSEN, F. “The harmonized monitoring and classification of ecological quality of surface waters in the European union”. Bruxelas (Bélgica), Comissão Europeia , 1996;
- NP 4338-1 – Qualidade da água – Determinação de nitritos, 1996;
- Odum, Eugene P.; “Fundamentos de Ecologia”; Fundação Calouste Gulbenkian; 7ª, edição; Lisboa; 2004;
- Palma, Carlos; *Estudo dos Macroinvertebrados Aquáticos da Reserva Natural do Paul do Boquilobo – Uma Primeira Abordagem*, 2003;
- Passos, Frederico Jorge; Lyra, Castro Fernandes;
- Peixoto, João ; “Elementos de Engenharia do Ambiente - Aulas”; Universidade do PELCZAR/REID/CHAN, microbiologia volume II, 1981;
- Peixoto, Marta, *Qualidade Biológica da Água do Rio Cávado*, Dissertação de Mestrado em Hidrobiologia, 2008;
- Santana, J.L., Fanqueiro Calbéns e Barroes, *Revista Cisterna velha* nº1, 11-14p. , 1998;
- Santos, L., *Integrated Ecological Assessement of the Nabão River Hidrological Network by means Macroinvertebrates Biomonitoring*, PhD, Università degli Studi di Ferrara, 2008;
- Schrader, B. (Ed.). *Infrared and Raman spectroscopy: methods and applications*. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim u.a, 1995;
- SILVA, N. T. C. *Macroinvertebrados bentónicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na Bacia do Ribeirão Mestre d’Arma, DF*. Dissertação de mestrado, ECL – Mestrado em Ecologia., 2007;
- SINFIC [<http://www.sinfic.pt/sig/displayconteudo.do2?numero=34589>], Maio/2012;
- SNIRH-www.snirh.pt, Junho/2012;
- Sousa, J.P., *Métodos de Análise Multivariada em Ecologia*, Instituto do Ambiente e Vida - Universidade de Coimbra, 2005;

Tachet, Henri; Bournaud, Michel; et Richoux, Philippe- Introduction à L`etude des Macroinvertébrés des Eaux Douces, 1980;

Tachet, Henri; Bournaud, Michel; et Richoux, Philippe- Introduction à L`etude des Macroinvertébrés des Eaux Douces, 1980;

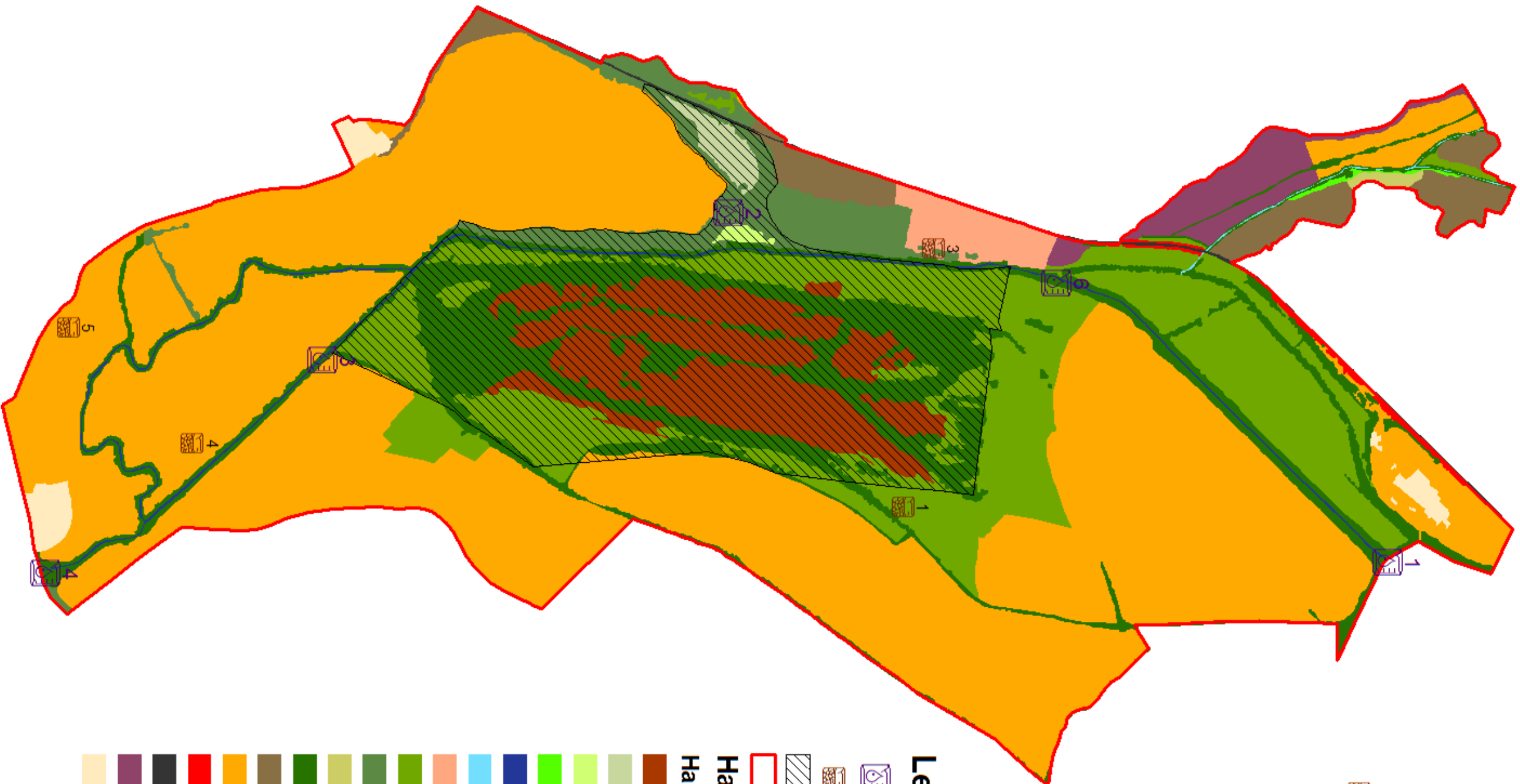
TATE, C. M.; HEINY, J. S. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwater Biology*,33: 439-454, 1995;

Telles, Gonçalo ribeiro, Fernando Pessoa; Portugal – Paisagens e Espaços Naturais; Clube Internacional do Livro; 1996.

TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. Theoretical basis for reservoir management. In *Theoretical reservoir ecology and its applications*.(Tundisi & M. Straskraba, eds.). International Institute of Ecology, São Carlos and Backhuys Publishers, AH Leiden, 1999;

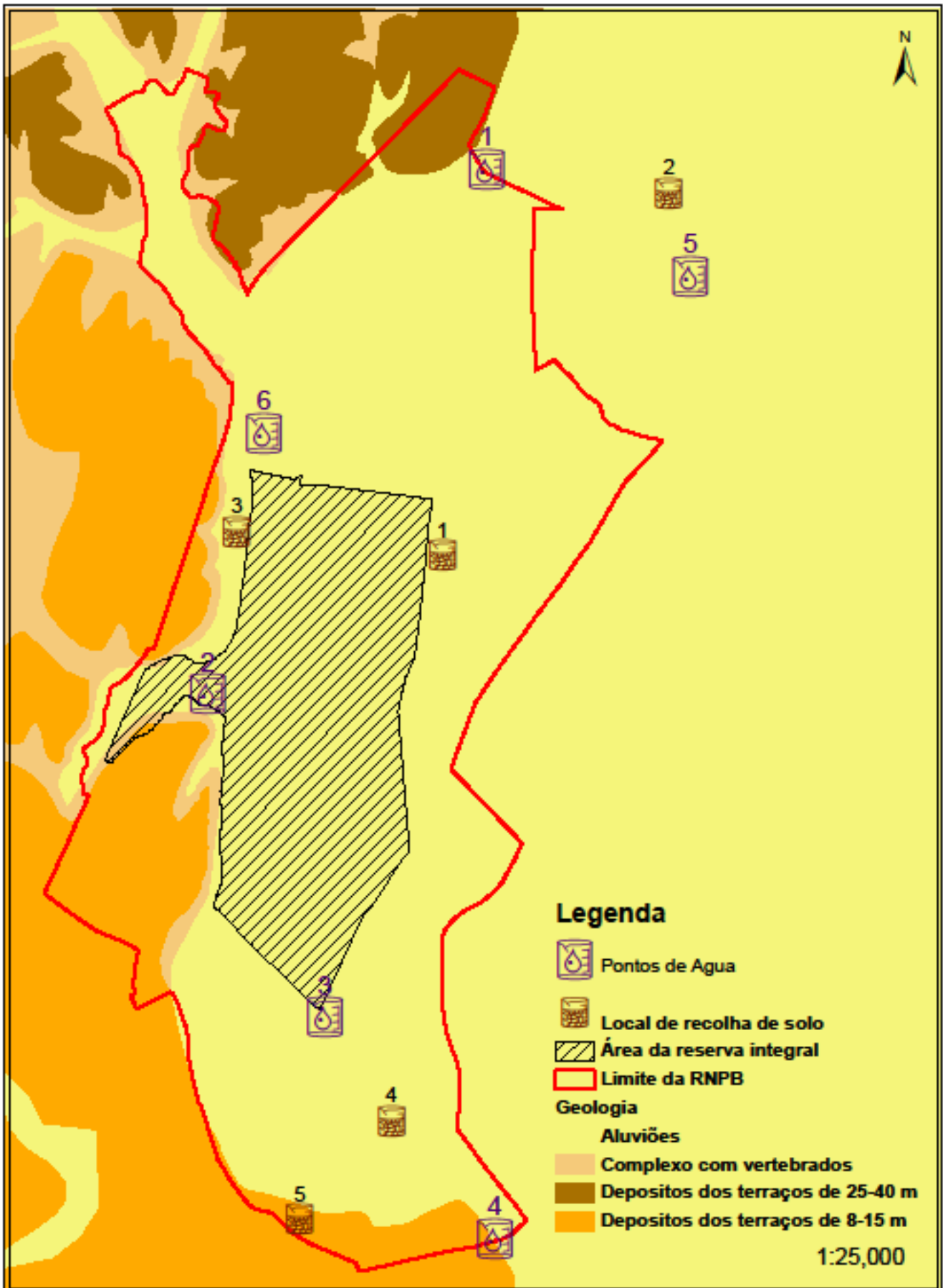
Anexo A
Cartografía ecológica

Habitats da RNPPB

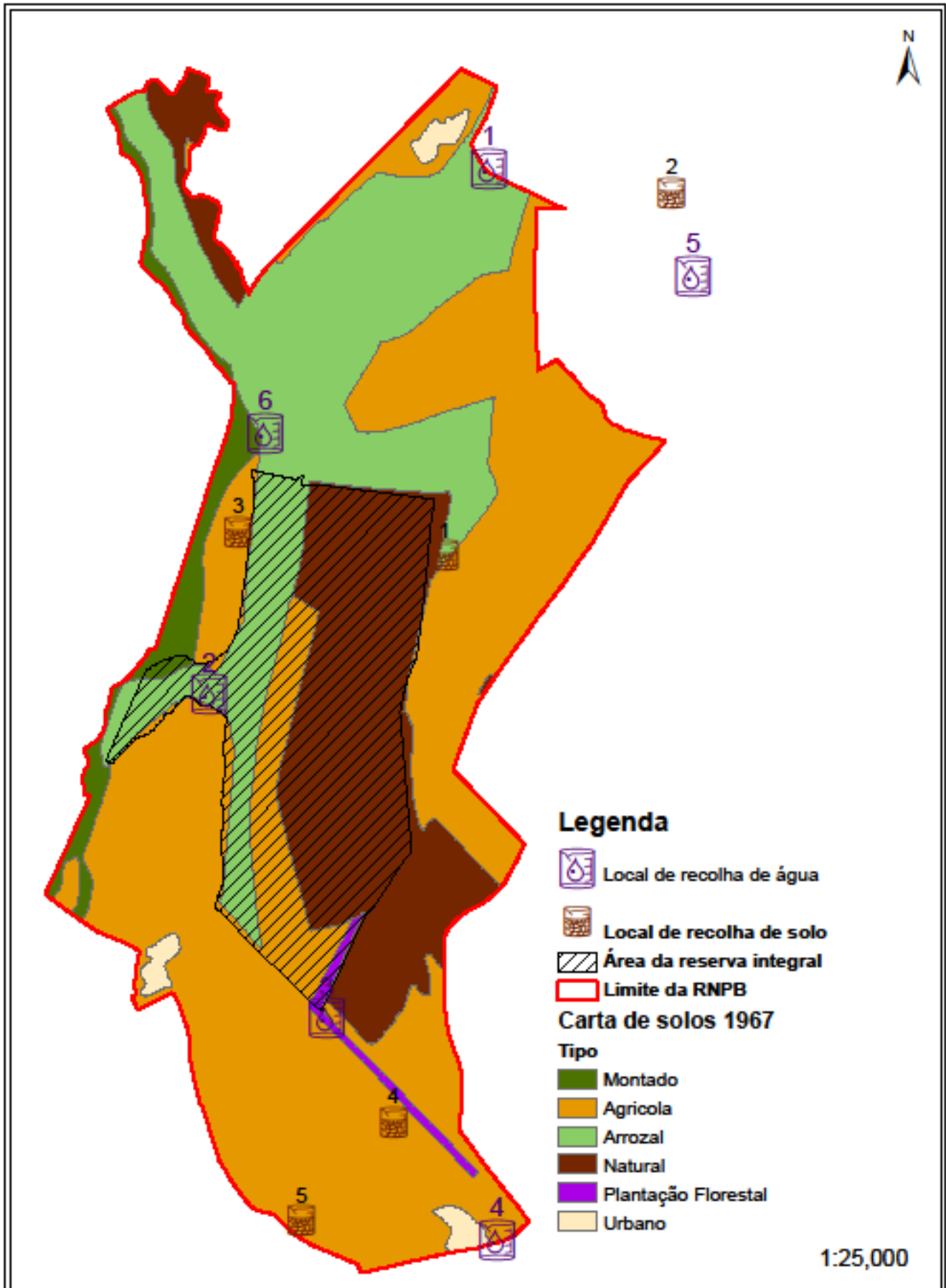


- Legenda**
- Local de recolha de águas
 - Local de recolha de solo
 - Área da Reserva Integral
 - Limite da RNPPB
 - Habitats RNPPB 2012**
 - Habitats**
 - 3130
 - 3150
 - 3150 Art
 - 3260
 - 3280
 - 3290
 - 6310
 - 6420
 - 91B0
 - 9240
 - 92A0
 - 9330
 - Agrícola
 - Arundo sp.
 - Caminho de ferro
 - Plantação Florestal
 - Urbano

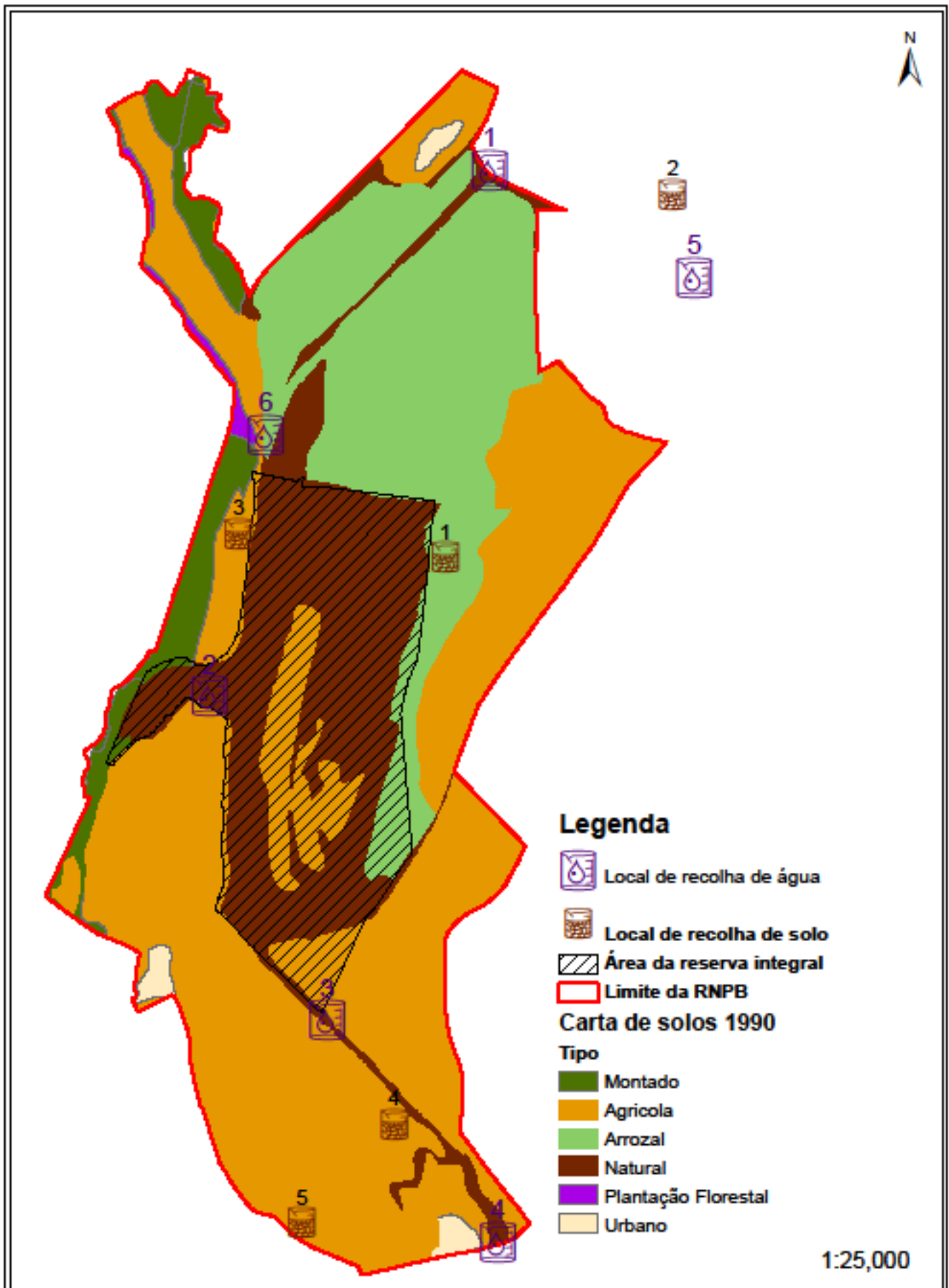
Carta geológica (1969)



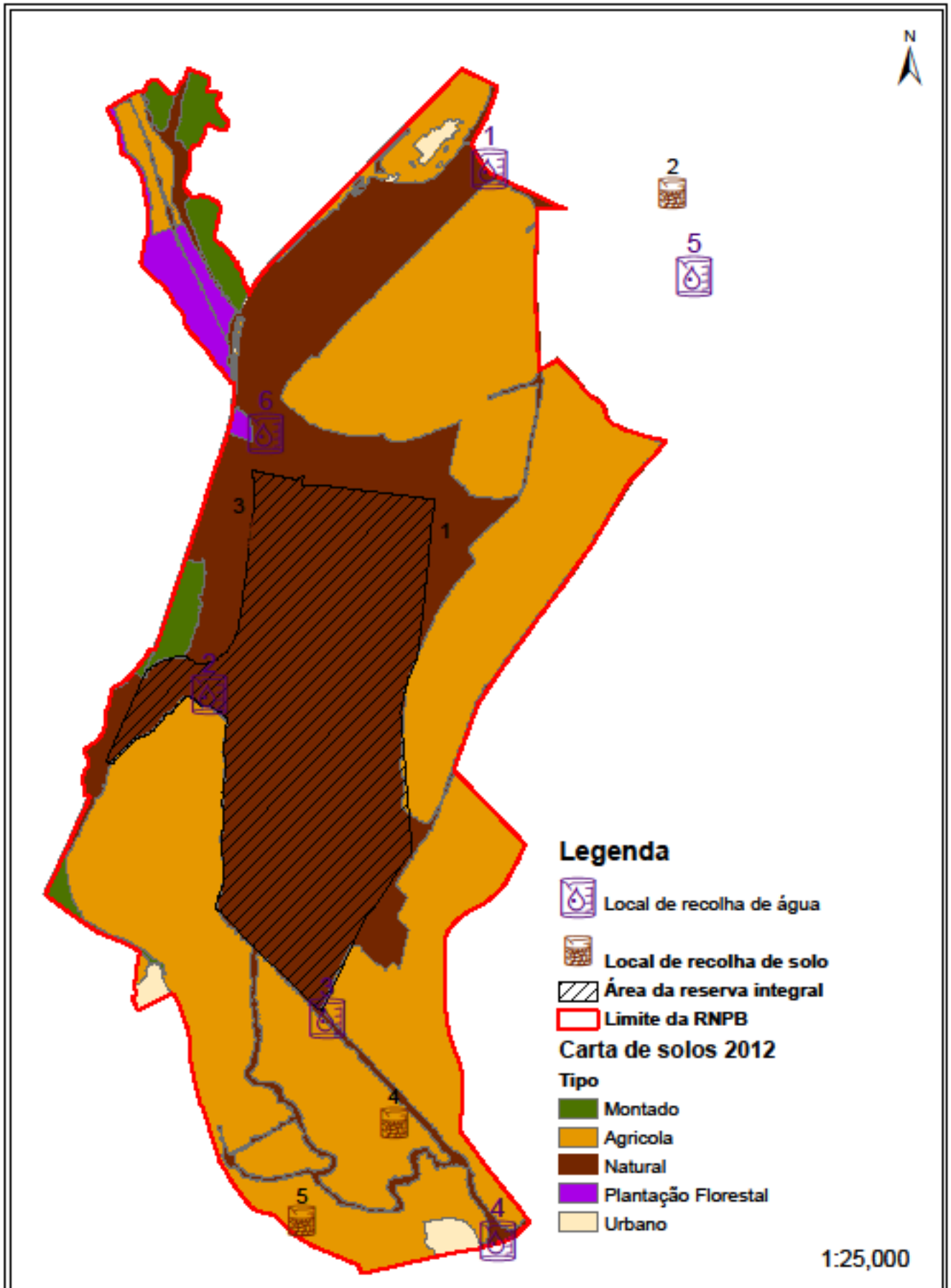
Carta de ocupação do solo (1967)



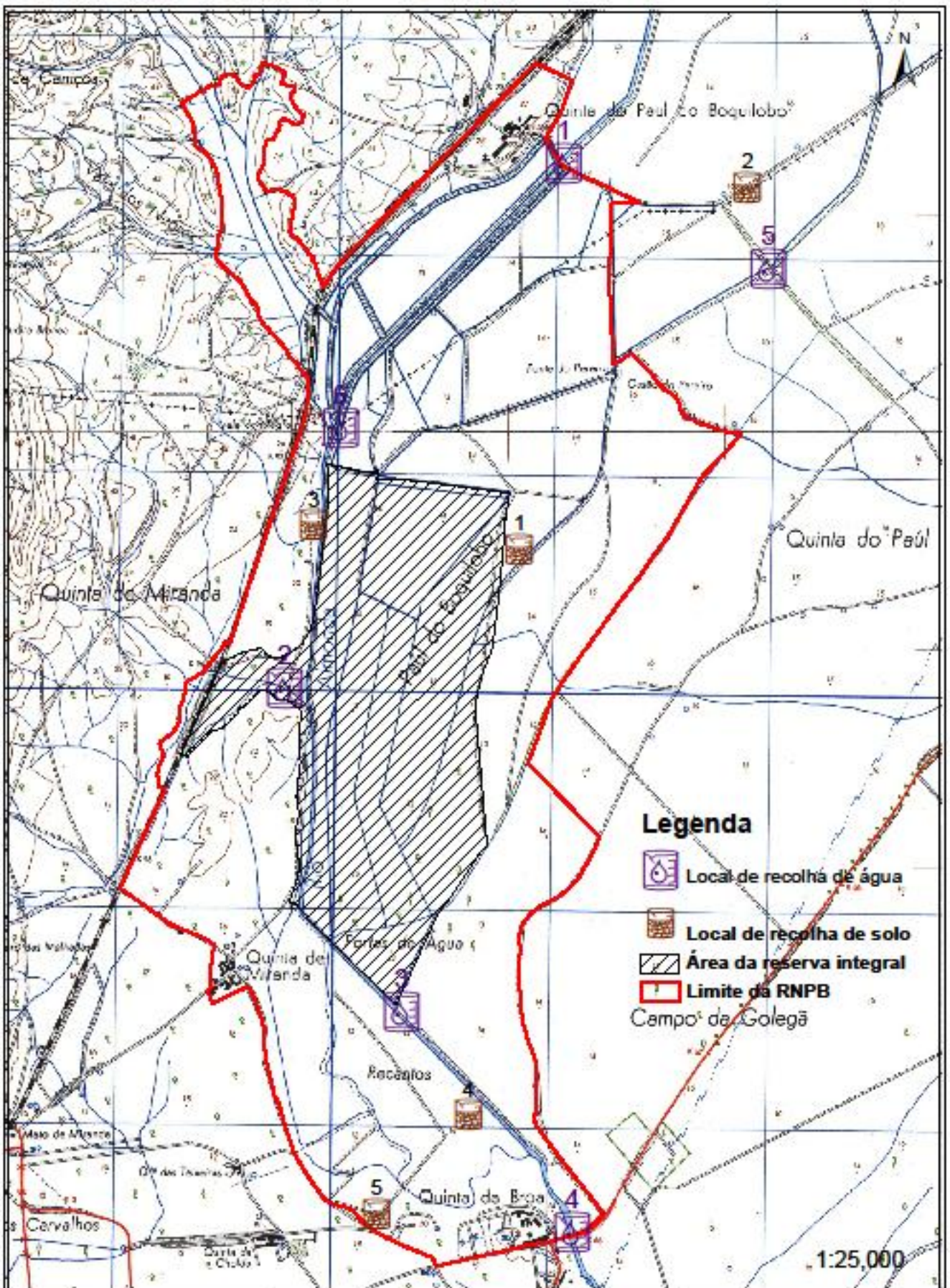
Carta de Ocupação do solo (1990)



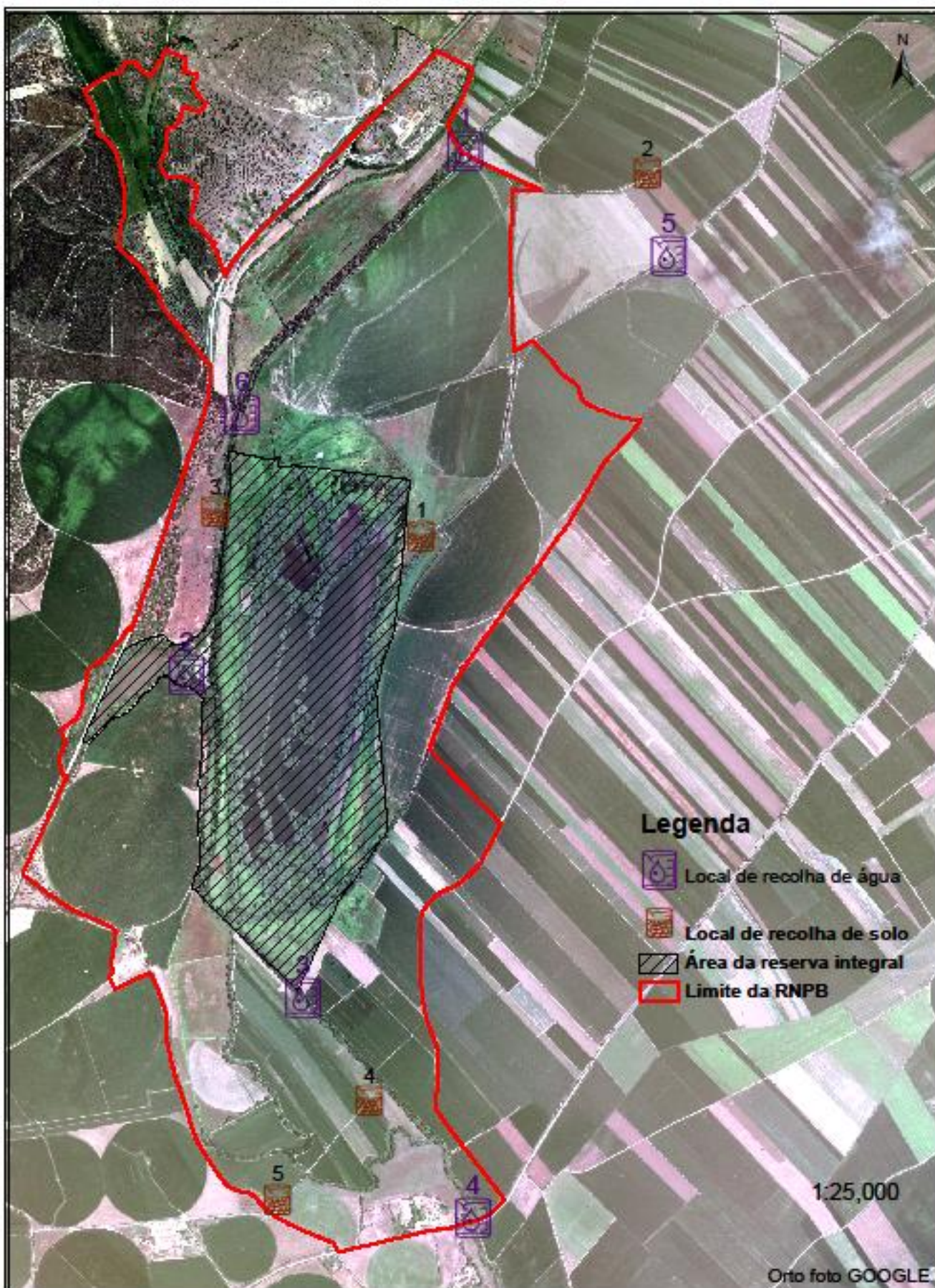
Carta de Ocupação do solo (2012)



Carta de locais de recolhas de água e solos



Orto foto da reserva 2012



Anexo B
Características dos Solos

Determinação dos fosfatos, potássio e azoto em amostras de solos

Fosfatos

Reagentes

- Bicarbonato de sódio (NaHCO_3);
- Hidróxido de sódio (NaOH);
- Ácido clorídrico (HCL);

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Agitador magnético

Técnica

- Pesar 42g de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) num balão volumétrico de 1000mL/ 1L, adicionar água destilada para perfazer volume 1L;
- Ajustar pH para 8,5 utilizando hidróxido de sódio a 50 % (NaOH), ou 0,5 N de ácido clorídrico (HCL);
- Adicionar algumas gotas de óleo mineral, para evitar o contacto com o ar;
- Armazenar num recipiente de polietileno, e verificar o pH da solução antes de usar e ajustar se necessário.

Procedimento de extracção

- Pesar 2,5 g de solo para um erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionar 50 ml de reagente de extracção, e agitar num agitador magnético durante 30m;
- Após agitar, filtrar de imediato e recolher o filtrado para a determinação da concentração de fosfato.

Potássio

Reagentes

- Água (H_2O).

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Agitador magnético

Técnica:

- Pesar 5 g de solo para um erlenmeyer de 50 mL;
- Adicionar 25 mL de água destilada e agitar num agitador magnético durante 30m;
- Deixar repousar durante 15 m, de modo a permitir, que a maioria do solo possa assentar no fundo do erlenmeyer;
- Filtrar de imediato o líquido, após a filtração recolher o filtrado para a determinação da concentração de potássio.

Azoto

Reagentes

- Cloreto de potássio (KCl).

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Agitador magnético

Técnica:

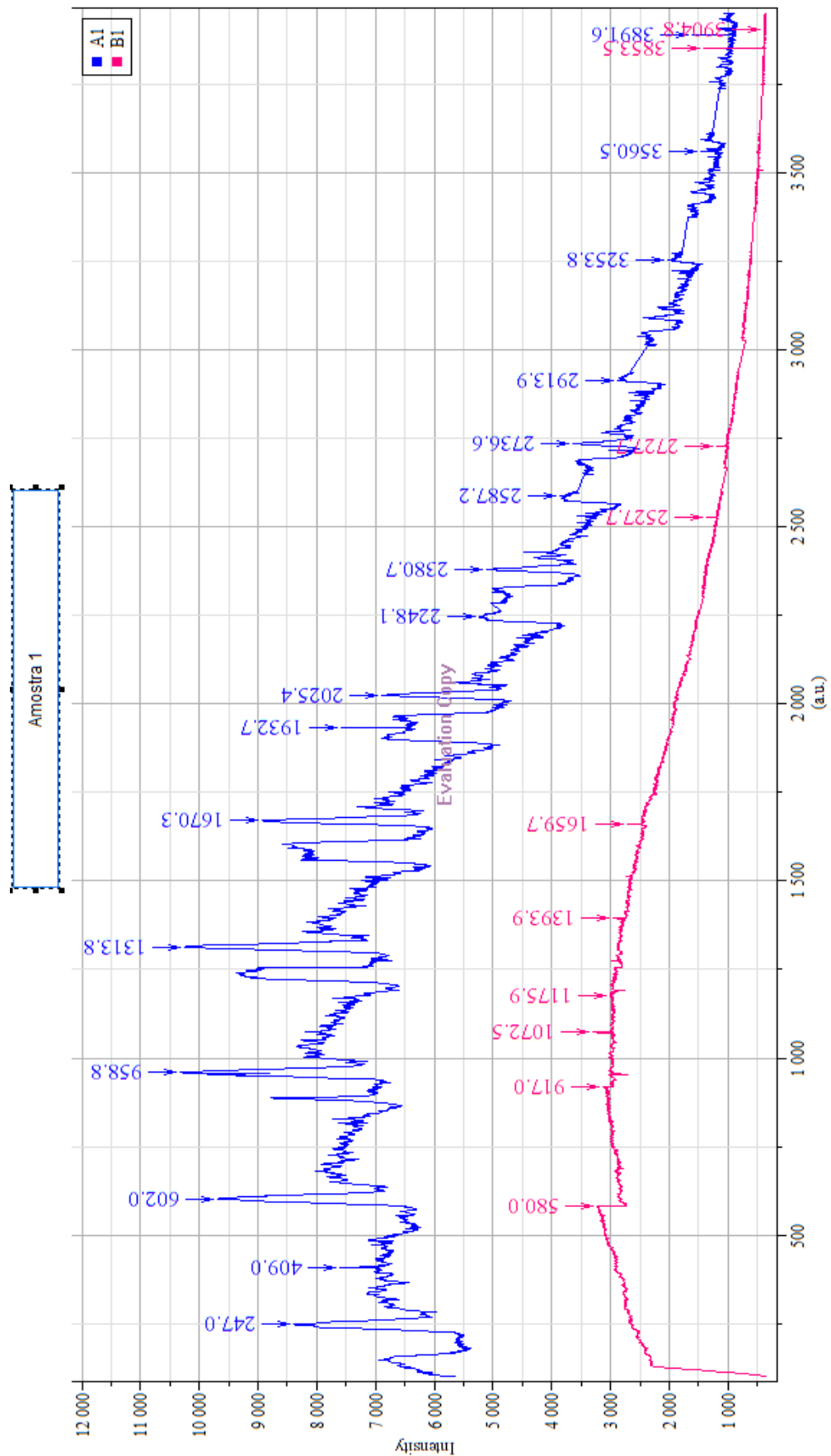
2M KCl

Pesar 150g de cloreto de potássio (KCl) num balão volumétrico de 1000 mL, perfazendo o volume com água destilada e homogeneizando a solução.

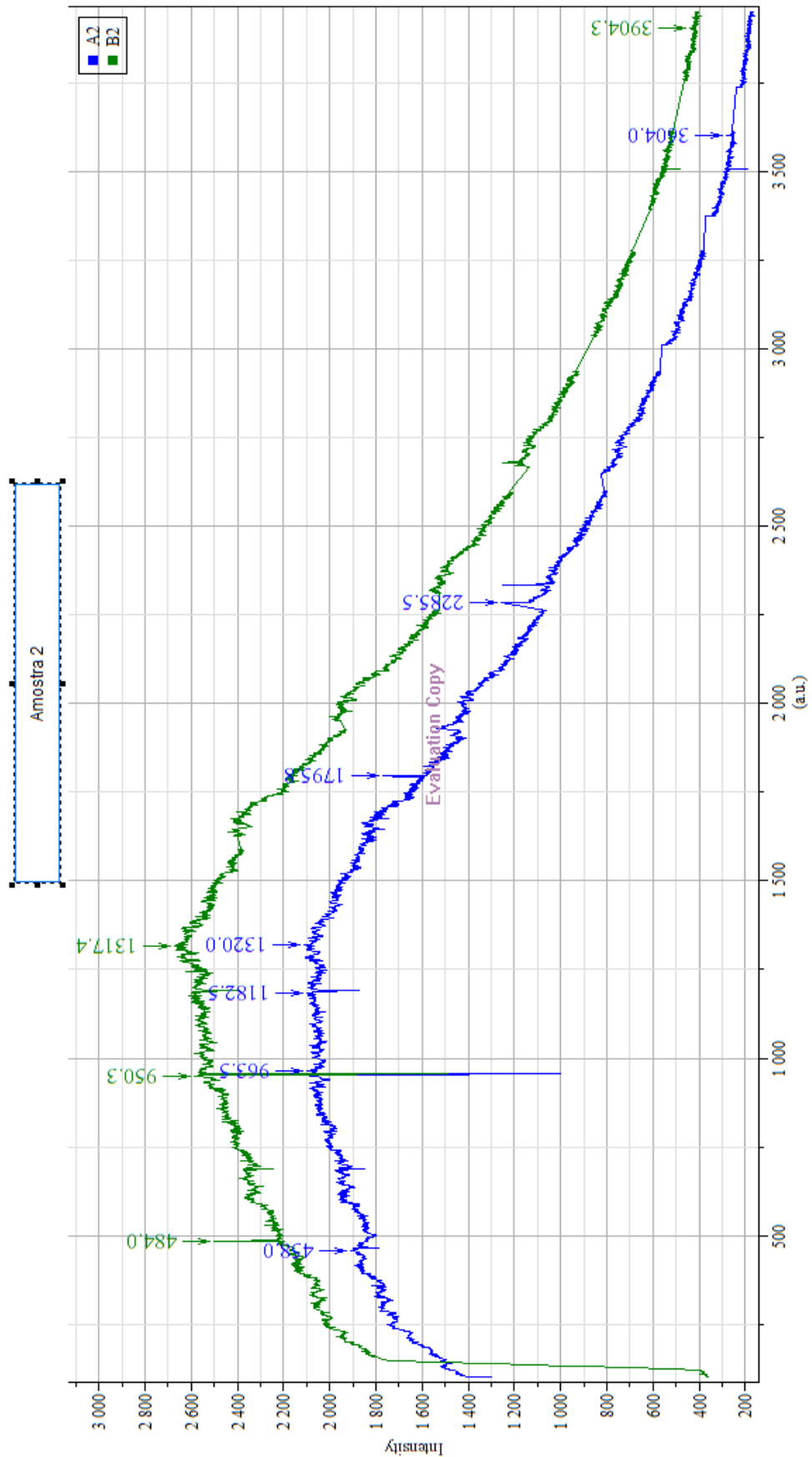
Procedimento de extracção

- Pesar 10 g de solo para um erlenmeyer de 125 mL;
- Adicionar 50 mL de reagente de extração e agitar num agitador magnético durante 15m;
- Filtrar de imediato o líquido, após a filtração recolher o filtrado para a determinação da concentração de azoto.

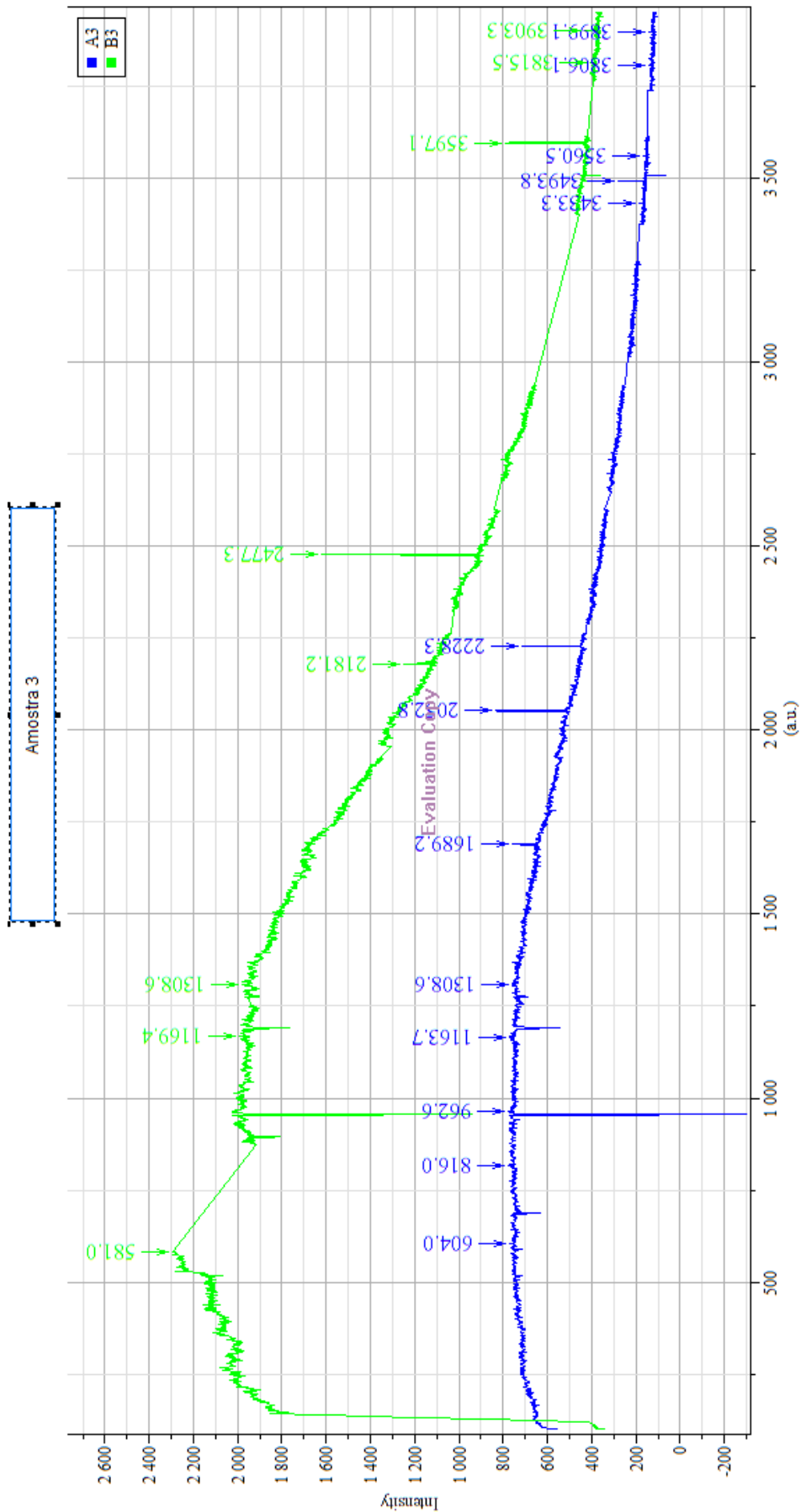
Espectros da amostra de solos do ponto 1 analisado segundo o espectroscopia Raman



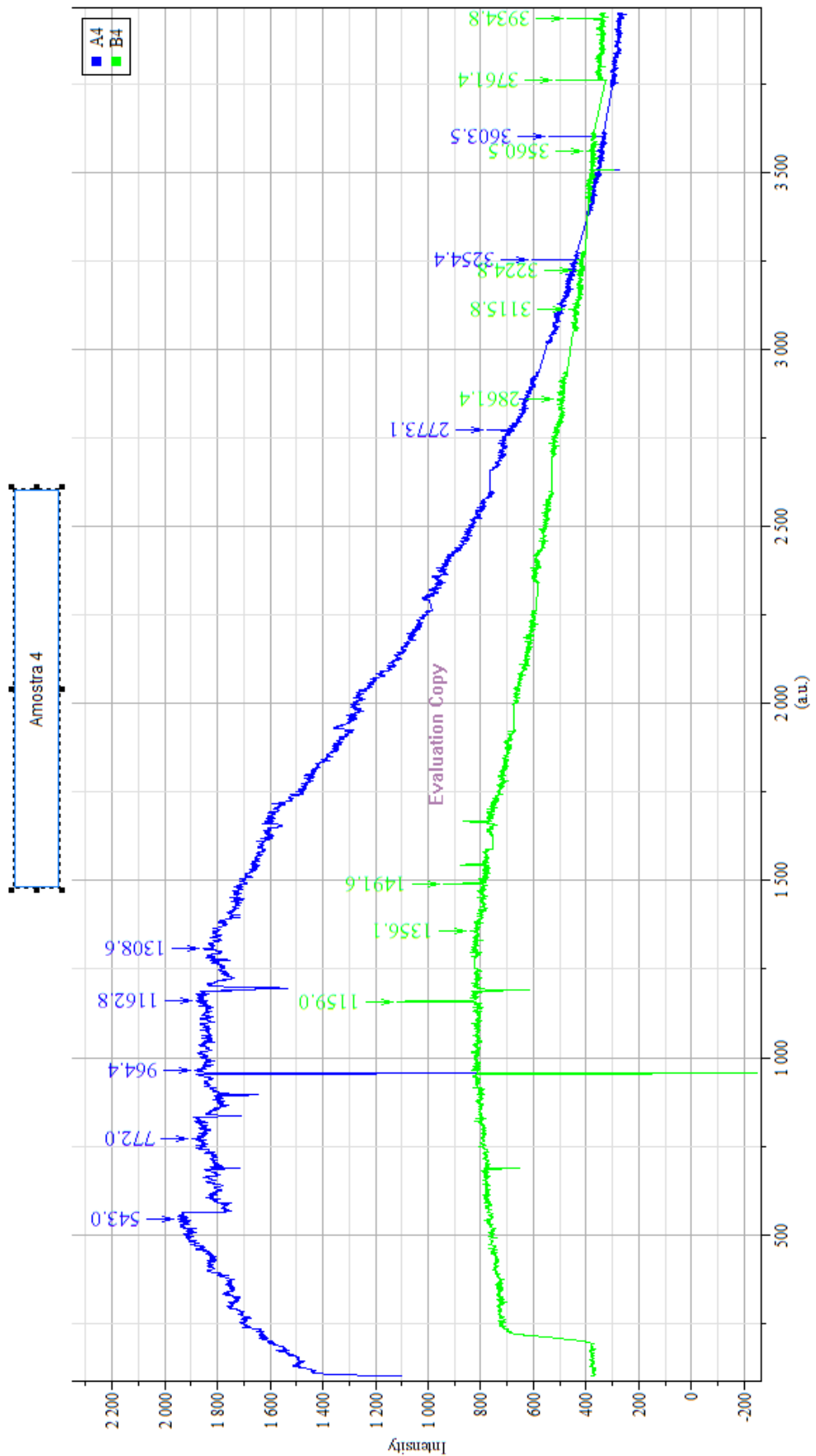
Espectros da amostra de solos do ponto 1 analisado segundo o espectroscopia Raman



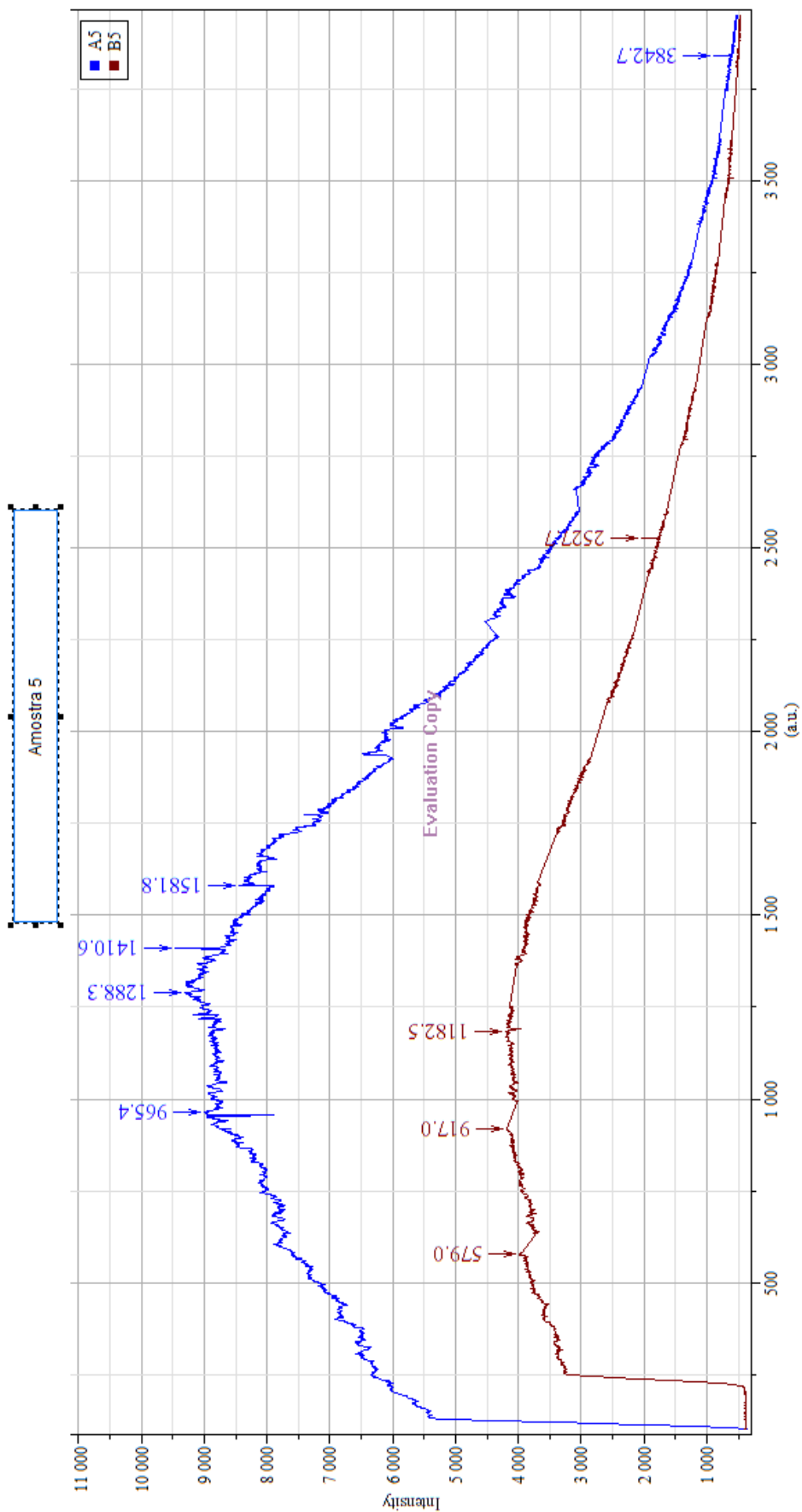
Espetros da amostra de solos do ponto 1 analisado segundo o espectroscopia Raman



Espetros da amostra de solos do ponto 1 analisado segundo o espectroscopia Raman



Espectros da amostra de solos do ponto 1 analisado segundo o espectroscopia Raman



Anexo C
Bioindicadores

Tabela anexo C 1: Método “BMWP” ” Granada, Espanha

Fonte: ALBA-TERCEDOR (1996).

Familia	Pontuação
Siphionuridae, Heptageniidae, leptophlebiidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Athercidae, Blepharicidae, Aphelocheiridae, Lepidostomidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossomatidae	8
Ephemerellidae, Prosopistamidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Ecnomidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Platycnimitidae, Coenagrionidae, Unionidae, Corphiidae, Gammaridae, Atyidae	6
Oligoneuridae, Polymitarcidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocolellidae, Dugesiiidae	5
Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Certopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Pisicolidae, Hidracarina	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, naucoridae, Pleidae, Veliidae, Nonectidae, Corixidae, Asellidae, Ostracoda, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Spharidae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae	3
Chironomidae, Ephydriidae, Culicidae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta (todos), syrphidae	1

Anexo D

Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

Procedimentos experimentais

Determinação do oxigénio dissolvido (Método de Winkler modificado pela azida de sódio)

Reagentes

- Sulfato de Manganês;
- Iodeto Alcalino com Azida de Sódio;
- Solução de amido;
- Ácido Sulfúrico concentrado;
- Tiosulfato de Sódio 0,025N;

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Frascos de Winkler;

Técnica

-Encher na totalidade um frasco de Winkler com volume conhecido, com uma amostra de água a analisar até deitar fora;

-Retirar as bolhas e o excesso de amostra e fechar o frasco com a respetiva tampa;

-Inserir com uma pipeta, mergulhando-a até ao fundo do frasco, retirando-a lentamente:

- 1 mL de solução de Sulfato de Manganês (II) ;
- 1 mL de Iodeto Alcalino com Azida de Sódio;

Tapar o frasco e inverte-lo várias vezes para homogeneizar, deixando sedimentar o precipitado até que este se encontre pelo menos na metade inferior do frasco.

- 1 mL de Ácido Sulfúrico concentrado;

-Tapar e inverter o frasco várias vezes para que o precipitado se dissolva, bem como para homogeneizar a solução;

-Verter todo o conteúdo do frasco de Winkler para dentro de um erlenmeyer de 500 mL.

-Titular com a solução de tiosulfato de sódio 0,025 M até coloração amarelo-palha;

-Adicionar algumas gotas de cozimento de amido e continuar a titulação até que ocorra o desaparecimento total da cor azul.

Aferição da solução de tiosulfato de sódio 0,025 N

Esta solução é titulada com uma solução padrão de dicromato de potássio 0,025, do seguinte modo:

- Dissolver aproximadamente 2g de iodeto de potássio isento de iodato em 100-150 mL de água destilada num erlenmeyer de 500 mL.
- Adicionar 10 mL de solução de ácido sulfúrico a 10%.
- Inserir com uma pipeta 20 mL da solução padrão de dicromato de potássio.
- Agitar e colocar 5 minutos ao abrigo da luz.
- Diluir aproximadamente para 400 mL e titular com tiosulfato de sódio 0,025 N até ficar com a cor amarelo-palha.
- Adicionar cerca 2 a 4 mL de cozimento de amido.
- Continuar a adição de tiosulfato de sódio até desaparecimento da cor azul.

Nota: o volume de água analisada corresponde ao volume do frasco de Winkler menos 2 mL.

Cálculos:

$$[\text{Tiosulfato de sódio}] = \frac{[\text{dicromato de potássio}] \times \text{volume de dicromato de potássio}}{\text{volume gasto na aferição}}$$

$$[\text{Tiosulfato de sódio}] = \frac{0,025 \times 20 \text{ mL}}{20,33}$$

$$[\text{Tiosulfato de sódio}] = 0,0246$$

$$OD = \frac{[\text{Tiosulfato de sódio}] \times \text{volume gasto na titulação} \times 8000}{\text{Volume da amostra}}$$

O valor do OD é expresso em mg / L.

Exemplo de cálculo:

(Recolha 2, ponto 1)

[Tiosulfato de sódio] = 0,0246

Volume gasto na titulação = 4,78

Volume da amostra = 287,6

$$OD = \frac{0,0246 \times 4,78 \times 8000}{287,6}$$

$OD = 3,27 \text{ mg / L.}$

Determinação da Carência Química de Oxigênio (CQO)

Reagentes

- Sulfato de Mercúrio;
- Solução padrão de Dicromato de Potássio 0,25N;
- Solução padrão de Sulfato de Ferroso Amoniacal 0,125N;
- Permanganato de potássio;
- Reagente de ácido Sulfúrico;
- Solução indicadora de Ferroína.

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Balança técnica METTLER TOLEDO SB 16002;
- Tubo cilíndrico adaptável ao Termo-reactor;
- Termo-reactor VELP-ECO6.

Técnica

Digestão:

-Pesar 0,4g de Sulfato de Mercúrio;

-Colocar o Sulfato de Mercúrio pesado num tubo do reactor/digestor (adaptável ao termo-reactor), e adicionar os seguintes volumes pela seguinte ordem:

- 10 mL de solução padrão de Dicromato de Potássio 0,25N;
- 30 mL de Reagente de ácido Sulfúrico;
- 20 mL da amostra a analisar;

-Quando todos os reagentes estiverem no tubo de ensaio adicionar cerca de 6 pérolas de vidro (após terem sido lavadas com permanganato de potássio);

-Preparar em ensaio em branco, substituindo a amostra a analisar pela água destilada (20mL);

-Depois de tudo estar adicionado, coloca-se o condensador no tubo e levar ao Termo-reactor/digestor, liga-lo e programa-lo para 150° C durante 120 minutos;

-No fim da digestão estar completa, deixar o tubo arrefecer;

Notas:

1º Pode haver formação de um precipitado após a adição dos reagentes, o que não irá interferir com os resultados.

2º Ao preparar o ensaio em branco, substituindo a amostra por água destilada na mesma quantidade, este tubo pode apresentar uma ebulição mais violenta que os restantes.

Titulação:

-Transferir o conteúdo do tubo para um erlenmeyer de fundo largo e lavar o tubo, 3 a 4 vezes com cerca de 15mL de água destilada;

-Adicionar as águas de lavagem ao erlenmeyer;

-Adicionar 6 gotas de Solução indicadora de Ferroína;

-Titular o excesso de Dicromato de Potássio com a solução de Sulfato Ferroso Amoniacal 0,125N;

-O ponto de viragem é indicado pela mudança da cor amarelo-esverdeado para castanho-arroxado.

Aferição da solução de Sulfato Ferroso Amoniacal 0,125N

-Diluir 10mL de solução padrão de Dicromato de potássio a 0,25N até cerca 100 mL com água destilada.

-Adicionar 30 mL de ácido sulfúrico concentrado;

-Deixar arrefecer a solução;

-Depois de a solução se encontrar morna ou fria, preferencialmente, adicionar cerca de 6 gotas de Ferroína;

-Titular o excesso de Dicromato de Potássio com a solução de Sulfato Ferroso Amoniacal 0,125N;

-O ponto de viragem é indicado pela mudança da cor amarelo-esverdeado para castanho-arroxado

Cálculos:

Para calcular a normalidade da aferição da solução de sulfato ferroso amoniacal, usa-se a seguinte expressão:

$$N = \frac{2,5}{V_1}$$

Onde V_1 é o volume gasto de sulfato ferroso amoniacal (mL) no fim da titulação.

No que diz respeito ao valor de CQO é determinado da seguinte forma:

$$CQO = \frac{(V. \text{gasto na titulação do branco} - V. \text{gasto na titulação da amostra}) \times [\text{sulfato ferroso}] \times 8000}{\text{Volume da amostra}}$$

O valor do CQO é expresso em $\text{mg O}_2/\text{L}$.

Exemplo de cálculo:

(Recolha 2, ponto 1)

Volume gasto de sulfato ferroso amoniacal gasto na aferição = 20,6 mL

Volume gasto na titulação do ensaio em branco = 20,45 mL

Volume gasto na titulação da amostra= 19,5 mL

Volume da amostra= 20 mL

$$N = \frac{2,5}{20,6} = 0,1214$$

$$CQO = \frac{(20,45 - 19,5) \times 0,1214 \times 8000}{20}$$

$$CQO = 46,12 \text{ mg/L}$$

Determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)

Reagentes

- Sulfato de Magnésio;
- Sulfato de Manganês;
- Cloreto de Cálcio;
- Cloreto de Ferro;
- Iodeto Alcalino com Azida de Sódio;
- Solução tampão de fosfato;
- Solução de amido;
- Ácido Sulfúrico concentrado;
- Tiosulfato de Sódio 0,025M;
- Hidróxido de Sódio.

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Micro Ph 2000, Crison;
- Frascos de Winkler transparentes;
- Frascos de Winkler opacos.

Técnica

Preparação da água de diluição- Método das diluições:

-Medir cerca de 10L de água destilada para dois garrafões, com aproximadamente 5L cada, e de seguida arejá-la utilizando um compressor até esta se encontrar quase saturada.

-Para cada litro de água adicionar pela seguinte ordem:

- 1 mL Tampão Fosfato;
- 1 mL Sulfato de Magnésio;
- 1 mL Cloreto de Cálcio;
- 1 mL Cloreto de ferro;

-Saturar com oxigénio por incorporação de ar sob pressão;

-Acertar o pH da água de diluição com tampão fosfato, de modo a este fique compreendido entre 6,5 e 7,5. Se o pH, não estiver dentro destes valores, proceder à sua neutralização com hidróxido de sódio ou ácido sulfúrico;

As diluições são preparadas em provetas graduadas, transferindo de seguida as águas para 2 frascos de Winkler:

-Transferir, evitando a entrada de ar, a água de diluição até aproximadamente metade da capacidade da proveta graduada;

-Juntar a quantidade de água calculada a analisar e agitar bem;

-Transferir a mistura obtida para dois frascos de Winkler (um opaco e outro transparente);

-Determinar o ODi no frasco transparente;

-Incubar os restantes frascos de Winkler durante 5 dias a 20°C para se calcular o ODf posteriormente;

Determinação do Oxigénio Dissolvido pelo método de Winkler com modificação pela azida de Sódio:

- Encher na totalidade um frasco de Winkler com volume conhecido com uma amostra de água a analisar até transbordar;
- Retirar as bolhas e o excesso de amostra e fechar o frasco com a respectiva tampa;
- Introduzir com uma pipeta, mergulhando-a no fundo do frasco, retirando-a lentamente:
 - 1 mL de solução de Sulfato de Manganês (II) ;
 - 1 mL de Iodeto Alcalino com Azida de Sódio;
- Tapar o frasco e inverte-lo várias vezes para homogeneizar, deixando sedimentar o precipitado até que este se encontre pelo menos na metade inferior do frasco.
 - 1 mL de Ácido Sulfúrico concentrado;
- Tapar e inverter o frasco várias vezes para que o precipitado se dissolva, bem como para homogeneizar a solução;
- Verter todo o conteúdo do frasco de Winkler para dentro de um erlenmeyer de 500 mL.
- Titular com a solução de tiosulfato de sódio 0,025 M até coloração amarelo-palha;
- Adicionar algumas gotas de cozimento de amido e continuar a titulação até que ocorra o desaparecimento exato da cor azul.

Teste de qualidade da Água de Diluição- Ensaio em branco

É necessário fazer um ensaio em branco da água de diluição de modo a testar a sua qualidade e a limpeza dos frascos utilizados, sendo o ensaio feito da seguinte forma:

- Encher dois frascos de Winkler (um opaco e outro transparente) com água de diluição;
 - Determinar o ODi (oxigénio dissolvido inicial) do frasco transparente e levar o outro a incubar, da mesma forma que os restantes ensaios durante cinco dias a 20°C;
 - Após o período de incubação proceder à determinação do ODf (oxigénio dissolvido final), pelo método de Winkler com modificação pela azida de sódio
- Nota:** O diferencial de OD não deve ultrapassar 0,2 mg/L.

Cálculos:

$$ODi = \frac{[Tiosulfato\ de\ s\acute{o}dio]\ inicial \times volume\ gasto\ na\ titula\c{c}\tilde{a}o \times 8000}{Volume\ da\ amostra}$$

$$ODf = \frac{[Tiosulfato\ de\ s\acute{o}dio]\ final \times volume\ gasto\ na\ titula\c{c}\tilde{a}o \times 8000}{Volume\ da\ amostra}$$

$$CBO5 = \frac{ODi - ODf}{Dilui\c{c}\tilde{a}o}$$

Exemplo de cálculo:

$$[Tiosulfato\ de\ s\acute{o}dio] = \frac{[dicromato\ de\ pot\acute{a}ssio] \times volume\ de\ dicromato\ de\ pot\acute{a}ssio}{volume\ gasto\ na\ aferi\c{c}\tilde{a}o}$$

$$[Tiosulfato\ de\ s\acute{o}dio] = \frac{0,025 \times 20\ mL}{22,33}$$

$$[Tiosulfato\ de\ s\acute{o}dio] = 0,0246$$

(Recolha 2, ponto 1)**[Tiosulfato de sódio] inicial = 0,0246****(Volume gasto na titulação) inicial = 13,4****Volume da amostra = 274,16**

$$ODi = \frac{0,0246 \times 13,4 \times 8000}{274,16}$$

$$ODi = 9,62$$

[Tiosulfato de sódio] final = 0,0249**(Volume gasto na titulação) final = 12,46****Volume da amostra = 287,3**

$$ODf = \frac{0,0249 \times 12,46 \times 8000}{287,3}$$

$$ODf = 8,64$$

CBO5

$$Diluição = \frac{4}{700}$$

$$CBO5 = \frac{ODI - ODF}{\left(\frac{4}{700}\right)}$$

$$CBO5 = \frac{9,62 - 8,64}{\left(\frac{4}{700}\right)}$$

$$CBO5 = 170,28 \text{ mg/L}$$

Determinação dos Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais

Material utilizado

- Estufa;
- Excicador;
- Bomba de vácuo;
- Balança analítica SCALTEC SBC31;
- Kitassato;
- Filtro standard de fibra de vidro;
- Funil;
- Material de vidro corrente.

Preparação do filtro de filtração

-Incinerar o filtro numa mufla a 500+/- 50°C durante 1h.

-Pesar o filtro na balança analítica.

Preparação da cápsula, do vidro de relógio e do cadinho

-Calcinar uma cápsula e um cadinho na mufla a 500+/- 50°C durante 1h.

- Secar um vidro de relógio numa estufa a 103-105°C durante 1h.
- Arrefecer os recipientes num excicador e pesá-los na balança analítica imediatamente antes de usar.

Análise da amostra

- Colocar o filtro no funil de filtração com a face rugosa voltada para cima;
- Pipetar 100mL da amostra homogeneizada para dentro do funil, aplicando vácuo;
- Lavar sucessivamente com 3 porções de 10ml de água destilada, deixando drenar a água completamente entre cada lavagem e continuar a sucção durante 3 minutos após completar a filtração;
- Transferir todo o volume filtrado (incluindo as águas de lavagem) para a cápsula e evaporar até à secura num banho termostaticado. Se o volume do filtrado exceder a capacidade da cápsula devem fazer-se adições sucessivas;
- Secar, durante pelo menos 1h numa estufa a 180+/-2° C;
- Arrefecer o filtro num excicador e pesar;
- Repetir o ciclo de secagem, arrefecimento e pesagem da cápsula até se atingir massa constante;
- Transferir o filtro de fibra de vidro para um vidro de relógio e secar na estufa a 103-105°C durante 1h;
- Arrefecer o filtro no excicador e pesar;
- Repetir o ciclo de pesagem, arrefecimento e pesagem do filtro até se atingir massa constante.

Cálculos:

Calcula-se, os sólidos dissolvidos totais a partir da seguinte equação:

$$SDT = \frac{((capsula\ seca + sólidos) - cápsula\ vazia) \times 1000 \times 1000}{Volume\ da\ amostra}$$

SDT → Sólidos dissolvidos totais (mg/L)

Exemplo de cálculo:

(Recolha 2, ponto 1)

Massa da cápsula vazia = 93,31

Massa da cápsula seca + sólidos = 93,3412

Volume da amostra = 100 mL

$$SDT = \frac{(93,3412 - 93,31) \times 1000 \times 1000}{100}$$

$$SDT = 312 \text{ mg/L}$$

No que diz respeito, ao cálculo dos sólidos suspensos totais, utiliza-se a seguinte equação:

$$SST = \frac{((\text{papel de filtro} + \text{sólidos}) - \text{papel de filtro}) \times 1000 \times 1000}{\text{Volume da amostra}}$$

Exemplo de cálculo:

(Recolha 2, ponto 1)

Massa do papel de filtro = 0,1236

Massa do papel de filtro + sólidos secos = 0,124

Volume da amostra = 100

$$SST = \frac{(0,1236 - 0,124) \times 1000 \times 1000}{100}$$

$$SST = 4 \text{ mg/L}$$

Contagem do número total de bactérias

Reagentes

- Bacto Endo Broth MF;
- Plant Count Agar;

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Bico de pipeta;
- Caixas de petri;
- Bico de Busen;

Devido à elevada contaminação presente nestas águas, teve que ser feita uma diluição das amostras, para assim possibilitar a obtenção de resultados. Para isso, utilizam-se diluições

decimais, de 1 mL de amostra, consoante o grau de poluição de cada ponto de recolha recorrendo, para isso, aos dados fornecidos pelo trabalho anterior.

Após a diluição de cada amostra, seguem-se os seguintes passos:

- Voltar a diluir 1mL de amostra em 20 mL de água esterilizada;
- Filtrar a amostra de água numa membrana de Watman, sob vácuo;
- Colocar o filtro sobre o meio sólido, evitando a formação de bolhas de ar entre a membrana e o meio;
- Incubar, cada amostra, a 25° e 37°, durante 24 horas, para poder verificar a que temperatura há maior crescimento de colónias.

Cálculos:

$$N.º \text{ de Bact total} = \left(\frac{UFC}{mL} \right) = N.º \text{ de colínias contadas} \times \frac{1}{\text{Diluição da amostra}}$$

Exemplo de cálculo:

(Recolha 2, ponto 1, 25° C)

N.º de colónias contadas = 2

Diluição da amostra = 0,001

$$N.º \text{ de Bact total} = \left(\frac{UFC}{mL} \right) = 2 \times \frac{1}{0,001} = 2000 \text{ UFC/mL}$$

Contagem dos coliformes totais

Bem como para a contagem do numero total de bactérias, também para os coliformes totais foi necessária uma diluição, sendo esta a mesma que a anterior.

Sendo assim depois da diluição de cada amostra, seguem-se os seguintes passos:

- Impregnar uma almofada adsorvente com 2 mL de meio MF-ENDO e colocar numa placa de petri esterilizada;
- Filtrar 100 mL da amostra de água numa membrana de Watman, sob vácuo;
- Colocar o filtro sobre o meio, evitando a formação de bolhas de ar entre a membrana e o meio;
- Incubar, cada amostra, a 37°C durante 24 horas.

Cálculos:

$$N.º \text{ de coliformes total} = \left(\frac{UFC}{100mL} \right) = \frac{N.º \text{ de colónias contadas} \times 100}{Volume} \times \frac{1}{Diluição \text{ da amostra}}$$

Exemplo de cálculo:

(Recolha 2, ponto 1, 37° C)

N.º de colónias contadas = 2

Volume = 100 mL

Diluição da amostra = 0,001

$$N.º \text{ de coliformes total} = \left(\frac{UFC}{mL} \right) = \frac{2 \times 100}{100} \times \frac{1}{0,001} = 2000 \text{ UFC}/100mL$$

Determinação do pH

O aparelho de pH deve ser calibrado de acordo com o manual de instruções pois estas podem variar ligeiramente, dependendo do aparelho.

Técnica:

- Lavar o eléctrodo com água destilada, com ajuda de um esguicho e secá-lo suavemente com papel absorvente;
- Mergulhar o eléctrodo na solução tampão de referência com valor de pH 4,0; Aguardar e verificar o resultado. Caso o valor registado pelo aparelho seja diferente do esperado para solução tampão referência, deve fazer-se o ajuste no botão de calibração;
- Retirar a solução tampão e lavar o eléctrodo novamente com água destilada e secá-lo com papel absorvente;
- Voltar a mergulhar o eléctrodo numa segunda solução tampão de referência de pH 7,0 e aguardar a verificação do valor de pH registado. Se necessário, ajustar no botão de calibração;
- Depois de validado o valor, voltar a lavar o eléctrodo com água destilada e secá-lo com papel absorvente;
- A medição do pH da solução deve ser realizada logo depois da última lavagem do eléctrodo após a calibração, mergulhando o eléctrodo na amostra e carregando na tecla do aparelho correspondente ao início da leitura.

Condutividade

Técnica:

- Calibrar o aparelho, Micro CM 2220, Crison, com a solução standard de cloreto de potássio (KCl) à temperatura ambiente;
- Colocar a amostra da água à temperatura ambiente num copo e em seguida mergulhar o eléctrodo no recipiente;
- Fazer a medição e registar o valor obtido.

Determinação dos Fosfato

Reagentes

- Ácido sulfúrico 5N
- Indicador de fenolftaleína

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Spektralphotometer CADAS 100, DR LANGE.

Curva de calibração

Preparação das soluções padrão:

Concentração (mg/L)	Absorvância (nm)
0,999884	0,235
1,999768	0,408
3,999537	0,7015
3,999537	0,7195
0,999884	0,2095
0,499942	0,1095

Desenvolvimento da cor

- Para um seguimento de 7 balões volumétricos, pipetar 10 mL de água e acertar o volume com água destilada;
- Dos balões pipetar 50ml para os determinados erlenmeyers;
- Adicionar à volta de 1 a 2 gotas do indicador de fenolftaleína;
- Caso apareça uma cor rósea, adicionar ácido sulfúrico 5N gota a gota, até a cor desaparecer;

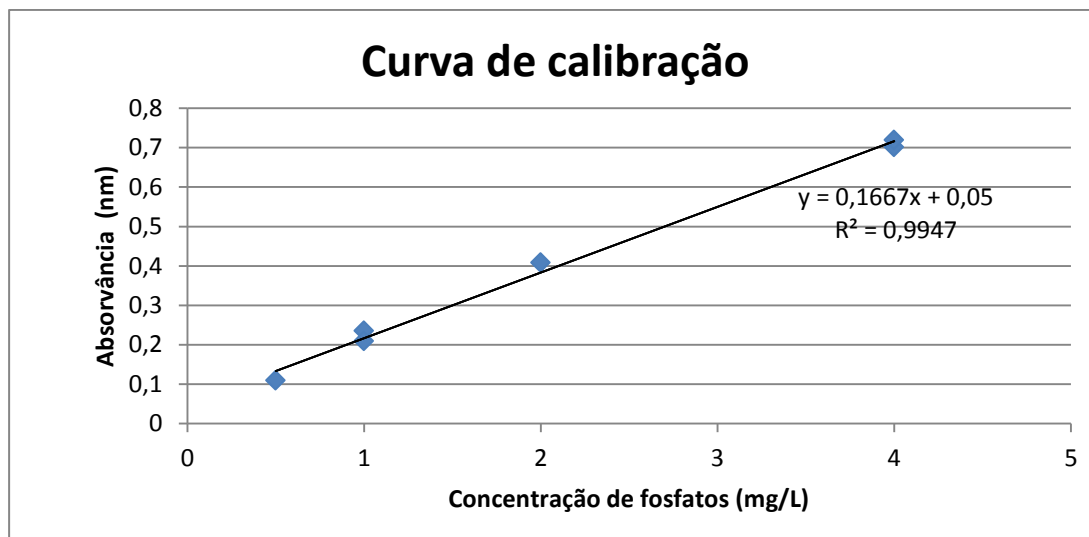
-Adicionar 8 mL de reagente combinado, e homogeneizar;

Leitura espectrométrica

-Medir as absorvâncias através do aparelho Spektralphotometer CADAS 100, DR LANGE, usando o branco como referência, de cada solução padrão preparada anteriormente, a 880nm, em células de 1 cm de percurso óptico, entre 10 a 30 minutos;

-O branco é preparado como se fosse uma amostra.

Cálculos:



$$Fosfatos = \frac{Absorvância - 0,05}{0,1667} \times \frac{1}{10}$$

Exemplo de cálculo:

(Recolha 2, ponto 1)

Absorvância lida = 0,189

$$Fosfatos = \frac{0,189 - 0,05}{0,1667} \times \frac{1}{10}$$

$$Fosfatos = 0,083 \text{ mg/L}$$

Determinação dos Nitratos

Reagentes

- Solução de Sulfato de Prata (Ag_2SO_4) a 4,4 g/L;
- Mistura ácida;
- Solução de 2,6-dimetilfenol, $((\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH})$ a 1,2 g/L;
- Solução Padrão de Nitrato a 100 mg/L;
- Solução de Nitrato de Prata (AgNO_3) a 8,5 g/L;

Material utilizado

- Material de vidro corrente;
- Espectrofotómetro.

Curva de calibração

Preparação das soluções padrão:

Concentração (mg/L)	Absorvância (nm)
branco	0
5	0,079
15	0,205
25	0,349
35	0,493
45	0,638

Desenvolvimento da cor

- Fazer em todos os ensaios uma nova solução 2,6-dimetilfenol;
- Para uma série de 7 erlenmeyers de 100 mL, mede-se 35 mL de mistura ácida;
- Adicionar a cada um 5 mL das soluções-padrão e 5 mL da solução de 2,6-dimetilfenol;
- Misturar cuidadosamente, por agitação, e ler a absorvância após 10 min de repouso.

Leitura espectrométrica

- Medir as absorvâncias usando o branco como referência;

- Medir a absorvância de cada solução padrão, preparadas no primeiro ponto, a 324 nm, em células de 1 cm de percurso óptico;
- O branco é preparado como se fosse uma amostra.

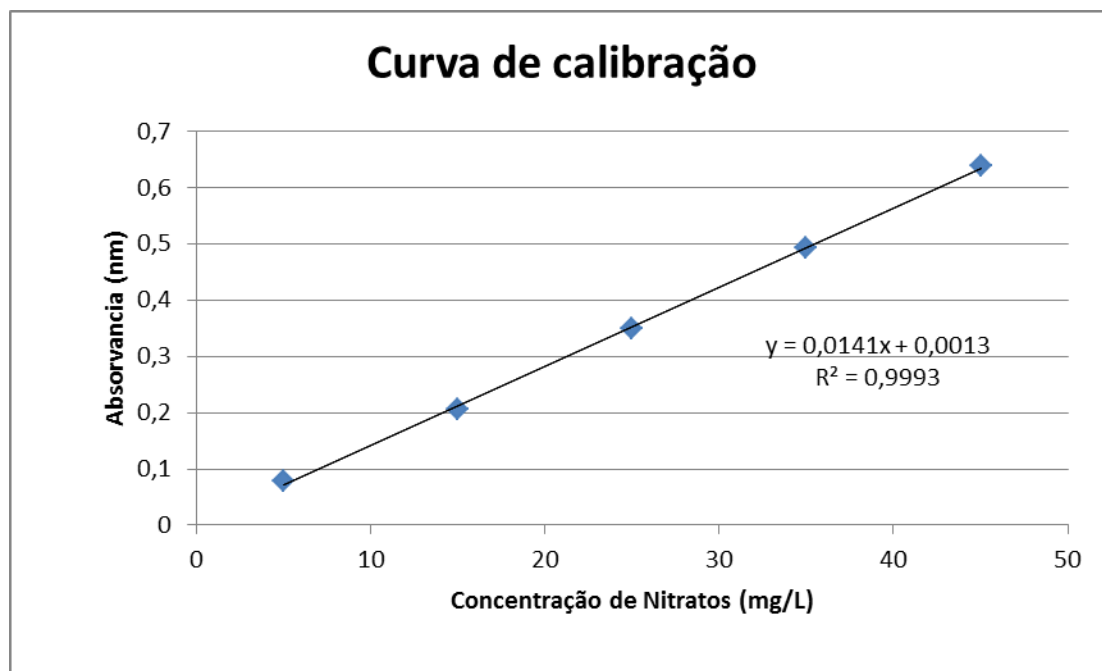
Traçado da curva

Trata-se a curva em função das absorvâncias e das respectivas concentrações, expressas em miligramas de nitratos por litro.

Esta curva deve ser linear.

Cálculos:

Calcula-se, a partir da curva de referência, a concentração de nitratos, expressa em miligramas por litro, correspondente ao valor de absorvância.



A concentração de nitratos $[\text{NO}_3]$, expressa em miligramas por litro de amostra é dada pela equação:

$$\text{Nitratos} = \frac{\text{Absorvância} - 0,0013}{0,0141}$$

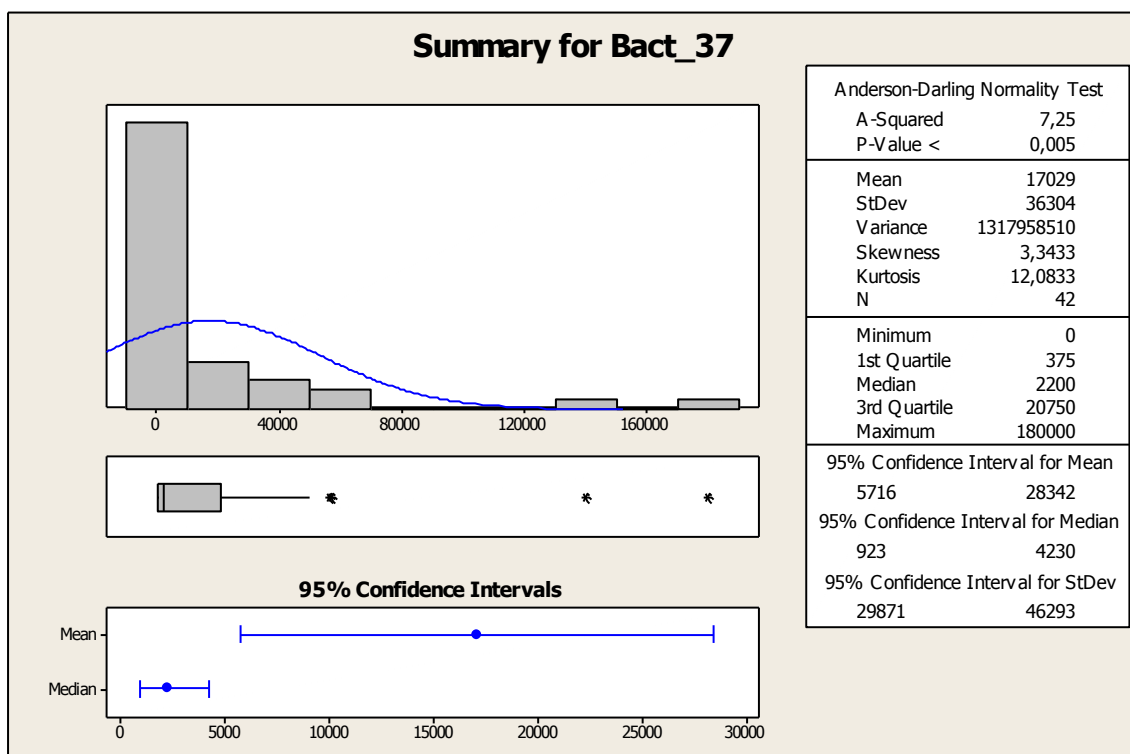
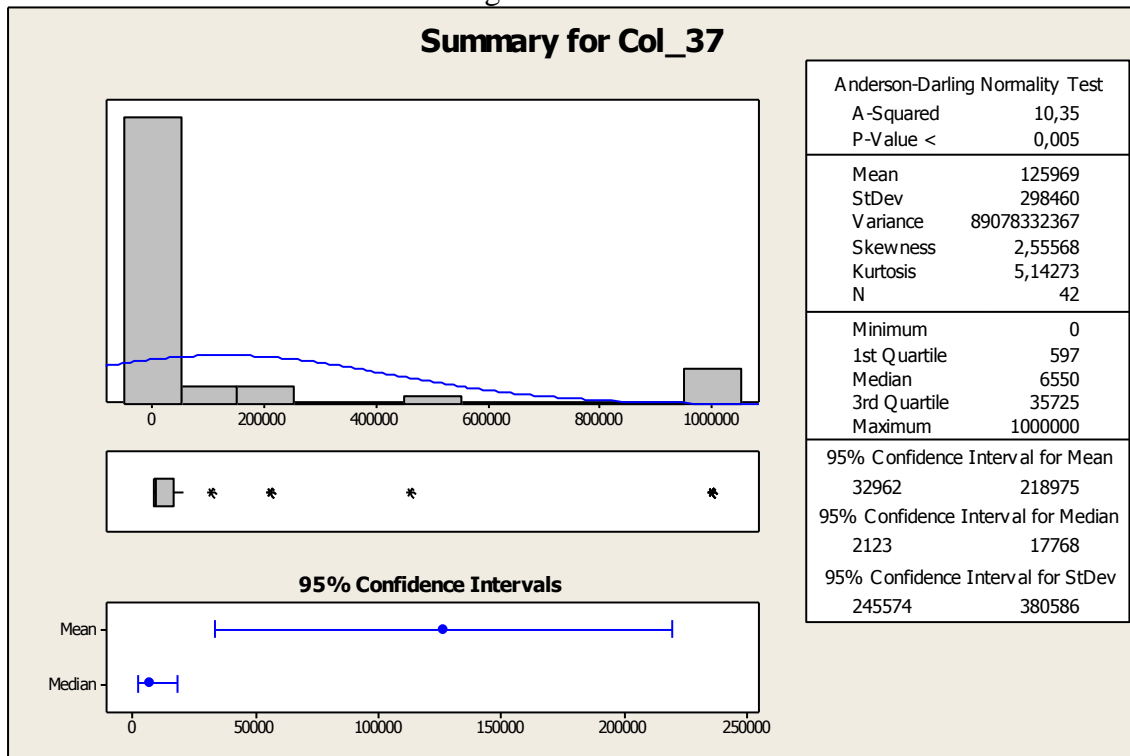
Exemplo de cálculo:**(Recolha 2, ponto 1)****Absorvância lida= 0,071**

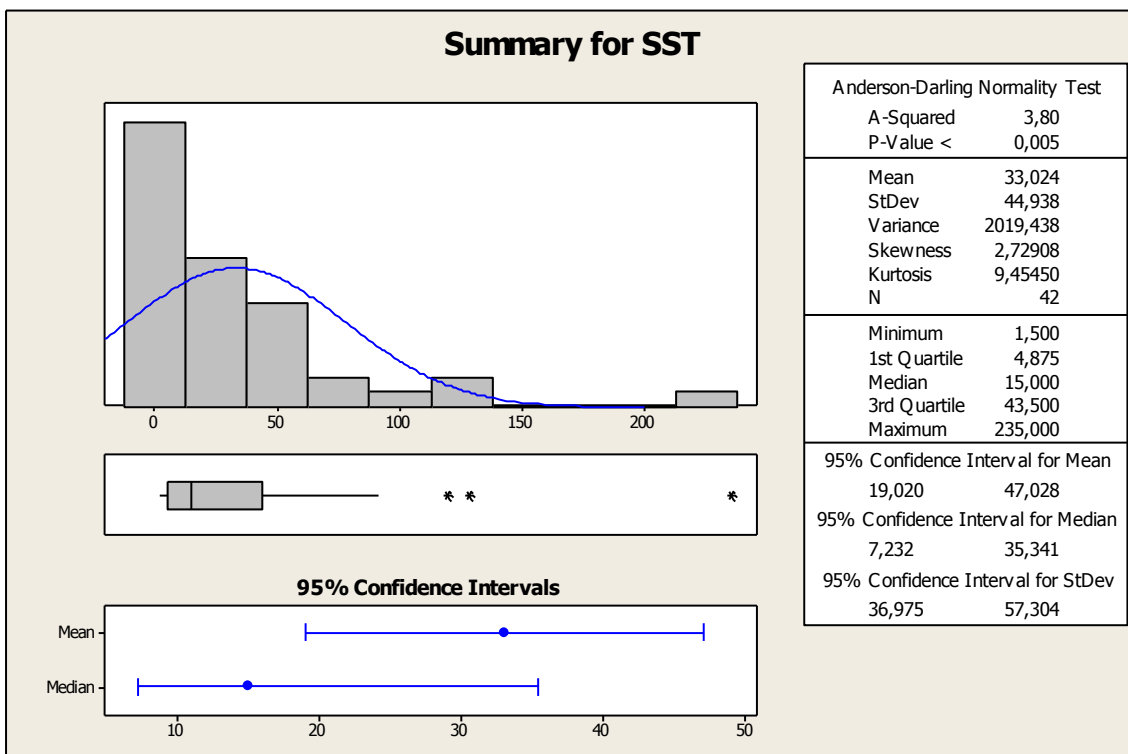
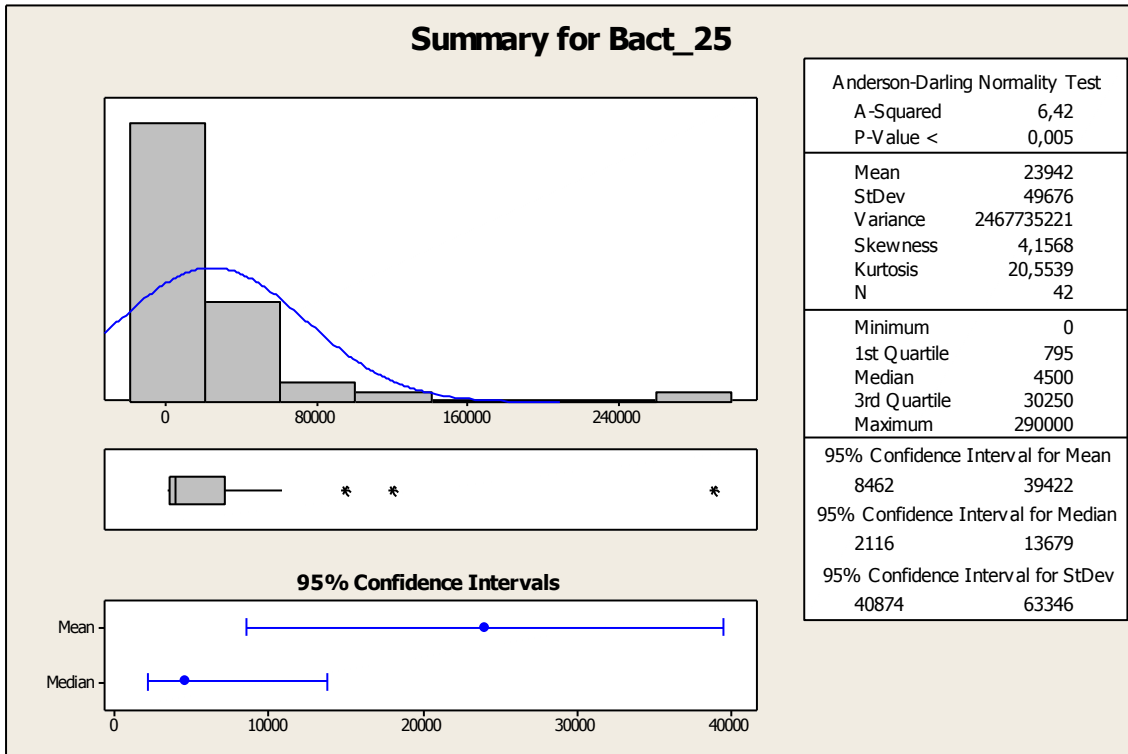
$$\mathbf{Nitratos = \frac{0,071 - 0,0013}{0,0141}}$$

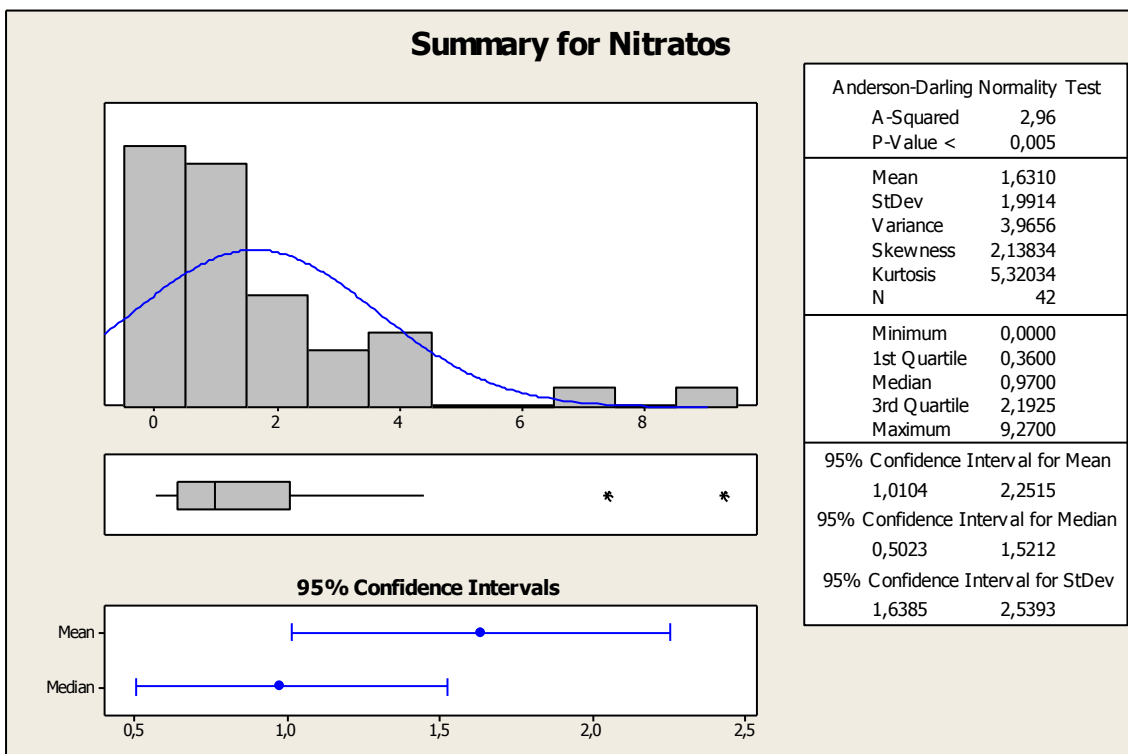
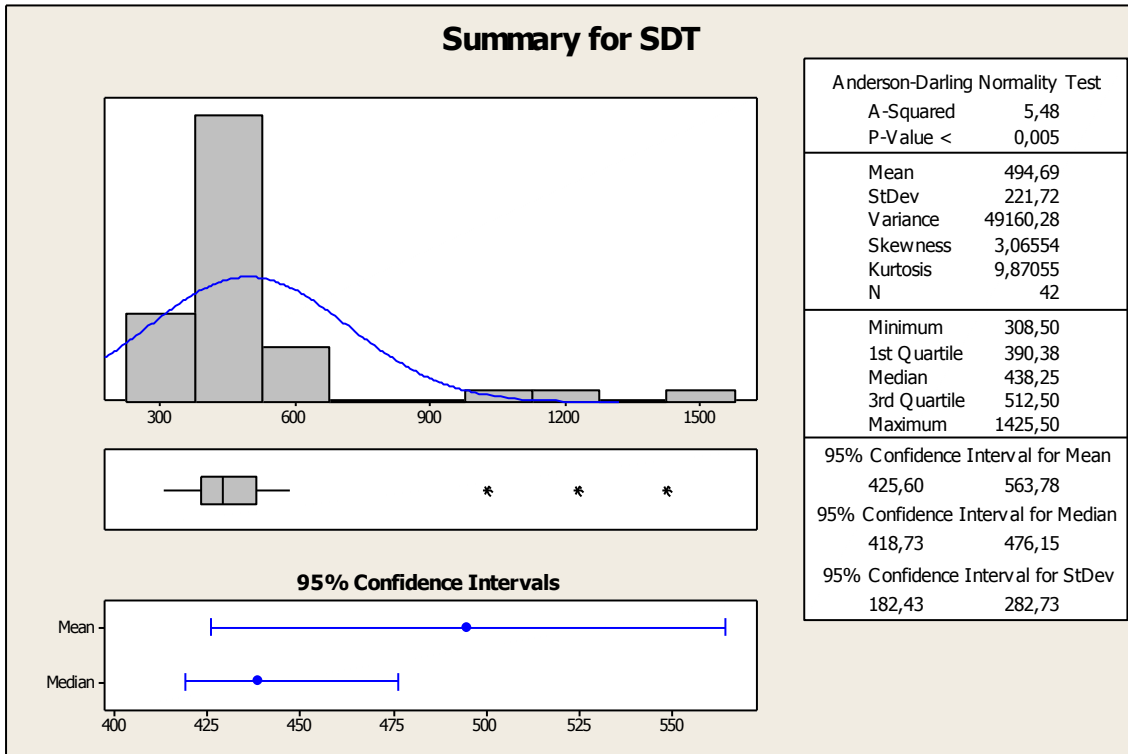
$$\mathbf{Nitratos = 4,943 \text{ mg/L}}$$

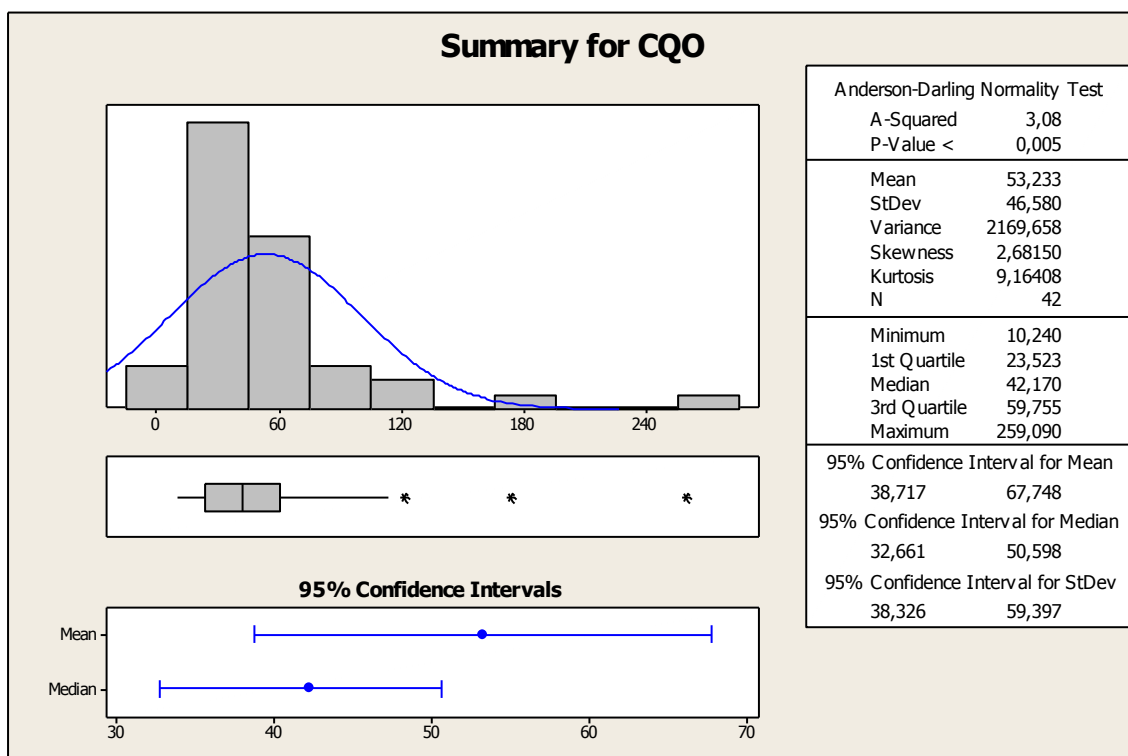
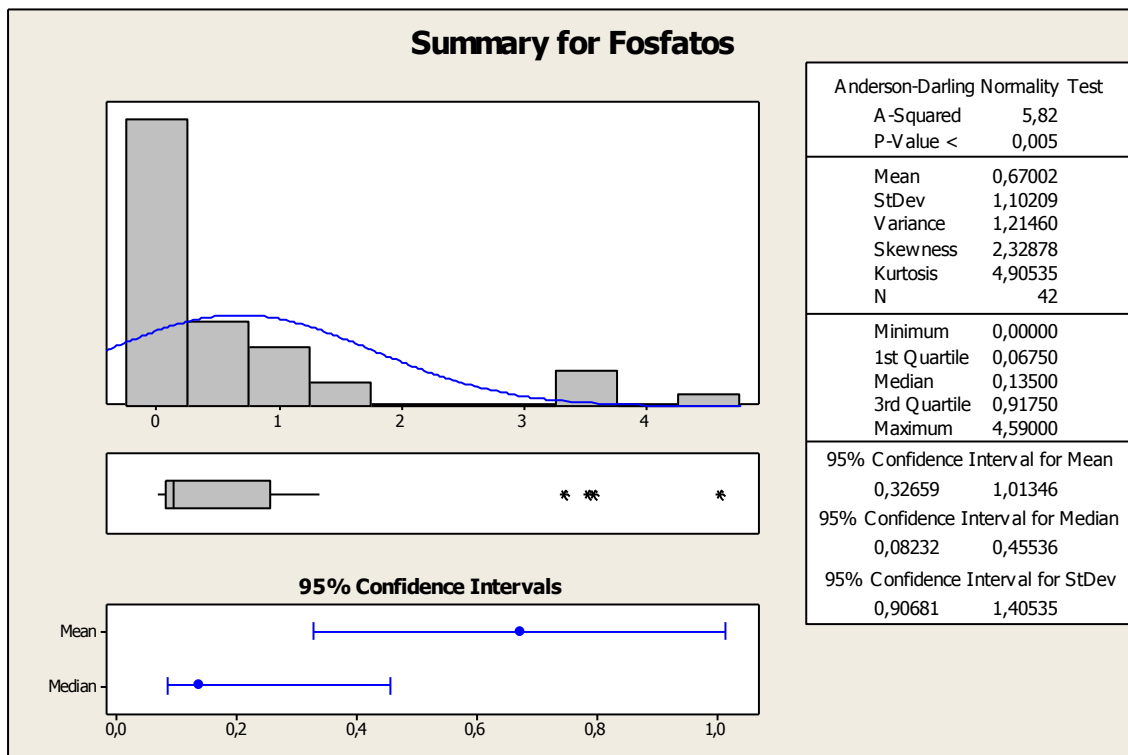
Minitab:

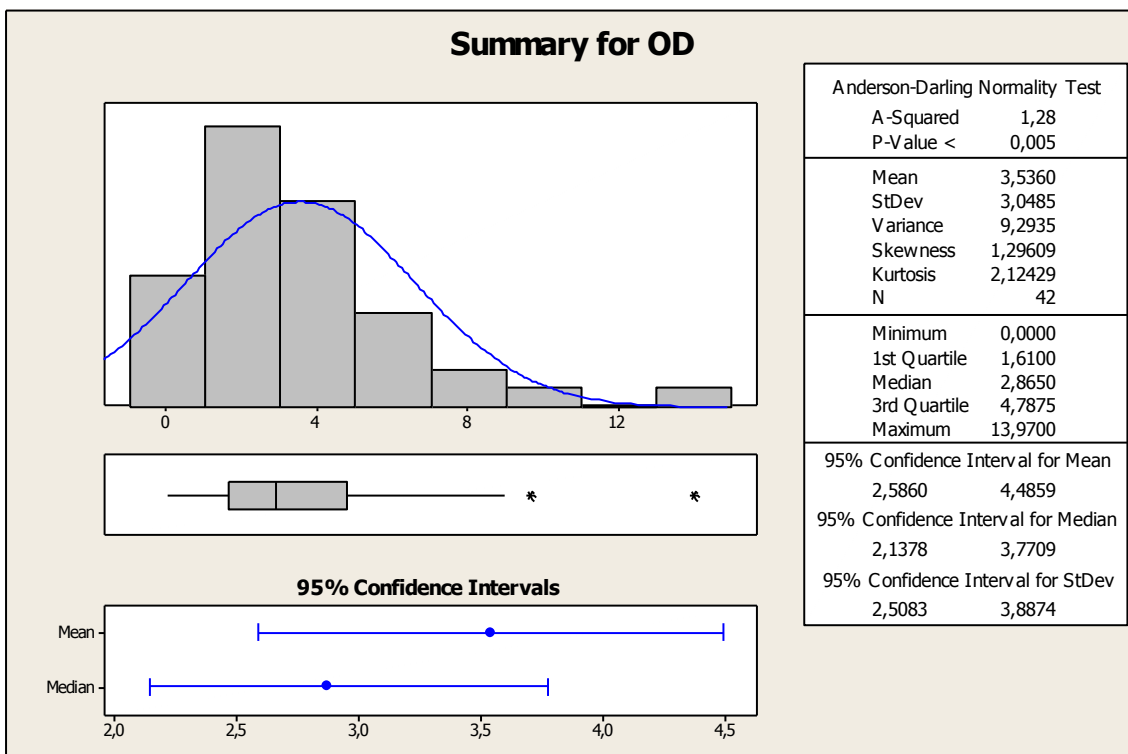
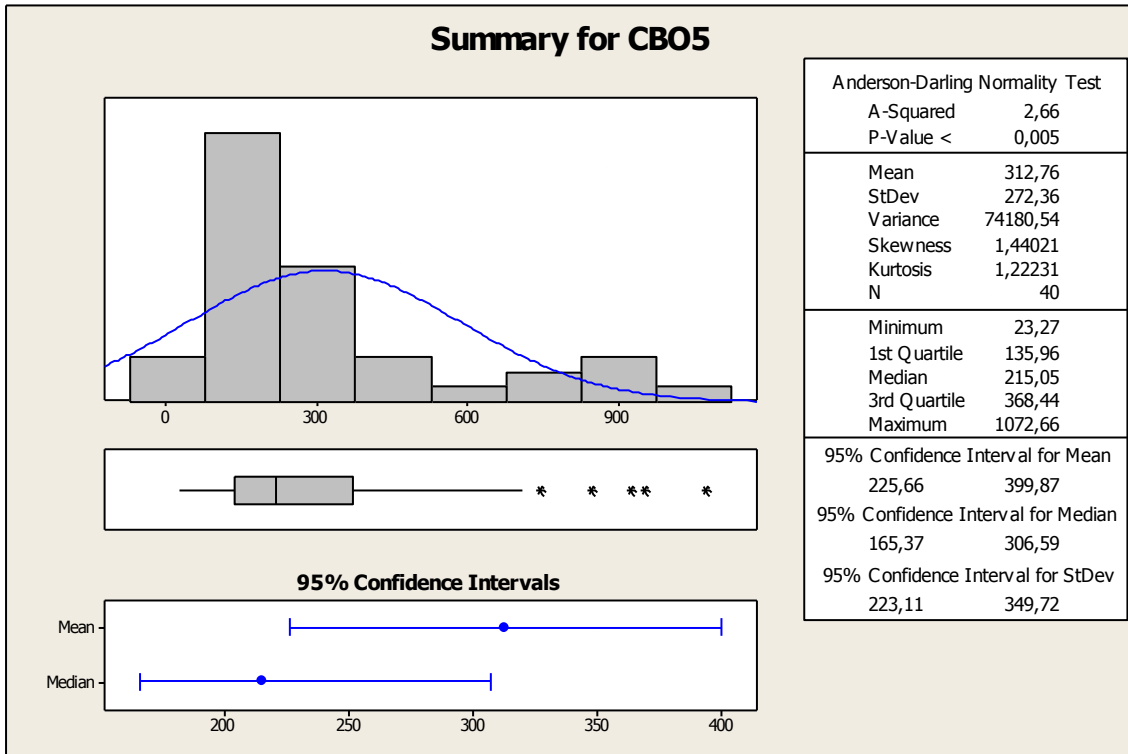
Sumário gráfico de todas as variáveis.

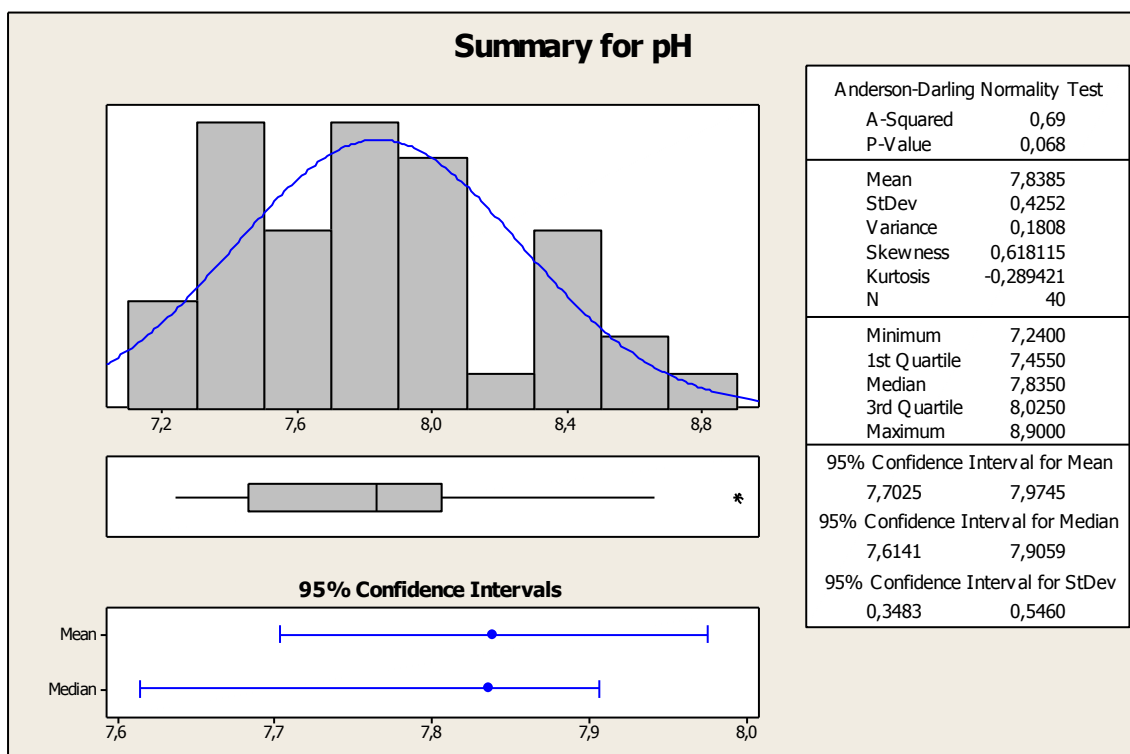
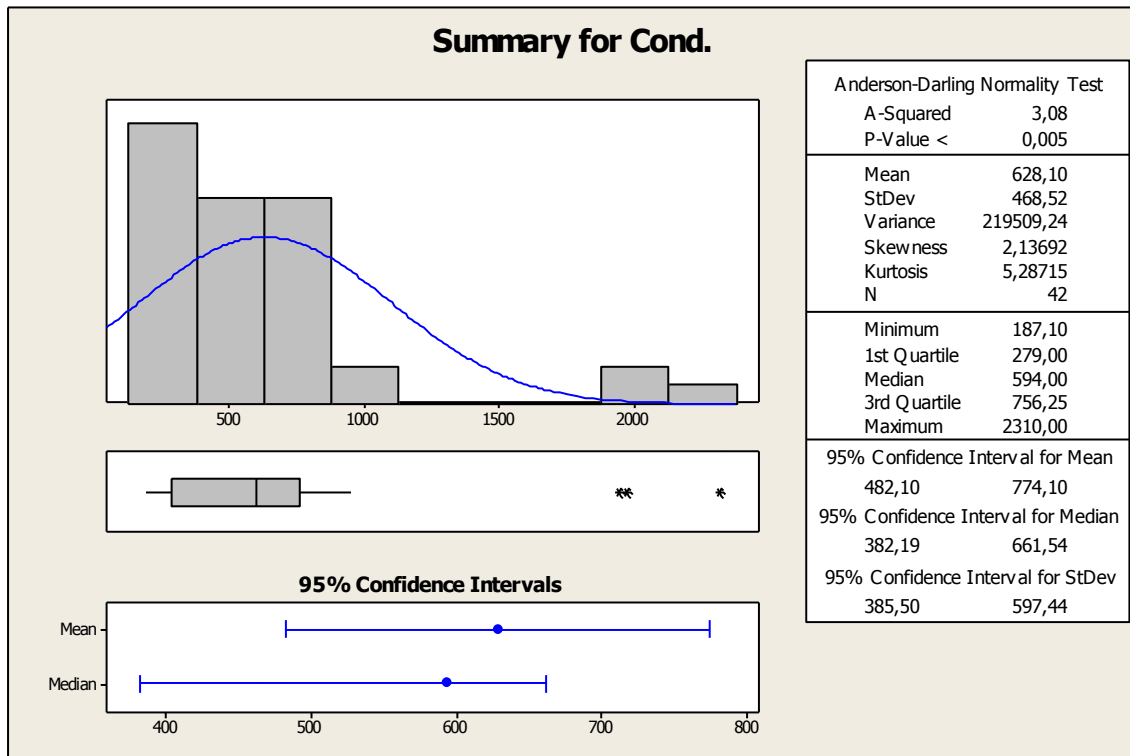


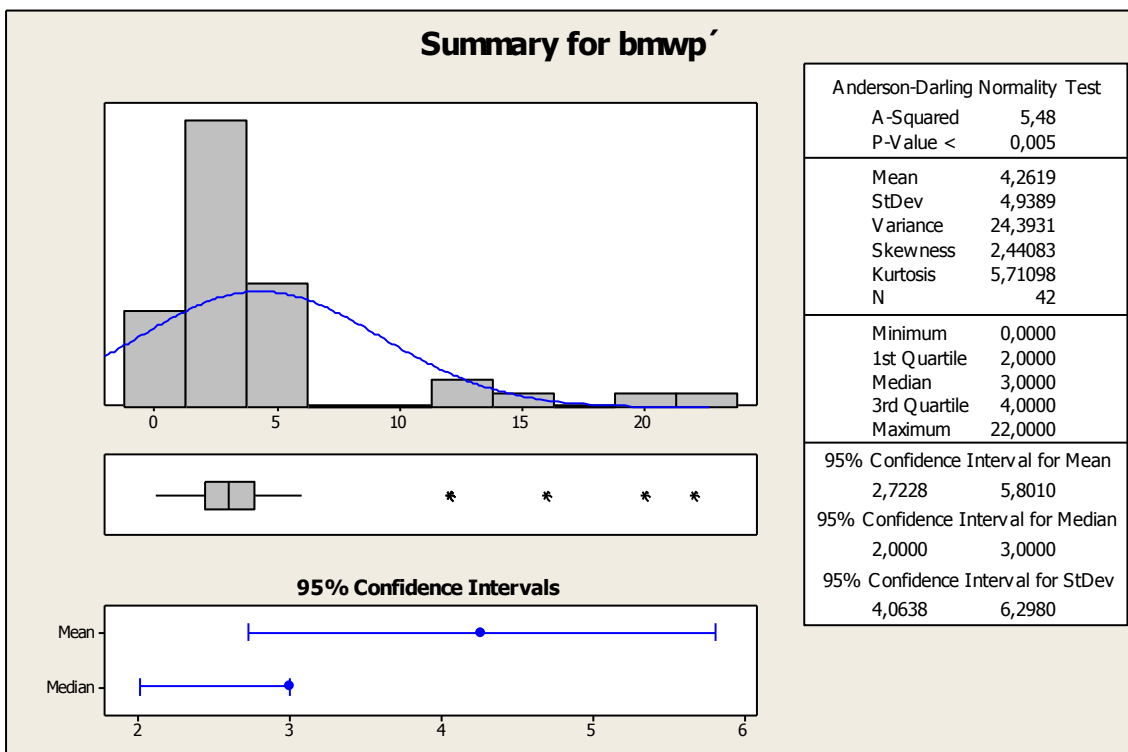
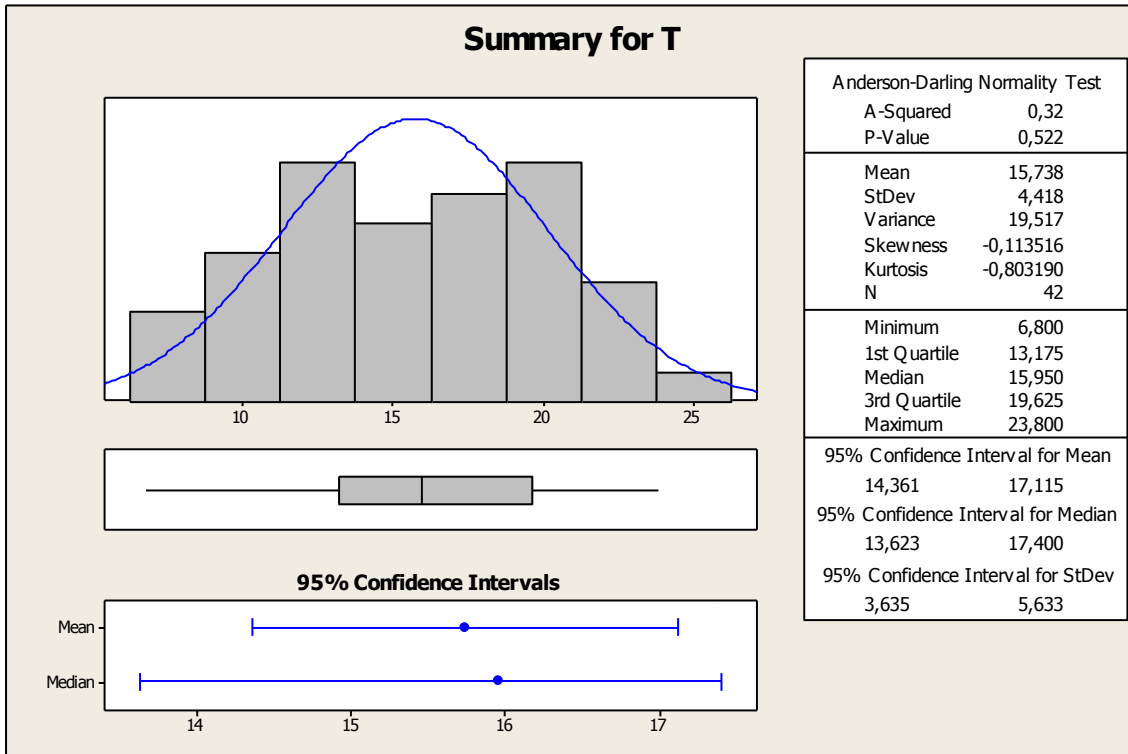


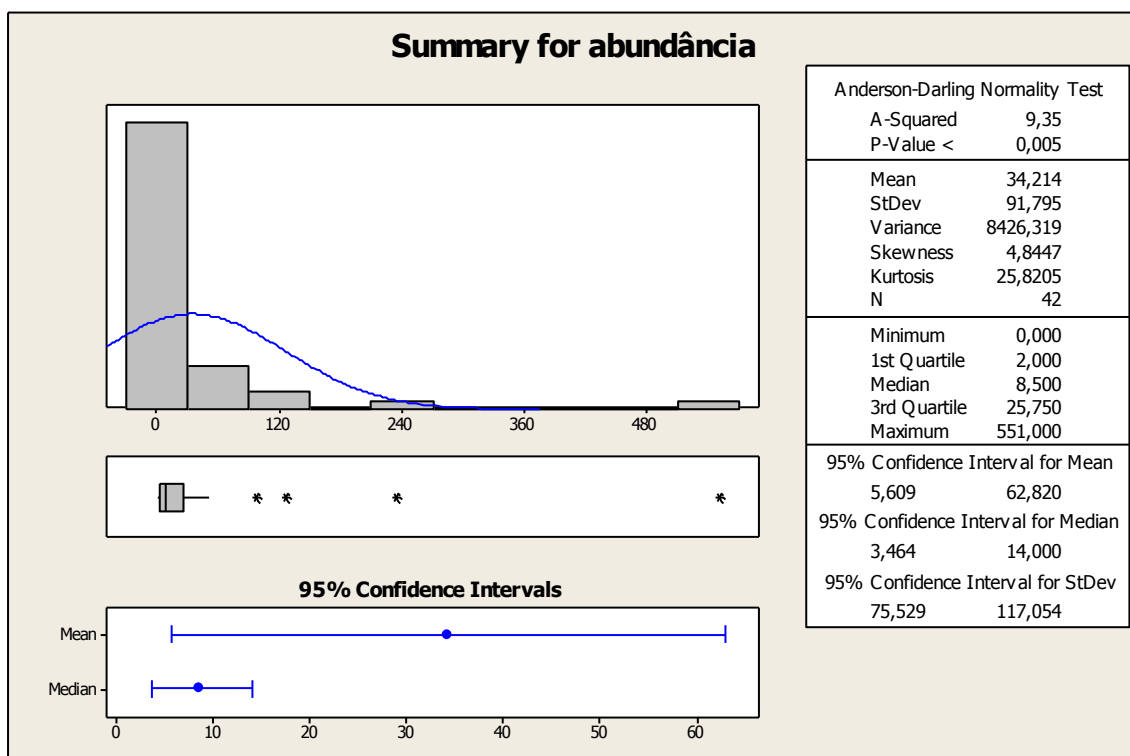
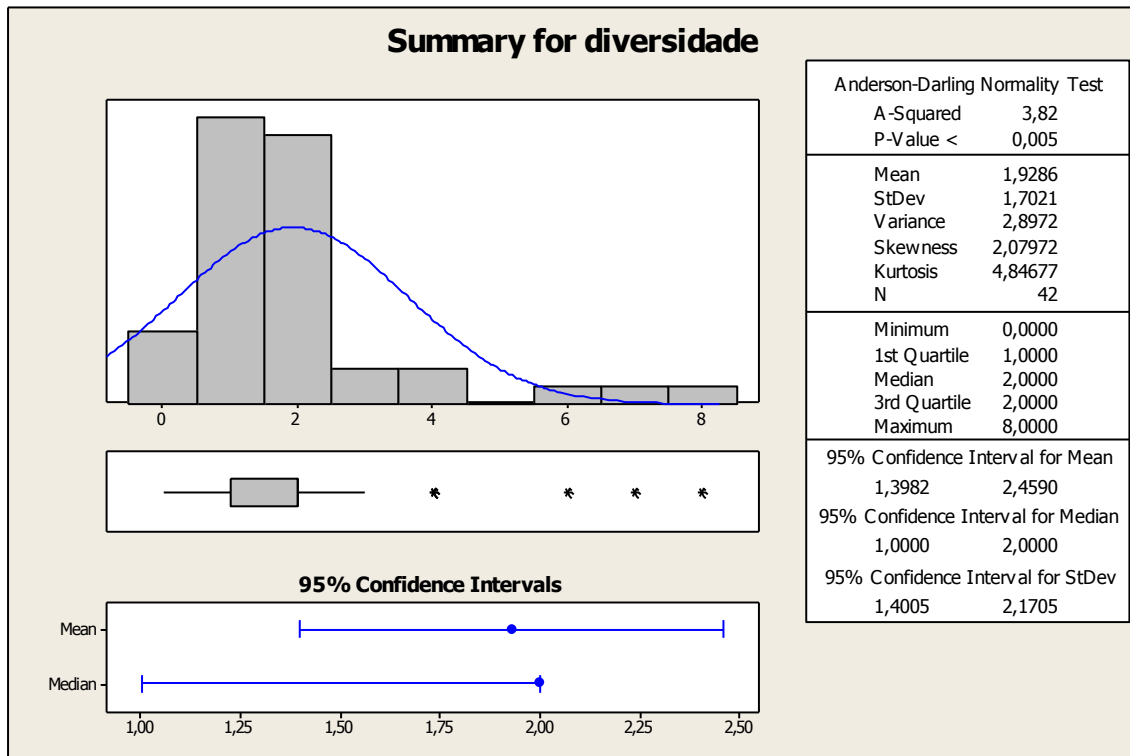












Dados de recolhas das equivalentes a um ano de estudo (Abril 2011 a Abril de 2012)

		Métodos Laboratoriais																					
		Análises in situ												Sólidos Dissolvidos (mg/L)			Sólidos Suspensos T (mg/L)			Nº de bact. 25°C (UFC/mL)	Nº de bact. 37°C (UFC/mL)	Nº de Coli. 37°C (UFC/mL)	
Mês	Ponto	T (°C)	pH	Cond. (µS/cm)	OD (mg/L)	OD (%)	SDT (ppm)	Cond. (µS/cm)	OD (mg/L)*	CBO5 (mg/L)	CQO (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	SDT (mg/L)	SDF (mg/L)	SDV (mg/L)	SST (mg/L)	SSF	SSV				
Ponto: Início da Reserva	Abril	1	20		1,5	14,1		595	2,87	37,46	32,23	0	8,28	439,5			41,5			2000	1000	2000	
	Maió	1	16,5	7,39	397	1,6	14,6	196	194,4	2,31	707,6	52,3	0,08	4,91	424,5			13,0			3000	0	18000
	Junho	1	17,4	7,47	501	1,3	9,6	248	205	1,48	843,92	15,84	0,09	0,69	393,0			3,5			94700	23700	37900
	Julho	1	20,3	7,25	530			263	216	1,78	600,57	21,28	0,28	1,89	447,0			10,0			49500	49500	54600
	Agosto	1	21,4	7,31	654			321	312	0	303,65	10,24	0,1	0	520,0			4,0			30000	56000	104000
	Setembro	1	20	7,4	616			314	327	0	308,64	113,64	0,09	1,47	478,0			9,0			40000	57000	14000
	Outubro	1																					
	Novembro	1	14,6	7,92	449	5,1	48,9	225	571	6,91	217,96	11,79	0,09	7,38	421,0	383,5	37,5	21,0	7,00	14,00	1500	900	2200
	Dezembro	1	13,6	7,82	478	2,7	24,8	239	608	3,31	322,18	72,82	0,08	4,33	311,5	209,0	102,5	4,5	1,00	3,50	2500	4300	2200
	Janeiro	1	10,8	7,28	525	2,8	23,5	262	662	1,70	280,03	41,86	0,09	0,50	520,0	436,0	84,0	3,0	0,50	2,50	1200	3200	2100
	Fevereiro	1	9	7,80	599	2,85	23,0	300	869	3,28	77,55	51,22	0,28	1,60	498,5	472,0	26,5	1,5	0,00	1,50	2600	200	19300
	Março	1	13,5	8,9	521	1,6	14,3	262	753	1,63	94,15	29,13	0,06	0,00	374,0	365,0	9,0	3,0	1,00	2,00	15000	5700	incont.
Abril	1	13,5	8,03	517	2,4	21,9	261	777	2,01	138,04	18,18	0,09	1,21	401,0	365,0	36,0	1,5	0,00	1,50	0	4000	incont.	
Ponto: Braço do Cortiço	Abril	2	21,2	6,94	416	5,6	60,2	206	442	5,87	6,18	29,83	0	7,5	307,5			31,5			54	34	96
	Maió	2	19,6	7,37	347	6,3	60,7	172	146,2	6,95	140,99	87,99	0	2,96	302,5			34,0			1000	0	1000
	Junho	2	20,9	7,52	434	4,4	46,0	218	176,7	8,47	928,68	57,69	0	1,18	334,5			78,5			16400	100	2500
	Julho	2	24,3	7,81	496			248	191,8	7,43		82,13	0	2,89	501,5			46,0			1100	1400	77000
	Agosto	2	24,2	8,48	485			232	210	6,62	252,51	78,5	0	0,33	281,0			29,0			1800	4300	49500
	Setembro	2	22,2	7,32	535			269	252	3,42	148,35	118,18	0	0,76	307,0			84,0			0	2200	9100
	Outubro	2																					
	Novembro	2	13,7	7,14	337	4,5	41,6	169	396	4,39	216,13	21,23	0	6,68	332,0	259,5	72,5	42,5	13,5	29	1000	400	1900
	Dezembro	2	12,1	7,16	354			175	416	7,22	130,93	87,38	0	2,56	192,0	119,5	72,5	46,5	11	35,5	100	300	1900
	Janeiro	2	9,5	6,35	406	7,3	63,5	203	497	3,99	57,36	83,72	0	1,18	416,5	346,0	70,5	22,5	10,5	12	100	100	0
	Fevereiro	2	8,4	8,2	455	10,3	87,0	226	594	8,95	116,12	39,02	0	2,89	339,5	290,5	49,0	20,5	12,5	8	100	300	600
	Março	2	15,5	8,4	475	10,2	102,5	239	673	9,65	261,17	58,25	0	0,33	356,5	326,0	30,5	40,0	14	26	400	400	19600
Abril	2	16,2	8,44	516	7,9	77,8	260	747	6,75	167,59	56,82	0	2,89	418,5	350,5	68,0	37,0	6	31	400	100	17000	
Ponto: Vale da Sangria	Abril	3	21,23	6,82		6,7	72,1		604	5,43	23,9	48,42	0	2,35	406,9			75,5			90	72	1
	Maió	3	20,3	8,01	370	7,2	77,4	181	188,2	8	325,23	63,16	0	0,9	363,0			93,0			0	0	2000
	Junho	3	20,1		518	3,8	39,9	260	225	5,63	349,57	61,09	0	0,9	427,5			78,5			930	1005	673
	Julho	3	23,9	7,86	654			330	223	17,97	133,22	68,09	0	1,96	593,5			40,0			440	495	378
	Agosto	3	24	8,37	687			339	332	4,36	271,61	61,43	0,42	0,97	598,0			79,0			3100	5700	60500
	Setembro	3	23,3	8,28	627			315	305	3,65	56,57	138,64	0,289	0,438	514,0			119,0			1600	2600	13300
	Outubro	3																					
	Novembro	3																					
	Dezembro	3																					
	Janeiro	3																					
	Fevereiro	3																					
	Março	3	16,7	8,48	608	11,1	112,0	304	870	10,24	42,68	46,12	0,15	1,15	531,0	497,0	34,0	41,0	7	34	100	1700	2600
Abril	3	15,8	9,03	638	2,9	27,2	317	952	2,49	212,08	70,45	0,14	1,68	550,0	483,0	67,0	43,5	0	43,5	400	100	17000	

Ponto: Ponte da Broa	Abril	4	22,1	7,59		4,3	46,2		594	2,41	96,69	45,12	0,04	0,97	352,0			78,5			5000	0	7000
	Maio	4	19,5	7,85	410	6,9	73,0	206	189,8	6,95	330,53	64,27	0,62	0,4	382,5			36,5			0	0	35000
	Junho	4	19,4	7,69	522	2,4	20,1	260	216	6,71	949,2	19,23	0,91	0,9	455,0			43,0			9300	3370	3570
	Julho	4	23,8	7,99	648			322	215	13,97		89,36	1,03	0	575,0			31,5			490	710	1520
	Agosto	4	22,8	7,88	680			342	334	3	744,06	27,3	0,66	0,44	557,0			46,0			310	1010	10450
	Setembro	4	22,4		627			312	307	2,23	32,64	97,73	0,882	0,24	470,0			91,0			860	1110	4950
	Outubro	4																					
	Novembro	4	13,2	7,7	457	2,4	23,0	229	594	4,99	212,15	14,15	0,03	2,35	424,5	361,5	63,0	4,0	1,5	2,5	300	100	100
	Dezembro	4	12,3	7,45	493			248	585	4,72	250,59	48,54	0,08	0,9	308,5	277,0	31,5	5,0	1,5	3,5	600	500	100
	Janeiro	4	10	7,9	525	7,8	69,2	262	662	4,15	85,76	69,77	0,1	0,9	494,5	375,0	119,5	5,0	1,5	3,5	44000	100	0
	Fevereiro	4	9,1	8,4	193	3,1	25,5	298	766	1,55	77,98	53,66	0,24	1,96	510,0	479,5	30,5	45,0	0	34,5	37000	0	100
	Março	4	16,7	8,57	611	7,7	78,2	303	891	6,71	135,27	36,41	0	0,97	548,0	530,5	17,5	28,0	6	22	4000	2000	5300
	Abril	4	15,7	8,43	634	3,1	29,8	320	949	2,11	196,63	90,91	0,14	2,14	547,5	490,0	57,5	128,0	63	65	31000	3000	18900
Ponto: Vala da Pereira	Abril	5	25,3	6,65		0	5,1		1742	0		201,41	0,11	2,32	938,5	143,0				92000	40000	345000	
	Maio	5	17,4	7,29	623	0	5,0	312	322	0	382,7	153,59	0,21	1,26	532,0	44,0				149000	146000	567000	
	Junho	5	17,9	7,04	847	0	7,6	423	393	0	1649,66	382,35	0,37	3,63	833,0	221,0				3000	8900	987000	
	Julho	5	21,4	7,2	925			464	458	0	352,5	187,23	0,29	3,81	907,0	186,0				88000	4000	342000	
	Agosto	5	20,1	8	852			406	676	0	362,52	40,96	0,46	4,38	1379,0	8,0				5000	4800	22000	
	Setembro	5	20,3	7,78	600			301	478	0	594,43	148,48	1,709	0,824	78,0	27,0				129000	19000	495000	
	Outubro	5																					
	Novembro	5	11,8	7,34	583	0	15,6	288	1742	0	237,12	58,96	0,11	2,32	544,5	428,5	116,0	36,5	33	3,5	76000	7000	incont.
	Dezembro	5	12,3	7,65	733	0	10,1	339	1012	0	1669,54	152,91	0,21	1,26	505,0	437,0	68,0	17,0	4,5	12,5	12000	11000	250000
	Janeiro	5	7,8	7,59	924	0	9,6	460	1624	0	77,15	496,74	0,37	3,63	1213,0	877,0	336,5	17,0	4,5	12,5	122000	88000	280000
	Fevereiro	5	6,8	7,85	1262	0	11,4	620	2310	0	482,46	173,17	0,29	3,81	1425,5	1133,0	292,5	74,5	0	74,5	290000	180000	460000
	Março	5	13,1	8,35	1070	0	12,4	520	1938	0	381,07	121,36	0,46	4,38	1023,5	893,5	130,0	59,5	1,5	58	120000	140000	210000
	Abril	5	13,5	7,85	844	0	5,4	401	1966	0	1072,66	259,09	0,44	4,2	1226,0	870,5	355,5	119,0	1,5	117,5	50000	20000	210000
Ponto:Entrada da Reserva Integral	Abril	6	17,6	7,34	528	1,9	15,7	269	621	3,91	23,27	40,98	0,12	0,79	439,5			55,5			7000	19000	439,5
	Maio	6	16,4	7,43	425	3,4	33,0	212	187,1	3,25	234,77	42,55	0,55	1,02	340,5			18,0			1000	1000	340,5
	Junho	6	17,4	7,51	495	1,8	20,0	249	207	1,11	323,93	20,36	0,59	0,21	415,0			235,0			27200	23000	415
	Julho	6	20	7,24	540			269	209	2,86		38,3	0,31	0	380,5			14,0			60500	33000	380,5
	Agosto	6	21,2	7,61	656			333	225	0	923,33	20,48	1,846	0	587,0			16,0			7000	28000	587
	Setembro	6	19,2	7,62	613			304	297	0	163,83	47,73	1,451	0	437,0			5,0			20200	38500	437
	Outubro	6																					
	Novembro	6	14,6	7,91	457	5,2	48,6	228	621	8,21	141,88	16,51	0	9,27	419,5	352,0	67,5	11,0	5	6	7500	500	10200
	Dezembro	6	13,9	7,76	479			240	568	4,7	436,11	42,48	0,07	3,24	308,5	273,5	35,0	2,0	0,5	1,5	300	1700	10200
	Janeiro	6	10,7	7,44	510	4,1	34,8	254	541,9	2,57	174,71	46,51	0,08	0,76	499,5	367,0	132,5	7,0	0	7	2500	2700	6100
	Fevereiro	6	8,6	7,9	569	5	34,5	286	835	4,25	152,88	26,83	0,18	1,08	466,0	433,5	32,5	2,0	0,5	1,5	2500	200	1100
	Março	6	16,6	8,66	477	9,8	97,7	239	660	2,46	211,99	24,27	0,08	0,3	431,5	385,5	46,0	6,0	1,5	4,5	9100	2400	incont.
	Abril	6	13,7	8,01	542	5	46,2	269	788	3,06	199,47	34,09	0,13	1,04	410,5	381,5	29,0	8,0	2	6	25000	7000	incont.