



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos

Cosme Manuel Fernandes Teixeira



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos

Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Nº1000023

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente, realizada sob a orientação do Prof. Doutor Helder I. Chaminé, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP e da Dra. Maria José Afonso, Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP.

Júri

Presidente

Doutor João Manuel Simões da Rocha
Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé
Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestre Maria José Coxito Afonso
Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor José Augusto de Abreu Peixoto Fernandes
Equiparado a Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor Jorge Manuel Espinha Marques
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

Dedico esta tese ao meu Pai, pois foi para mim um grande Homem, apesar da sua inevitável ausência, está e estará sempre nos meus pensamentos. Pai, sei que terias orgulho em mim!

Quero, igualmente, dedicar esta tese à minha Mãe, por todo o carinho e pela oportunidade que me proporcionou no apoio à realização do Curso de Engenharia Geotécnica e Geoambiente. Mãe, obrigada pela tua ajuda e esforço...

Agradecimentos

Na elaboração desta dissertação de mestrado gostaria de deixar uma palavra de agradecimento a todas as pessoas que de algum modo contribuíram para a sua concretização:

Ao Prof. Doutor Helder I. Chaminé (DEG-ISEP) e à Dr^a Maria José Afonso (DEG-ISEP), que me têm guiado nos territórios dos Recursos Hídricos Subterrâneos desde os tempos do relatório final da Licenciatura, pela nova oportunidade que me deram para a realização deste trabalho inserido nas suas linhas de investigação; pela estupenda orientação, por toda a disponibilidade em partilhar todo o seu conhecimento e pela importante ajuda nos trabalhos de campo e de gabinete.

Ao Dr. José Teixeira (GeoBioTec-UA e LABCARGA-ISEP) pelo valioso e importante auxílio no apoio à realização da cartografia digital e na sua boa disposição, bem como na ajuda nos trabalhos de campo na região de Valbom.

Ao Prof. Doutor Jorge Espinha Marques (DG-FCUP) pelo apoio nos ensaios de permeâmetro de Guelph e nas reuniões informais tidas para a discussão dos resultados alcançados, bem como pela críticas construtivas que melhoraram a presente versão da dissertação.

À empresa *Jeremias de Macedo & C^a Lda.*, onde estamos a realizar presentemente um Estágio Profissional, o nosso muito obrigado pela cedência do laboratório e equipamento para a realização dos ensaios às amostras de solo de Avintes. Gratos pelo incentivo e toda a compreensão demonstradas.

Um agradecimento especial aos directores dos Laboratórios do ISEP, Prof. Doutor H. I. Chaminé do Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada (LABCARGA) e do Prof. Doutor J. A. Fernandes do Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção (LGMC), por todas as facilidades na utilização dos recursos dos laboratórios do ISEP. Gratos, igualmente, ao Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT-ISA), na pessoa da Investigadora Auxiliar Doutora Madalena Fonseca, pelas análises mineralógicas de algumas amostras de solos.

Uma palavra de agradecimento, ao Sr. Sousa, à D. Isabel, ao Sr. Apolónio, à D. Maria da Flora, ao Sr. Serafim Ribeiro, ao Sr. Elói, ao Sr. Manuel Mourão, à D. Zeza e ao Sr. António Rebelo, pela simpatia com que nos receberam e pela sua autorização de efectuar os trabalhos de campo nas suas propriedades.

E, finalmente, às pessoas importantes e indispensáveis na minha vida: à minha namorada Ana, às minhas irmãs Clara e Helena, aos meus cunhados, às minhas sobrinhas e à minha Mãe. Obrigado pelo carinho e apoio.

Este trabalho recebeu apoio parcial dos projectos GROUNDURBAN – FCT (POCTI/CTEGIN/59081/2004) e HIDROURBAN – LABCARGA|ISEP (IPP|PADInv/2007).

Palavras-chave

Hidrogeologia, hidropedologia, cartografia aplicada, ensaios de campo de permeabilidade

Resumo

Este trabalho pretende apresentar, numa abordagem multidisciplinar, uma caracterização hidrogeológica e hidropedológica de dois campos experimentais nas áreas peri-urbanas das regiões de Valbom (Gondomar) e de Avintes (Vila Nova de Gaia). O estudo da zona não saturada foi realizado numa perspectiva hidropedológica. A distribuição espacial das feições dos solos depende, fundamentalmente, do material original, do relevo, do clima e da ocupação dos mesmos. Este estudo envolveu, numa primeira fase, a caracterização dos locais através de critérios topográficos, morfoestruturais e tectónicos e, numa fase posterior, a caracterização através de critérios hidrogeológicos.

Esta abordagem teve como objectivo principal a elaboração de um esboço geológico sintético das áreas em estudo, culminando com a execução de mapas hidrogeológicos locais. Assim, todas as fontes potenciais de contaminação nas áreas envolventes às localidades de Rossamonde (Valbom) e de Espinhaço (Avintes) foram inventariadas no intuito de se gerar mapas de susceptibilidade. A elaboração do inventário seguiu as seguintes etapas: i) compilação de dados; ii) implementação do inventário; iii) análise e avaliação dos pontos reconhecidos como potenciais fontes de contaminação da água subterrânea. Neste estudo recorreu-se à tecnologia SIG, a qual foi fundamental para um melhor conhecimento da área de estudo. Esta metodologia foi extremamente valiosa no conhecimento da susceptibilidade à contaminação dos sistemas de água subterrânea de Valbom e de Avintes. Além disso, poderá ser um bom instrumento para o planeamento e a gestão dos recursos hídricos subterrâneos de uma forma sustentável.

Keywords

Hydrogeology, hydropedology, applied cartography, permeability field tests

Abstract

This work presents, in a multidisciplinary approach, a hydrogeologic and hydropedological characterization of two experimental fields from Valbom (Gondomar) and Avintes (Vila Nova de Gaia) peri-urban areas (NW Portugal). The study of the unsaturated zone was performed under a hydropedologic perspective. The spatial distribution of the soil features depends, mainly, on the parent material, climate and land cover. The study included fieldwork campaigns focused on geological and pedological features, soil permeability field tests and laboratory tests.

This study involved, in a first stage the characterization of the study areas through topographic, morphostructural and geotectonical criteria and, in a subsequent stage, the characterization throughout hydrogeological criteria. The main objective of this study was the elaboration of a geological sketch of the region, culminating with the execution of a local hydrogeological map. Therefore, all existing and potential sources of contamination in the surrounding areas of Rossamonde (Valbom) and Espinhaço (Avintes) localities were documented. The inventory of contamination sources included the following steps: i) recording of elements of inventory design; ii) inventory implementation iii) evaluation and analysis of the elements of the groundwater contamination inventory. This study was supported by GIS technology, which was fundamental to a better understanding over the study areas. This methodology proved valuable to our knowledge on the susceptibility of Valbom and Avintes groundwater systems. In addition, it can provide guidelines for the planning and management of water resources in an equitable, sustainable and ethical manner.

ÍNDICE

1. Introdução geral, enquadramento do tema e objectivos.....	3
2. Hidrogeologia Aplicada.....	7
2.1. Generalidades.....	9
2.2. O ciclo hidrológico.....	10
2.3. Formações aquíferas.....	12
2.4. Parâmetros hidrogeológicos e características dos aquíferos.....	17
2.5. Prospecção hidrogeológica.....	20
2.6. Maciços Rochosos Fissurados.....	22
2.7. Solos.....	23
2.7.1. Condutividade hidráulica de um solo.....	23
2.7.2. Metodologia utilizada para a caracterização física, química e mineralógica de amostras de solos.....	25
2.7.3. Ensaios de Permeabilidade in situ.....	27
2.7.4. Classificação hidrogeológica de solos.....	29
2.7.5. Metodologia do Permeâmetro de Guelph.....	31
2.8. Análise Granulométrica por peneiração.....	39
2.8.1. Amostragem.....	39
2.8.2. Equipamentos.....	40
2.8.3. Preparação da amostra.....	41
2.8.4. Cálculos.....	43
2.9. Nascentes.....	45
2.10. Caracterização físico-química e outras propriedades da água.....	54
2.11. Diagramas Hidroquímicos.....	59
2.12. Qualidade e mecanismos de contaminação da água subterrânea.....	65
2.13. Potenciais fontes de contaminação da água subterrânea.....	66
2.13.1. Contaminação por Fontes Naturais.....	67
2.13.2. Contaminação Agrícola e Silvícola	68
2.13.3. Contaminação Urbana e Doméstica.	69
2.13.4. Contaminação Industrial.....	70
2.13.5. Contaminação Induzida por furos e poços de captação.....	71
2.13.6. Contaminação por outras fontes.....	72
2.14. Inventário das fontes de contaminação.....	73
2.15. Cartografia das fontes de contaminação	73
3. Os casos de estudo das áreas de Rossamonde (Valbom, Gondomar) e Espinhaço (Avintes, V.N.Gaia)	77

3.1. Resenha histórica sobre Valbom e Avintes.....	79
3.2. Enquadramento geográfico de Valbom e Avintes.....	81
3.3. Enquadramento Regional.....	82
3.3.1. Geomorfologia.....	82
3.3.2. Geologia Regional.....	85
3.3.3. Clima.....	86
3.3.4. Recursos geológicos.....	89
3.3.5. Enquadramento geológico e hidrogeológico de Valbom e de Avintes.....	93
3.3.6. Breve historial sobre as águas minero-medicinais de Rossamonde.....	96
3.3.7. Inventário hidrogeológico.....	102
3.3.7.1. Hidrogeoquímica.....	106
3.3.7.2. Inventário das fontes de contaminação.....	117
3.4. Avaliação da condutividade hidráulica do solo in situ.....	123
3.5. Classificação granulométrica e caracterização mineralógica dos solos.....	127
3.6. Análise de Custos.....	131
4. Conclusões e perspectivas futuras.....	133
5. Referências.....	139
6. Anexos.....	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da água na Terra (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	9
Figura 2 – O ciclo hidrológico (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	11
Figura 3 – Movimentação da água no solo (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	12
Figura 4 – Tipo de aquíferos (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	13
Figura 5 – Níveis argilosos descontínuos e confinantes (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	14
Figura 6 – Comportamento dos furos nos aquíferos livres e confinados (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	15
Figura 7 – Circulação de água nos meios porosos, fissurados e cárscicos (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	16
Figura 8 – Distribuição dos principais aquíferos em Portugal Continental (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	17
Figura 9 – Porosidade e permeabilidade (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).	18
Figura 10 – Representação esquemática da Lei de Darcy (Adaptado de González de Vallejo et al.,2004)	20
Figura 11 – Esquema representativo da heterogeneidade de um maciço (Adaptado de Carvalho, 2006)	22
Figura 12 – Permeâmetro de Guelph 2800K1	27
Figura 13 – Factor de forma (C) para utilização no método de Guelph (Adaptado de Reynolds & Elrick, 2002)	28
Figura 14 – Esquema do Permeâmetro de Guelph (Modificado de Reynolds,1993)	31
Figura 15 – Permeâmetro de Guelph (http://Guelph/soilmoisture_Products.htm)	32
Figura 16 – Pormenores da parte superior do Permeâmetro de Guelph	33
Figura 17 – Os principais passos da montagem do equipamento	34
Figura 18 – Operação de enchimento do permeâmetro	35
Figura 19 – Posicionamento do permeâmetro sobre o orifício perfurado	36
Figura 20 – Registo das medições dos níveis de água	37
Figura 21 – Amostragem e preparação de uma amostra de solo para análise granulométrica	40
Figura 22 – Série de peneiros ASTM (Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP)	41
Figura 23 – Peneiração mecânica, pesagem e secagem na estufa de uma amostra de solo	42
Figura 24 – Material de variadas granulometrias	42
Figura 25 – Nascente cárstica (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	45
Figura 26 – Nascente de falha geológica (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	46
Figura 27 – Nascente em aquífero confinado em estrutura sinclinal (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	46
Figura 28 – Nascente em aquífero livre (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	47

Figura 29 – Nascente em aquífero semi-confinado (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	47
Figura 30 – Nascente em aquífero suspenso (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	48
Figura 31 – Nascente em meio fissurado (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	48
Figura 32 – Nascente em meio fracturado (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	49
Figura 33 – Nascente intermitente (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	49
Figura 34 – Nascente submarina (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	50
Figura 35 – Distribuição das águas minerais naturais em Portugal (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	51
Figura 36 – Localização das estâncias termais de Portugal (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	52
Figura 37 – Distribuição das águas de nascentes em actividade e para futura exploração (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	53
Figura 38 – Escala de pH (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	56
Figura 39 – Diagrama de Collins (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	59
Figura 40 – Diagrama de Schoeller-Berkaloff (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	60
Figura 41 – Diagrama Circular (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	61
Figura 42 – Diagrama Tackel (http://w3.ualg.pt/~anewton/docs/teaching%20material/MQAA2.pdf)	61
Figura 43 – Diagrama de Piper (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	62
Figura 44 – Diagrama de Stiff (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	63
Figura 45 – Diagrama de Wilcox (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)	64
Figura 46 – Poluição da água subterrânea com diferentes origens (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	66
Figura 47 – Contaminação agro-pecuária (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	68
Figura 48 – Contaminação urbana e doméstica (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	69
Figura 49 – Contaminação industrial (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	70
Figura 50 – Intrusão salina (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	71
Figura 51 - Proposta de ficha de inventário das fontes de contaminação (Adaptado de Zaporozec, 2004)	74
Figura 52 – Paisagem da área de Valbom	79
Figura 53 – Ilustrações das actividades tradicionais de Avintes (Pesca e Broa)	80
Figura 54 – Enquadramento geográfico de Valbom	81
Figura 55 – Enquadramento geográfico de Avintes	82
Figura 56 – Esboço geomorfológico da região de Gondomar e Vila Nova de Gaia, com a delimitação da área de Valbom e da área de Avintes.	84

	85
Figura 57 – Esboço hipsométrico da região do grande Porto.	
Figura 58 – Enquadramento geológico da região Noroeste de Portugal (Adaptado de Chaminé, 2000; Chaminé et al., 2003)	86
Figura 59 – Gráfico da temperatura do ar (Porto/Serra Pilar; 1961-1990) (Instituto de Meteorologia de Portugal)	87
Figura 60 – Gráfico da precipitação (Porto/Serra Pilar; 1961-1990) (Instituto de Meteorologia de Portugal)	88
Figura 61 – Gráfico da insolação (Porto/Serra Pilar; 1961-1990) (Instituto de Meteorologia de Portugal)	89
Figura 62 – Diagrama com valores médios anuais do vento (Porto/Serra Pilar; 1961-1990) (Instituto de Meteorologia de Portugal)	89
Figura 63 – Esboço geológico da região entre Gondomar e Avintes	95
Figura 64 – Esboço hidrogeológico da região entre Gondomar e Avintes.	97
Figura 65 – Aspectos relacionados com o inventário hidrogeológico.	102
Figura 66 – Modelo de ficha de inventário dos pontos de água.	103
Figura 67 – Localização dos pontos de água na localidade de Rossamonde, Valbom.	104
Figura 68 – Localização dos pontos de água na localidade de Espinhaço, Avintes.	105
Figura 69 – Diagrama de Piper relativo às águas subterrâneas de Rossamonde.	109
Figura 70 – Diagramas de Stiff relativo às águas subterrâneas de Rossamonde.	110
Figura 71 - Diagrama de Wilcox relativo às águas subterrâneas de Rossamonde.	111
Figura 72 - Diagrama de Piper relativo às águas subterrâneas de Espinhaço.	113
Figura 73 – Diagramas de Stiff relativo às águas subterrâneas de Espinhaço.	114
Figura 74 – Diagramas Radiais relativo às águas subterrâneas de Espinhaço.	115
Figura 75 – Diagrama de Schoeller relativo às águas subterrâneas de Espinhaço.	116
Figura 76 - Diagrama de Wilcox relativo às águas subterrâneas de Espinhaço.	117
Figura 77 – Lista de potenciais fontes de contaminação (Adaptado de Zaporozec, 2004)	118
Figura 78 – Localização das fontes de contaminação (círculos vermelhos) da área de Rossamonde.	119
Figura 79 – Esboço de susceptibilidade á contaminação das águas subterrâneas na área de Rossamonde: uma abordagem preliminar (raio de influência de 50m).	121
Figura 80 – Localização das fontes de contaminação (círculos vermelhos) da área de Espinhaço.	122
Figura 81 – Pontos de amostragem para o estudo granulométrico dos solos e dos ensaios de permeabilidade “in situ” (Quinta de Rossamonde, Valbom).	124
Figura 82 – Pontos de amostragem para o estudo granulométrico dos solos e dos ensaios de permeabilidade “in situ” (Espinhaço, Avintes).	126
Figura 83 – Diagrama triangular da classificação de solos das amostras de Rossamonde.	129
Figura 84 – Exemplo de um Difractograma de RX da fracção de argila das 6 amostras secas ao ar.	130

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição da água na Terra em volume armazenado (http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)	10
Quadro 2 – Valores de porosidade e permeabilidade de algumas rochas	19
Quadro 3 – Classificação do grau de alteração de um maciço rochoso (ISRM, 1978, 1981)	23
Quadro 4 – Valores de α de acordo com a textura e estrutura de um solo (Adaptado de Elrick et al., 1989)	25
Quadro 5 – Classificação dos solos quanto à permeabilidade (Adaptado de SSDS, 1993)	29
Quadro 6 – Quadro síntese dos grupos hidrológicos de solos	30
Quadro 7 – Legenda dos vários acessórios do Permeâmetro de Guelph	32
Quadro 8 – Folha de registo do ensaio de permeabilidade do solo (segundo Espinha Marques, 2007)	38
Quadro 9 – Classificação da mineralização e da qualidade das águas de acordo com a condutividade eléctrica (Mendes & Oliveira, 2004)	57
Quadro 10 – Classificação da água segundo o Resíduo Seco (Custódio & Llamas, 1996)	57
Quadro 11 – Classificação da água segundo a dureza (Custódio & Llamas, 1996)	58
Quadro 12 – Valores médios totais da temperatura e da precipitação (Porto/Serra Pilar; 1961-1990) (Instituto de Meteorologia de Portugal)	88
Quadro 13 – Valores das análises químicas das águas do poço da quinta de Rossamonde (ponto nº4)	106
Quadro 14 – Valores das análises químicas das águas do poço do Sr. Serafim Ribeiro (ponto nº10)	107
Quadro 15 – Valores das análises químicas das águas minero-medicinais de Rossamonde (Relatório inédito do Prof. Charles Lepierre, 1930, in Oliveira, 1932 e Acciaiuoli, 1952)	108
Quadro 16 – Valores analíticos relativos às áreas subterrâneas de Espinhaço (Avintes).	112
Quadro 17 – Inventário das fontes de contaminação na localidade de Rossamonde (Valbom).	120
Quadro 18 – Inventário das fontes de contaminação na localidade de Espinhaço (Avintes).	122
Quadro 19 – Resultados dos ensaios com permeâmetro de carga constante na área de Rossamonde.	125
Quadro 20 – Resultados dos ensaios com permeâmetro de carga constante na área de Espinhaço.	127
Quadro 21 – Resultados dos ensaios granulométricos das amostras de solos de Rossamonde.	128
Quadro 22 – Resultados da análise granulométrica por peneiração, da sedimentação e pipetagem das amostras de solo de Rossamonde.	128
Quadro 23 – Resultados dos ensaios granulométricos das amostras de solo de Espinhaço.	130
Quadro 24 – As fases constituintes do trabalho e respectivos custos (s/ IVA, €) associados ao Projecto	132
Quadro 25 – Custos do equipamento associados ao Projecto	132
Quadro 26 – Custo total do projecto (sem IVA incluído)	132

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Mapas de inventário hidrogeológico

Anexo 2 – Fichas de inventário hidrogeológico das áreas de Rossamonde e Espinhaço

Anexo 3 – Mapas de inventário das potenciais fontes de contaminação

Anexo 4 – Fichas de inventário das potenciais fontes de contaminação das áreas de Rossamonde e Espinhaço

Anexo 5 – Mapas de pontos de amostragem para o estudo granulométrico dos solos e dos ensaios de permeabilidade “in situ”

Anexo 6 – Fichas de registo de ensaios com o permeâmetro de Guelph das áreas de Rossamonde e Espinhaço

Anexo 7 – Fichas de registo e respectivas curvas granulométricas das áreas de Rossamonde e Espinhaço

Anexo 8 – Aspectos do trabalho de campo

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1 – Lei de Darcy.....	19
Fórmula 2 – Cálculo da transmissividade.....	20
Fórmula 3 – Condutividade hidráulica saturada.....	24
Fórmula 4 – Equação de Gardner.....	24
Fórmula 5 – Condutividade hidráulica saturada de campo.....	28
Fórmula 6 – Percentagem do material grosso.....	43
Fórmula 7 – Percentagem do material retido no peneiro nº x.....	43
Fórmula 8 – Percentagem acumulada do material que passa em cada peneiro.....	43
Fórmula 9 – Percentagem do material fino.....	44
Fórmula 10 – Percentagem do material retido no peneiro nº x referente à massa total da amostra.....	44
Fórmula 11 – Percentagem acumulada do material que passa em cada peneiro.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM – American Society for Testing and Materials

CTC – Capacidade de troca catiónica

DRX – Difracção de Raios X

EPA – Environmental Protection Agency

IGM – Instituto Geológico e Mineiro

INAG – Instituto da Água

INET – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

ISRM – International Society for Rock Mechanics

IUSS – International Union of Soil Sciences

K_s – Condutividade Saturada

K_{sc} – Condutividade Saturada de campo

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Meq/l – mili-equivalentes

Mg/l – miligramas por litro

MMA – Ministério de Médio Ambiente

Ppm – partes por milhão

SIG – Sistemas de Informação Geografica

USDA – United States Department of Agriculture

USSCS – Soil Survey Division Staff

INTRODUÇÃO GERAL, ENQUADRAMENTO DO TEMA E OBJECTIVOS

1. INTRODUÇÃO GERAL, ENQUADRAMENTO DO TEMA E OBJECTIVOS

Este trabalho insere-se na Unidade Curricular Dissertação/Projecto/Estágio, do 2º ano, do Curso de Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do Departamento de Engenharia Geotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) do Politécnico do Porto.

O presente trabalho enquadra-se, ainda, ao abrigo do projecto GROUNDURBAN (POCTI/CTE-GIN/59081/2004) financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, integrado na linha de investigação de Recursos Hídricos Subterrâneos da área metropolitana do Porto e em desenvolvimento no Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP, em parceria com o Centro GeoBioTec (Grupo de Georrecursos, Geotecnia e Geomateriais) da Universidade de Aveiro.

A presente investigação consistiu, em suma, num levantamento sistemático de pontos de água existentes numa área circunscrita da região de Valbom (área de Rossamonde) e na região de Avintes (área de Espinhaço) — para um estudo hidrogeológico de pormenor. Procedeu-se a um inventário hidrogeológico de superfície, ao reconhecimento geomorfológico e geológico de superfície, à cartografia hidrogeológica de pormenor, bem como à inventariação das potenciais fontes de contaminação de água subterrânea e à colheita de amostras de água para estudos hidroquímicos para a caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas de Valbom. O estudo da zona não saturada (ou vadosa) foi realizado numa perspectiva hidropedológica. Assim, realizou-se um estudo hidropedológico recorrendo ao permeâmetro de Guelph que permitiu caracterizar a zona vadosa das áreas de Rossamonde e de Espinhaço.

O principal objectivo deste projecto é a execução de um estudo hidrogeológico, que tem por fim o ensaio de diversas técnicas geológicas, hidrogeológicas e hidropedológicas na localidade de Espinhaço (Avintes) e, especialmente, na localidade de Rossamonde, próxima à cidade de Valbom com um potencial hidromineral (Águas Termominerais de Rossamonde, actualmente, abandonadas; cf. Oliveira, 1932; Acciaiuoli, 1952) muito interessante e, porventura, o presente estudo poderá contribuir para um conhecimento mais actualizado deste recurso geológico.

O trabalho na fase inicial, envolveu uma aturada pesquisa bibliográfica sobre as áreas de estudo, sobretudo acerca das águas minero-medicinais de Rossamonde. Numa segunda fase, o trabalho envolveu a sistematização de critérios a verificar no reconhecimento *in situ*, nomeadamente, a delimitação da área de estudo, identificação no terreno das potenciais fontes de contaminação e a elaboração de fichas de inventário hidrogeológico de campo.

Os trabalhos de campo decorreram entre os meses de Maio e Junho de 2007/08, englobando trabalho de reconhecimento, de inventariação dos pontos de água e dos principais focos de contaminação, da recolha de solos para posterior análise granulométrica em laboratório e a

aplicação do método do Permeâmetro de Guelph na avaliação da permeabilidade *in situ* de um solo. Nos trabalhos de campo recebemos a colaboração da Dr^a M. J. Afonso, do Dr. J. Teixeira e do Prof. Doutor Helder I. Chaminé, bem como nos ensaios de permeabilidade de campo na área de Valbom tivemos o prestimoso apoio do Prof. Doutor J. Espinha Marques. Este trabalho incorpora, actualiza e expande o relatório de Teixeira (2007).

No tratamento da cartografia e dados hidrogeológicos recorreu-se às facilidades do Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada (LABCARGA) e os ensaios granulométricos foram executados no Laboratório de Solos do Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção (LGMC) do ISEP e no Laboratório Geotécnico de apoio da “Pedreira de Sortes” da empresa Jeremias de Macedo & C^a Lda.

Quanto à análise do solo em termos mineralógicos utilizando o método do Diagrama Múltiplo de DRX da fracção limo, esta foi realizada no Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT) pertencente ao Instituto Superior de Agronomia, sob coordenação da investigadora auxiliar Doutora Madalena Fonseca.

2

HIDROGEOLOGIA APLICADA

2. HIDROGEOLOGIA APLICADA

2.1. Generalidades

A água é um dos recursos naturais mais importantes da Terra, pois é o composto mais abundante nos organismos vivos no qual ocorre a maior parte das reacções bioquímicas.

A água é essencial a todas as formas de vida e o Homem utiliza-a para os mais diversos fins, tais como: consumo, abastecimento doméstico e industrial, produção de energia, indústria agropecuária, irrigação, navegação, actividades recreativas e de lazer, etc.

Quase toda a água do planeta está concentrada nos oceanos e só apenas uma pequena fracção se encontra em terra, estando a maior parte desta sob a forma de gelo e neve ou abaixo da superfície (água subterrânea). Apenas uma fracção muito pequena de toda a água terrestre está directamente disponível ao Homem e aos outros organismos, sob a forma de lagos e rios, ou como humidade presente nos solos, na atmosfera e como componente dos mais diversos organismos (figura 1).

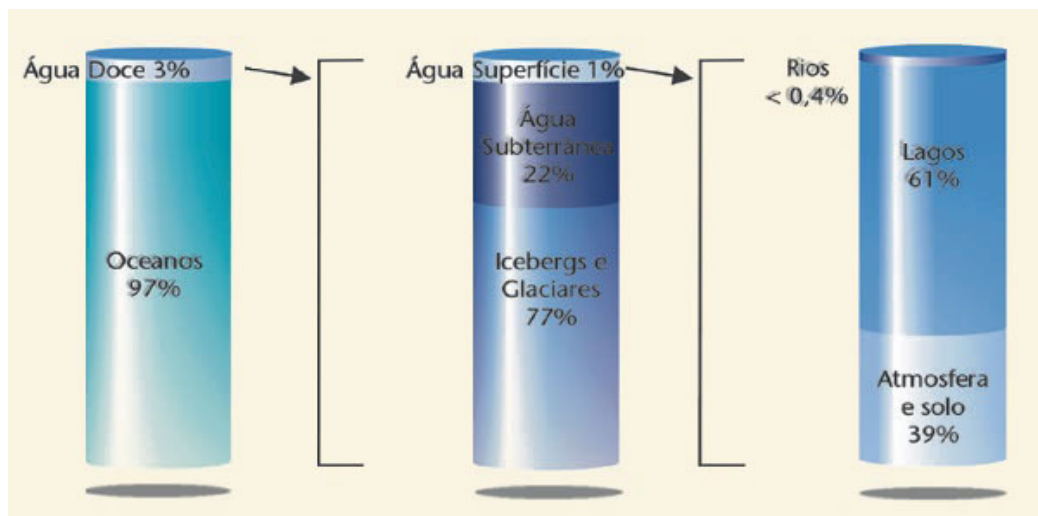


Figura 1 - Distribuição da água na Terra
(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

No quadro 1 pode ver-se como se distribui a água no planeta em termos de volume armazenado nos diferentes reservatórios:

Quadro 1 - Distribuição da água na Terra em volume armazenado
(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

Reservatórios	Volume de água (Km³)	% Água total
Oceanos	1 320 000 000	96.1
Glaciares	29 000 000	2.13
Água subterrânea	8 300 000	0.61
Lagos	125 000	0.009
Mares interiores	105 000	0.008
Humidade do solo	67 000	0.005
Atmosfera	13 000	0.001
Rios	1 250	0.0001
Volume total	1 360 000 000	100%

2.2. O ciclo hidrológico

O conceito de ciclo hidrológico (figura 2) define-se como um sistema dinâmico ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, as calotes de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Este sistema permanente ocorre devido à acção do sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera sob a forma de vapor (Evaporação) originando massas de nuvens, e à gravidade, que faz com que a água condensada caia sob a forma de chuva, neve ou granizo (Precipitação) e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos (Escoamento Superficial) ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fracturas (Escoamento Subterrâneo).

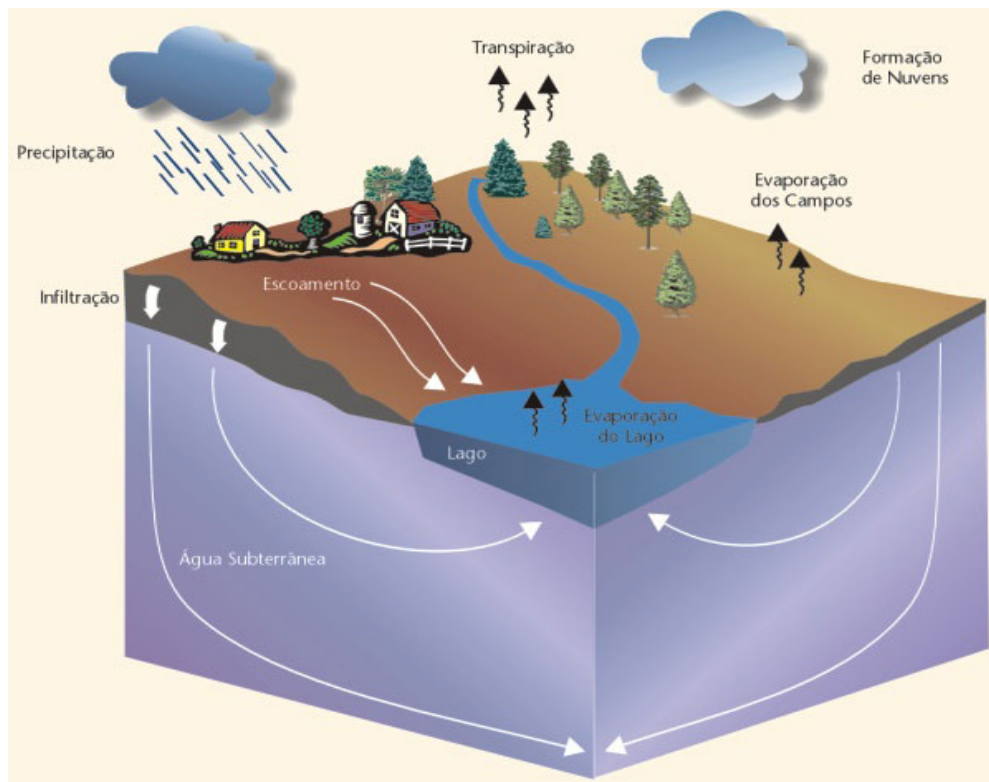


Figura 2 - O ciclo hidrológico

(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

É necessário referir, que nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, porque uma parte, na sua queda, volta a evaporar-se.

A água que se infiltra no solo é sujeita a evaporação directa para atmosfera e é retida pela vegetação existente na superfície terrestre, que através da transpiração, a devolve à atmosfera (Evapotranspiração) e ocorre no topo da zona não saturada, ou seja, na zona onde os espaços entre as partículas de solo contêm tanto ar com água.

Parte da água que continua a infiltrar-se irá atingir a zona saturada das rochas, entrando na circulação subterrânea, contribuindo para o aumento da água armazenada (Recarga de Aquíferos). Na figura 3 é possível perceber que na zona saturada (Aquífero) os poros ou fracturas das formações rochosos estão completamente preenchidas por água e o topo da zona saturada corresponde ao nível freático.

A água subterrânea pode ressurgir à superfície (Nascentes) e alimentar as linhas de água já existentes ou ser descarregada directamente nos oceanos.

A quantidade de água e a velocidade a que esta circula nas diferentes etapas do ciclo hidrológico dependem de alguns factores, tais como: topografia da superfície, tipo de solo e a sua geologia, cobertura vegetal e a altitude.

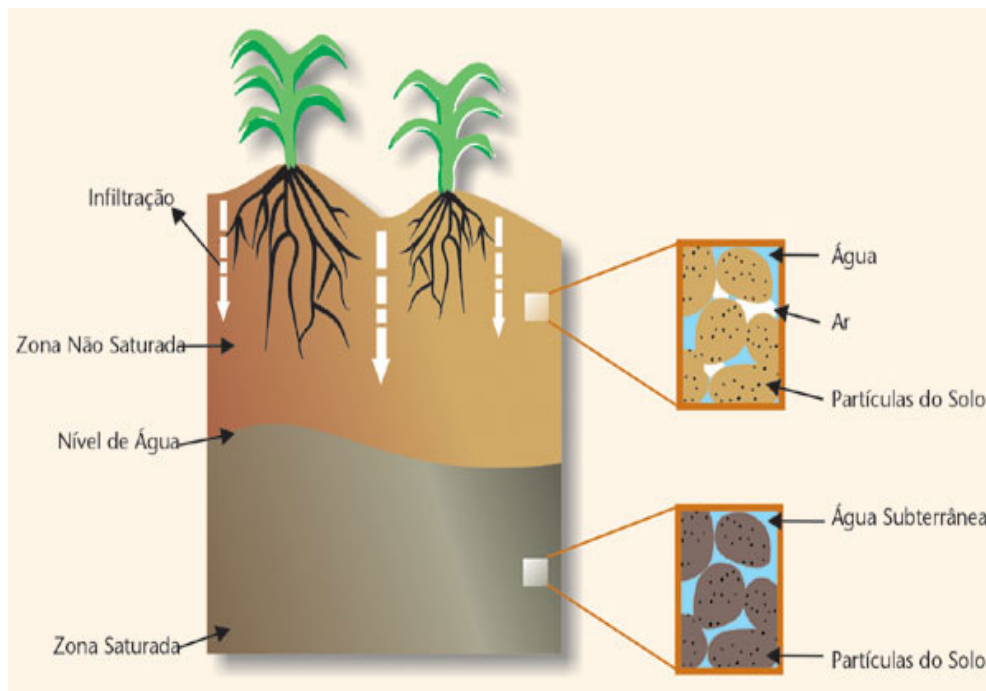


Figura 3 – Movimentação da água no solo
 (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

O ciclo da água é uma realidade essencial do ambiente, pois trata-se de um agente modelador da crosta terrestre, uma vez que a água é um agente erosivo, responsável pelo transporte e pela deposição de sedimentos, o que condiciona, a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, a vida na Terra.

2.3. Formações Aquíferas

Um aquífero é uma formação geológica com capacidade de armazenar e transmitir água de forma razoável, sem impactes ambientais negativos.

A viabilidade económica da utilização da água subterrânea depende do tipo de necessidades a satisfazer, o que teremos em conta a utilização e os utilizadores da água quando pensamos no conceito de aquífero.

A exploração dos aquíferos deve respeitar o princípio segundo o qual as actividades humanas devem ser ambientalmente sustentáveis, isto é, a exploração dos aquíferos deve ser feita de forma a não comprometer a capacidade dos mesmos de fornecerem água em quantidade e de qualidade adequada, a curto, a médio e a longo prazo.

Existem essencialmente três tipos de aquíferos (figura 4):

- Aquífero Livre – Formação geológica permeável e parcialmente saturada de água, sendo limitado na base por uma camada impermeável e em que o nível da água no aquífero se encontra à pressão atmosférica.
- Aquífero Confinado – Formação geológica permeável e parcialmente saturada de água, sendo limitado no topo e na base por camadas impermeáveis e em que a pressão da água no aquífero se encontra superior à pressão atmosférica.
- Aquífero Semi-confinado – Sistema físico integrado por um aquífero superior bem alimentado, uma camada semi-permeável e um aquífero inferior semi-confinado, em que a diferença de níveis entre o aquífero superior e o inferior acarreta uma transferência de água na vertical que alimenta o aquífero inferior.

Se as formações geológicas não são aquíferas, então podem ser definidas da seguinte forma:

- Aquitardo – Formação geológica que pode armazenar água mas que a transmite lentamente, não sendo rentável o seu aproveitamento a partir de poços.
- Aquicludo – Formação geológica que pode armazenar água mas não a transmite, não existindo circulação.
- Aquífugo – Formação geológica impermeável que não armazena nem transmite água.

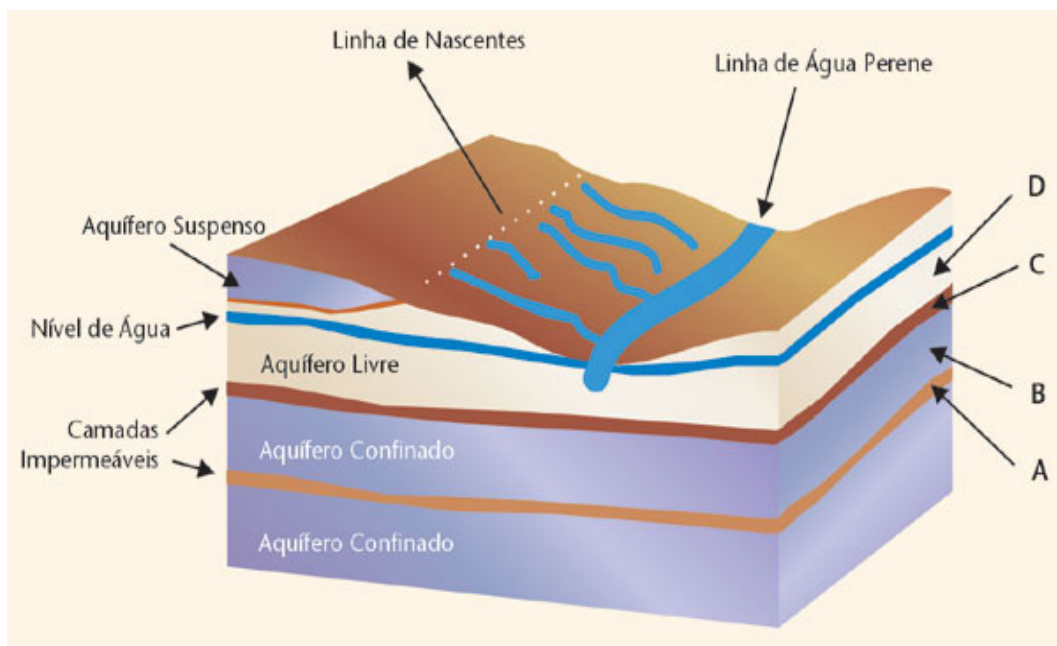


Figura 4 – Tipos de aquíferos

(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

Na figura 4 estão representados um aquífero confinado e um livre, em que o aquífero confinado, formação B, está limitado no topo e na base por formações impermeáveis C e A, respectivamente. O aquífero livre é formado pela formação D e limitado na base pela formação impermeável C. Na natureza as formações impermeáveis nem sempre se apresentam como na figura anterior, podendo ser descontínuas e irregulares e do mesmo modo confinarem os aquíferos (figura 5).

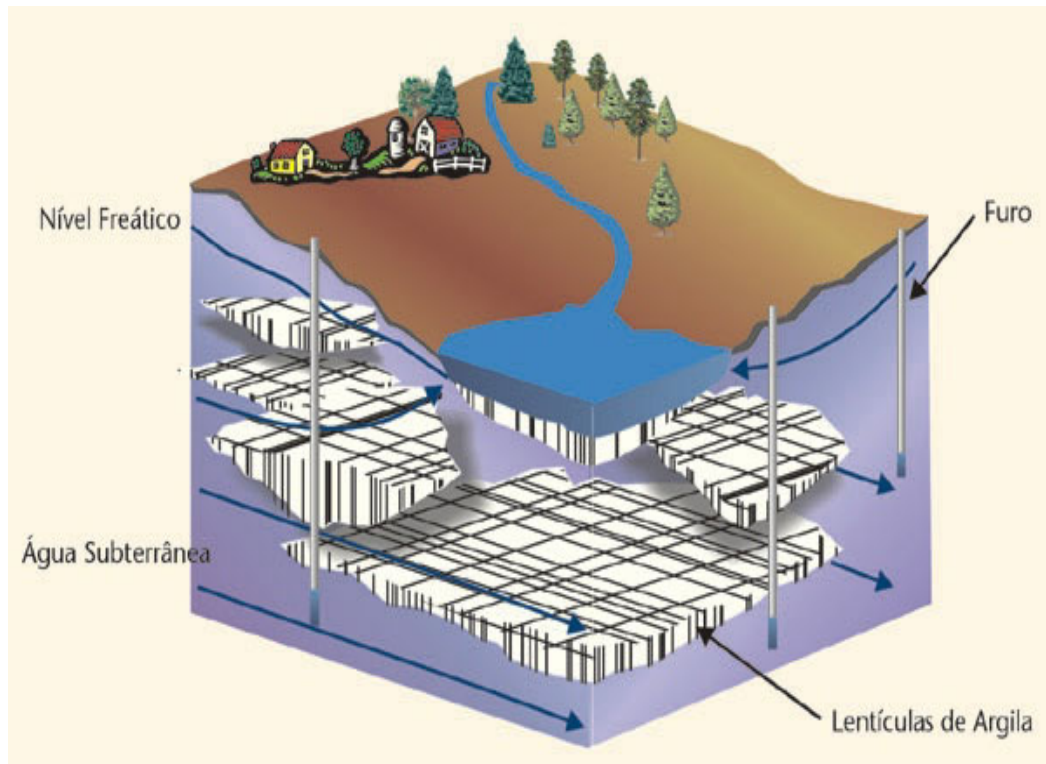


Figura 5 – Níveis argilosos descontínuos e confinantes
(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

Efectuando furos em aquíferos livres e em aquíferos confinados (figura 6) podemos verificar que:

- i) no furo do aquífero confinado a água subirá acima do tecto do aquífero devido à pressão exercida pelo peso das camadas confinantes e sobrejacentes. A altura a que a água sobe designa-se por Nível Piezométrico e o furo será Artesiano. Caso a água atinja a superfície do terreno sob a forma de repuxo então o furo Artesiano será Repuxante; ii) no caso do aquífero livre o nível da água não sobe e corresponde ao nível da água no aquífero, porque a água se encontra à mesma pressão atmosférica, designando-se por Nível Piezométrico.

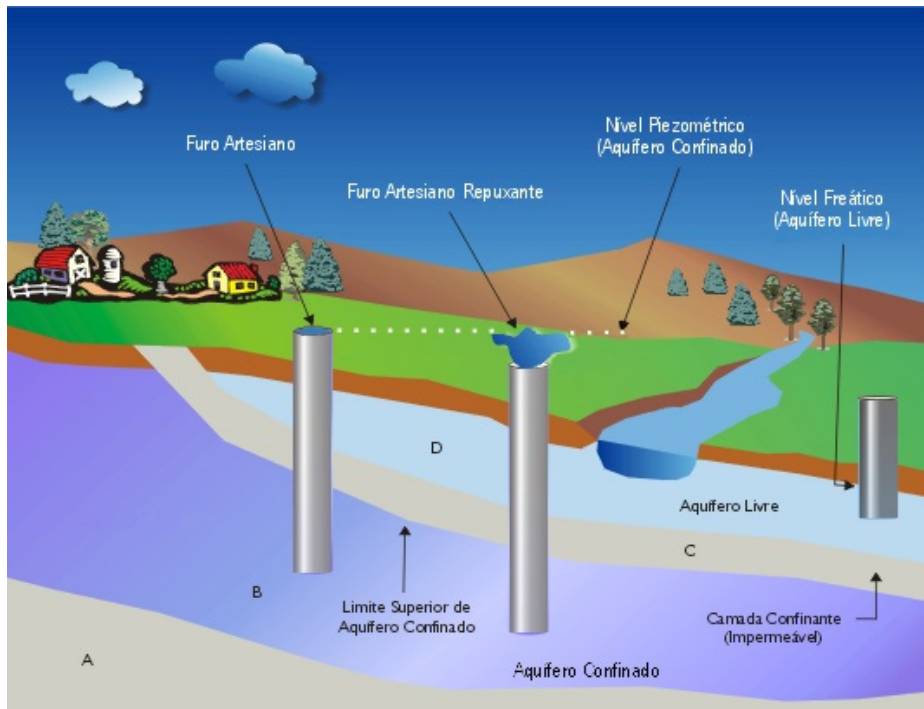


Figura 6 – Comportamento dos furos nos aquíferos livres e confinados
 (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

O nível da água nos aquíferos não é estático e varia com os seguintes factores:

- A precipitação ocorrida;
- Os efeitos de maré nos aquíferos costeiros;
- A extracção de água subterrânea;
- A evapotranspiração;
- A variação súbita da pressão atmosférica (sobretudo no Inverno);
- As alterações do regime de escoamento de rios influentes (recarregam os aquíferos).

A maior ou menor quantidade de água que pode ser armazenada num aquífero depende de factores tão variados como o clima, tipo de estruturas da rocha e a topografia do terreno. A influência do clima deve-se aos volumes de precipitação e de evaporação pelo facto de estes condicionarem o crescimento da vegetação, à escorrência e à infiltração. A vegetação é um factor de desumidificação do solo, pela transpiração que realiza através das folhas.

Uma formação geológica para ser classificada como aquífero deve conter poros, fissuras e/ou cavidades de dissolução, ou seja, espaços vazios, que permitem a circulação e a mobilidade da água (figura 7). Desta forma, sob o ponto de vista textural, os aquíferos podem ser classificados da seguinte forma:

- Porosos – onde a água circula através de poros e em que as formações geológicas poderão ser areias, arenitos, conglomerados, etc;
- Fissurados ou Fracturados – onde a água circula através de fracturas ou pequenas fissuras em que as formações geológicas poderão ser granitos, gabros, etc;
- Cársicos – onde a água circula em condutas que resultam do alargamento de diaclases por dissolução e em que as formações geológicas poderão ser calcários e dolomitos.

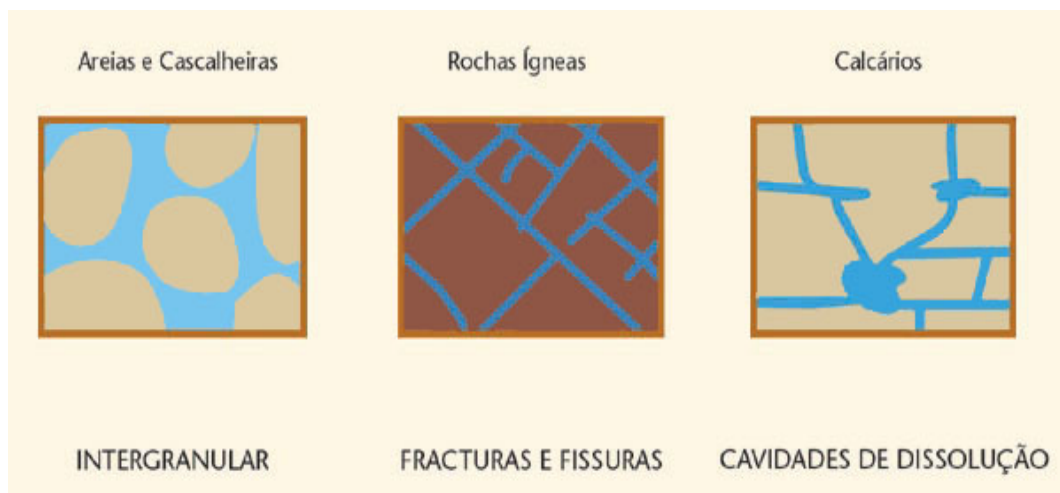


Figura 7 – Circulação de água nos meios porosos, fissurados e cárnicos
(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

Por vezes os aquíferos são simultaneamente de mais de um tipo. Por exemplo um granito pode ter uma zona superior muito alterada onde a circulação da água é feita através dos poros e uma zona inferior de rocha sã onde a circulação é feita por fracturas. Outros exemplos serão os calcários e dolomitos que podem ser cárnicos e fissurados circulando a água através de fissuras da própria rocha e de condutas cárnicas.

Na figura 8 podemos observar como é que os principais aquíferos se distribuem em Portugal Continental, que nome têm e como estão codificados pelo Instituto da água:

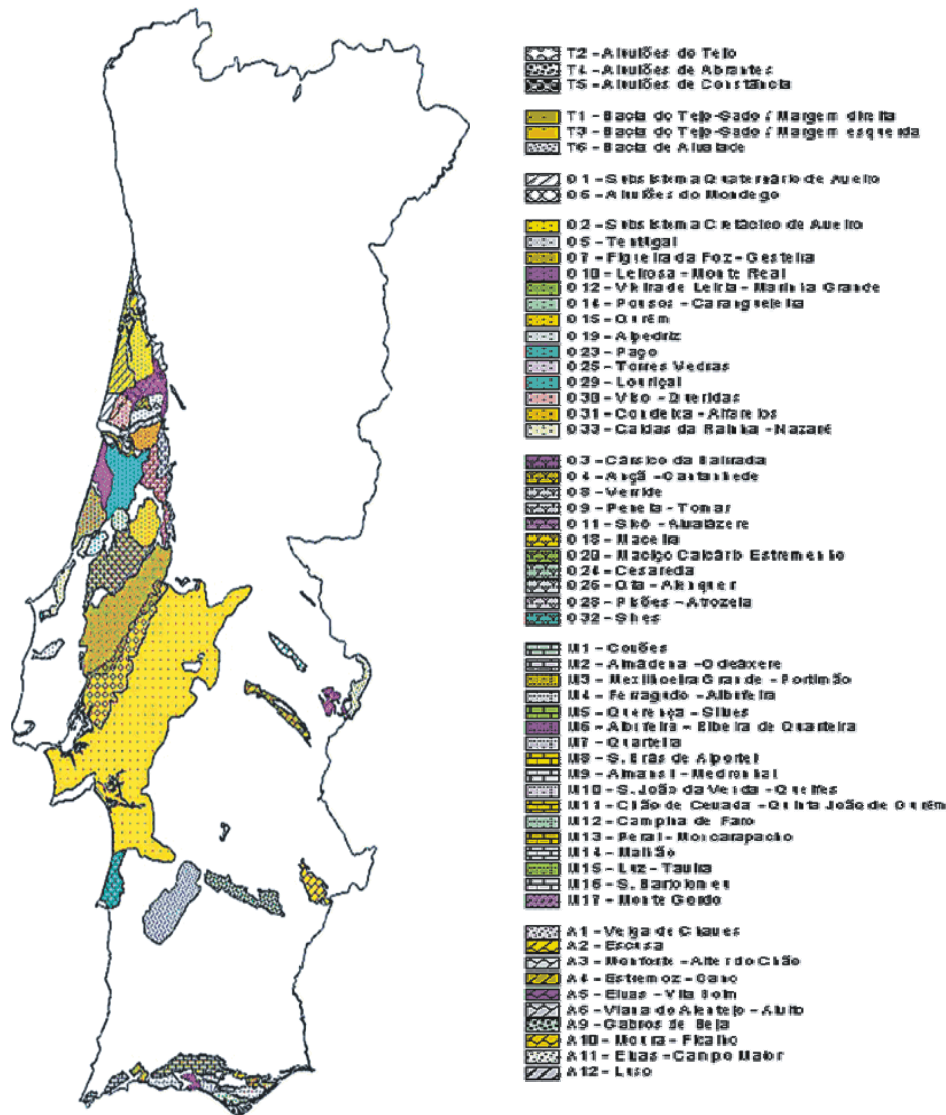


Figura 8 – Distribuição dos principais aquíferos em Portugal Continental (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

2.4. Parâmetros hidrogeológicos e características dos aquíferos

As propriedades hidráulicas definem-se como as características que controlam o fluxo de água subterrânea e o seu armazenamento e podem ser medidas quer no campo quer em laboratório, podendo ser avaliadas em termos genéricos, considerando as características geológicas das formações.

Realizada a caracterização e quantificação das propriedades hidráulicas será possível fazer uma correcta avaliação do reservatório de água e assim o conseguirmos classificar quanto à sua capacidade de armazenamento e extracção, o que dependerá da conjugação de algumas propriedades, tais como: Porosidade, Permeabilidade, Coeficiente de Armazenamento e Transmissividade.

- **Porosidade e Permeabilidade**

Diz-se que uma formação é porosa quando é formada por um agregado de grãos entre os quais existem espaços vazios que podem ser ocupados pela água designados por poros.

A porosidade das formações será a razão entre o volume de vazios e o volume da formação. A permeabilidade é a medida da capacidade de circulação de um fluido através de uma rocha, sem alterar a sua estrutura interna (figura 9).

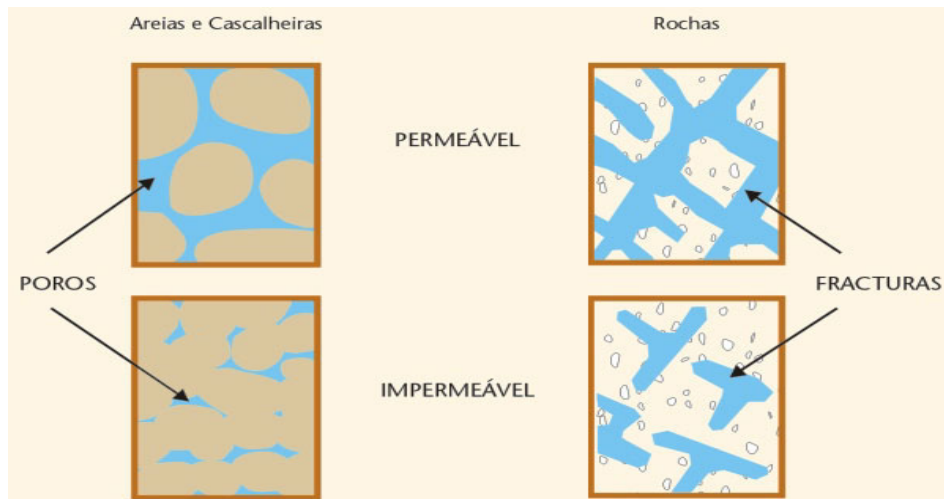


Figura 9 – Porosidade e Permeabilidade

(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

Um terreno muito poroso poderá ser muito permeável se os seus poros são grandes e bem interligados, tal como acontece nas areias limpas; poderá também ser quase impermeável se apesar de possuir muitos poros, estes não comunicarem entre si ou serem de tamanho tão pequeno que não permita a passagem de água, como acontece nas argilas ou em certos materiais vulcânicos.

Geralmente os terrenos de baixa porosidade tendem a ser pouco permeáveis, porque as conexões entre os poros são difíceis de estabelecer, como acontece nas rochas metamórficas e nas rochas ígneas.

O armazenamento e circulação de água subterrânea dependem da porosidade e da permeabilidade das formações, mas esta ao circular vai interferir nestas propriedades porque ao longo do seu percurso vai interagindo com as rochas que atravessa, dissolvendo determinadas substâncias e precipitando outras. Um exemplo que se ajusta a esta situação será as grutas que são antigas condutas onde a água ao circular foi dissolvendo minerais como a calcite e a dolomite, alargando cada vez mais a conduta.

No quadro 2 podemos encontrar os valores de porosidade e permeabilidade de algumas rochas.

Quadro 2 – Valores de porosidade e permeabilidade de algumas rochas.

Rocha	Porosidade (%)	Permeabilidade (m/dia)
Cascalheira	30	>1000
Areia	35	10 a 5
Argila	40	<0.001

- **Coefficiente de armazenamento**

O coeficiente de armazenamento é um parâmetro hidrogeológico adimensional que corresponde ao volume de água armazenado ou cedido por unidade de área de um aquífero quando a superfície piezométrica desce uma unidade de comprimento.

Nos aquíferos livres o valor do coeficiente de armazenamento coincide praticamente com o valor da porosidade eficaz e o seu valor costuma oscilar entre 0,01 e 0,04. Nos aquíferos confinados o valor deste coeficiente é muito inferior ao da porosidade eficaz, apresentando, geralmente, valores compreendidos entre 10^{-3} e 10^{-6} .

- **Condutividade hidráulica (ou permeabilidade)**

A condutividade hidráulica corresponde à propriedade de uma formação rochosa, permitir a passagem de água ou outro fluido, em maior ou menor vazão por unidade de área. Esta propriedade depende das características do meio (porosidade, tamanho, distribuição, forma e arranjo das partículas) e das propriedades do fluido (viscosidade e peso específico).

A condutividade hidráulica corresponde ao coeficiente de proporcionalidade K que aparece na Lei de Darcy, podendo ser determinada através de métodos empíricos, laboratoriais ou ensaios de campo. Os seus valores são geralmente expressos em m/s ou cm/s.

A Lei de Darcy (figura 10) demonstra que a velocidade (V) da água que atravessa um meio poroso é igual ao produto do gradiente hidráulico ($\Delta h/L$), por uma constante K, que se designa por condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (Fórmula [1]).

$$V = K \cdot (\Delta h/L) \quad [1]$$

V → Velocidade de fluxo de água subterrânea (m/s)

K → Condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (m/s)

Δh → Carga hidráulica (m)

L → Distância correspondente a Δh (m)

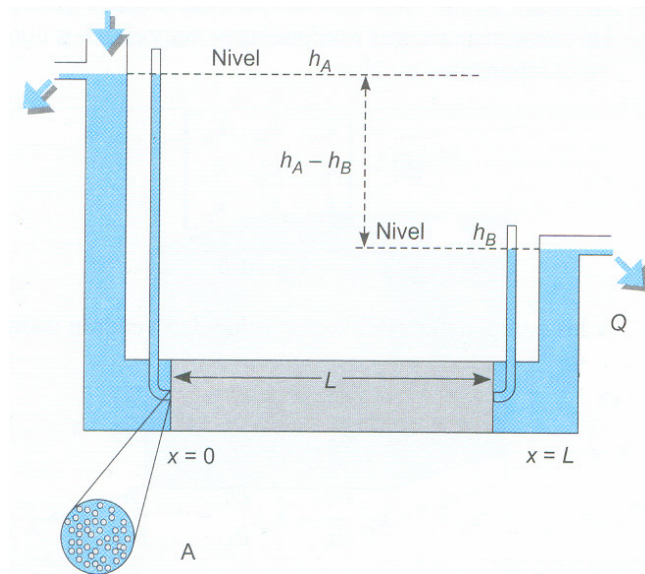


Figura 10 – Representação esquemática da Lei de Darcy (Adaptado de González de Vallejo et al., 2004).

- **Transmissividade**

A transmissividade é um parâmetro hidrogeológico que corresponde à capacidade de um meio para transmitir água, ou seja, é a capacidade que um aquífero possui para conduzir a água. Pode ser definida como a quantidade de água que se escoou através da secção vertical do aquífero quando se diminui a carga hidráulica de uma unidade e expressa-se, normalmente, em m²/dia.

Este parâmetro pode ser calculado através do produto da condutividade hidráulica pela espessura do aquífero (fórmula [2]).

$$T = K \cdot b \quad [2]$$

T → Transmissividade (m²/dia)

K → Condutividade hidráulica (m/dia)

B → Espessura saturada do aquífero (m)

2.5. Prospecção hidrogeológica

Para a realização de um estudo de prospecção hidrogeológica é necessário seguir uma metodologia de estudo que passará por diferentes fases de um projecto de engenharia.

A primeira fase consiste na caracterização geológica de superfície, através da identificação dos materiais geológicos e caracterização dos processos de definição da litologia, da estrutura, da geomorfologia e da hidrologia.

A segunda fase consiste na caracterização geológica-geotécnica de superfície e/ou de sub-superfície, avaliando a distribuição espacial dos materiais, as condições hidrogeológicas e ambientais, as propriedades geomecânicas, hidrogeológicas e geoquímicas e os materiais geológicos através de ensaios “in-situ” e de laboratório.

A terceira fase consiste na avaliação do comportamento geológico-geotécnico durante as condições de projecto, realizando alguns trabalhos, tais como: avaliação do comportamento mecânico e hidráulico dos maciços rochosos e dos solos, determinação dos parâmetros geotécnicos consoante a obra e avaliação e tratamentos do maciço em função do comportamento reológico dos materiais (assentamentos, subsidências, etc).

A última fase de estudo consiste na monitorização geotécnica-geomecânica que passa pela verificação e adaptação dos resultados do projecto às condições geológicas-geotécnicas no decorrer da obra utilizando para esse fim, instrumentação e monitorização adequadas.

Para a realização de uma adequada prospecção são utilizadas vários tipos de técnicas como a prospecção mecânica e a prospecção geofísica, nomeadamente, a geoeléctrica, a magnética, a electromagnética, a gravimétrica e a sísmica, que são bastante úteis no reconhecimento da distribuição e das propriedades dos materiais no subsolo.

Em termos hidrogeológicos, a prospecção é bastante útil nas seguintes situações: localização de camadas e fracturas; avaliação da profundidade do nível freático; determinação da extensão, espessura e volume das formações aquíferas; determinação da porosidade das formações; determinação das reservas; avaliação da mineralização das águas; evidências de relações entre aquíferos contíguos e detecção de nascentes submarinas.

Numa prospecção hidrogeológica deverá ser parte integrante um inventário hidrogeológico, o mais completo possível em termos quantitativos e qualitativos, de todos os pontos de água superficial e subterrânea, contendo informações, tais como: tipos e localizações de nascentes, minas, poços e furos; leituras dos níveis piezométricos; medições de caudais e compilação de parâmetros físico-químicos das águas (pH, temperatura, condutividade eléctrica, etc).

O reconhecimento e posicionamento de estruturas hidrogeológicas que condicionam a circulação hídrica subterrânea são diferentes, em termos de metodologia utilizada, entre a prospecção de rochas compactas fissuradas e de rochas porosas ou de permeabilidade de interstícios. Enquanto que nas rochas compactas fissuradas, a zona de influência de estruturas hidrogeológicas favoráveis exhibe dimensões muito reduzidas (dezenas de metros), nos maciços porosos, a zona de influência pode atingir extensões de grandeza quilométrica.

2.6. Maciços Rochosos Fissurados

A importância da caracterização dos maciços rochosos fissurados, através da avaliação das suas descontinuidades, é elevada, uma vez que estas modificam a homogeneidade do maciço rochoso (figura 11), influenciando as suas propriedades geomecânicas: a deformabilidade, a permeabilidade e a resistência ao corte.

Em mecânica das rochas a designação de descontinuidade é usada para descrever a maior parte das superfícies estruturais, de um dado maciço, que apresentam uma resistência à tracção relativamente baixa (ISRM, 1978, 1981).

Em geologia aplicada, as descontinuidades agrupam-se em dois tipos principais (e.g., ISRM, 1978; Ferrer & González de Vallejo, 1999; González de Vallejo et al., 2002):

- Descontinuidades planares: planos de estratificação, de laminação, de xistosidade, de diaclases, as falhas, os diques, os filões e as discordâncias estratigráficas.
- Descontinuidades lineares: lineações de intersecção de foliações e lineação mineral.

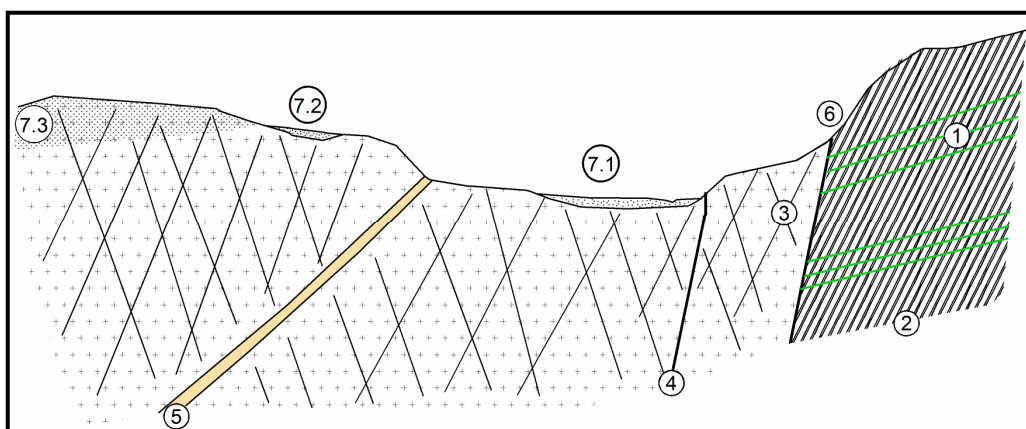


Figura 11 – Esquema representativo da heterogeneidade de um maciço (adaptado de Carvalho, 2006). 1 – Estratificação; 2 – Xistosidade; 3 – Diaclases; 4 – Falhas; 5 – Filões; 6 – Contacto geológico; 7.1 – Aluviões; 7.2 – Coluviões; 7.3 – Zona alterada.

As singularidades geológicas, morfológicas e estruturais ocorrentes em meios homogêneos determinarão condições para a circulação e armazenamento de águas subterrâneas e de fluidos hidrominerais, devendo, por isso, ser tentada a avaliação, qualitativa e quantitativa, do potencial das diversas estruturas hidrogeológicas. Do ponto de vista metodológico esta abordagem é correcta, mas deve-se ter em conta o comportamento hidrogeológico, em função da sua génese e tipologia, idade, unidades geológicas e tipo de água procurado.

Outro aspecto a ter em conta na caracterização geológica-geotécnica será a alteração da matriz rochosa que pode consistir na desagregação e decomposição através dos agentes físicos e químicos naturais, que transformam essa rocha noutra produto natural.

Os principais tipos de alteração responsáveis pela deterioração das rochas são os seguintes:

- Alteração Deutérica, Primária ou Hipogénica:

Trata-se de fenómenos como a caulinitização, a cloritização, a silicificação, a serpentinização e a greisenização.

- Alteração Meteórica, Secundária ou Supergénica:

Intrinsecamente relacionada com acções físico-químicas, como a dissolução, a hidratação, a oxidação, a redução e a hidrólise.

A *International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 1978, 1981) propôs uma classificação para o grau de alteração do maciço em estudos de geologia aplicada (quadro 3).

Quadro 3 – Classificação do grau de alteração de um maciço rochoso (ISRM, 1978, 1981; GSE, 1995).

Sigla	Designação	Caracterização
W ₁	Rocha sã ou não alterada	Não se observam sinais de alteração na matriz rochosa.
W ₂	Rocha ligeiramente alterada	Mudanças na cor original da matriz rochosa (descoloração).
W ₃	Rocha moderadamente alterada	Menos de metade do material rochoso está decomposto e/ou desagregado num solo, mantendo-se a petrofábrica original.
W ₄	Rocha muito alterada	Mais de metade do material rochoso está decomposto e/ou desagregado num solo, a rocha é muito friável.
W ₅	Rocha completamente alterada	Todo o material rochoso está decomposto.
W ₆	Solo residual	Todo o material rochoso está decomposto e/ou desagregado num solo residual

2.7. Solos

2.7.1. Condutividade hidráulica de um solo

A condutividade hidráulica dum meio poroso, como é o caso de um solo, mede a capacidade para esse meio transmitir um fluido, normalmente, a água. Como vimos anteriormente, este parâmetro é definido através da lei de Darcy.

Num solo saturado, os poros estão totalmente preenchidos por água, em que a maior parte deles, transmitem-na (Fetter, 2001), enquanto nos solos insaturados, uma parte dos poros estão preenchidos com ar, o que diminuirá a condutividade hidráulica.

No caso de um fluxo hídrico num solo saturado (fórmula [3]), a condutividade hidráulica saturada (K_s) é função das características do fluido e do solo (Radcliffe & Rasmussen, 2002):

$$K_s = (K \cdot \rho \cdot g) / \eta$$

[3]

K → Permeabilidade intrínseca do solo

ρ → Densidade da água

g → Aceleração da gravidade

η → Viscosidade da água

Um solo que possua uma textura fina e conseqüentemente poros pouco interligados e com reduzida dimensão, tende a obter valores de K_s mais baixos, enquanto num solo que possua textura grosseira, tende a obter valores de K_s mais elevados.

No caso de um fluxo hídrico de um solo não saturado, a condutividade hidráulica insaturada (K_i) é encarada como função do teor do solo, pois á medida que a água é drenada do solo inicialmente saturado, os maiores poros são esvaziados em primeiro lugar, especialmente em solos bem estruturados ou com textura grosseira, em que a dimensão dos poros tem uma reduzida variabilidade, em que conseqüentemente K_i diminui abruptamente. Em solos mais argilosos, em que estes possuem uma distribuição mais ampla das dimensões dos poros, a sua drenagem conduz a uma diminuição de K_i mais suave.

A equação de Gardner (1958) é muito utilizada para descrever K_i em função de uma carga de pressão, h (fórmula 4):

$$K_i(h) = K_s \cdot \exp[a(h - h_a)]$$

$$\text{se } 0 < a < +\infty \text{ e } h < h_a \leq 0$$

$$K(h) = K_s \text{ se } h \geq h_a$$

[4]

O factor **a** é um parâmetro de forma que depende, principalmente, da textura e da estrutura do solo. Na maioria dos solos naturais o factor **a** representa a razão entre a gravidade e as forças da capilaridade durante a infiltração ou drenagem e, normalmente, varia entre 0.01 e 0.5 cm⁻¹ (White & Sully, 1987).

Os valores elevados de **a** indicam que o movimento da água é, fundamentalmente, gravítico para solos com textura grosseira e/ou com estrutura forte, enquanto que para solos com textura fina e/ou mal estruturados tendem a apresentar valores reduzidos de **a**, significando que predominam as forças da capilaridade sobre a gravidade.

Elrick et al. (1989) apresentam valores indicativos de **a** para aplicação com critérios de campo (quadro 4):

Quadro 4 – Valores de **a** de acordo com a textura e estrutura de um solo (Adaptado de Elrick et al. 1989).

Tipos de Solo	a (cm⁻¹)
Materiais sem estrutura, argilosos ou siltosos, sedimentos lacustres ou marinhos, etc.	0.01
Solos com textura fina e sem estrutura (argila ou silte); algumas areias finas	0.04
Solos com textura argilosa a siltosa e estrutura nítida; solos de areias finas a médias; solos agrícolas	0.12
Solos compostos por areias grossas ou materiais com maior granulometria; solos de estrutura excepcionalmente bem definida e/ou com abundância de fendas e macroporos.	0.36

2.7.2. Metodologia utilizada para a caracterização física, química e mineralógica de amostras de solos

As amostras depois de recolhidas são secas ao ar e, após homogeneização, procede-se à crivagem da amostra total por um crivo 2 mm, de forma a separar os elementos grosseiros da terra fina (fracção <2 mm), na qual se fazem as determinações analíticas. A proporção de elementos grosseiros foi expressa em relação à amostra total seca ao ar.

A análise granulométrica das amostras é efectuada pelo Método Internacional, recomendado pela *International Union of Soil Sciences (IUSS)* utilizando a Escala de Atterberg. A análise efectua-se após destruição da matéria orgânica (com H₂O₂ a 30 vol. e aquecimento a um máximo de 80 °C), e dispersão com uma solução de hexametáfosfato de sódio e agitação durante 16 horas em agitador de *vai-e-vem*. A areia grossa (2-0,2 mm) é separada por crivagem; o limo (0,02-0,002 mm) e a argila (< 0,002 mm) por sedimentação e pipetagem (pipeta de Robinson) e a areia fina

(0,2-0,02 mm) por sedimentação e decantação. O pH é medido em H₂O e em KCl 1M, em suspensões com razão solo/solução de 1/2,5, pelo método potenciométrico. A condutividade eléctrica é determinada numa suspensão de solo com água desionizada na proporção de 1/2,5, utilizando um condutivímetro com compensação automática de temperatura (as leituras obtidas correspondem à condutividade a 25 °C). A capacidade de troca catiónica (CTC) é determinada pelo método do acetato de amónio 1M ajustado a pH 7, quantificando as bases de troca (Ca, Mg, K e Na) por espectrofotometria de absorção atómica. O C orgânico total é determinado na terra fina, por via húmida, pelo método de Springer & Klee com as adaptações introduzidas por De Leenher & Van Hove (1958).

Tendo em vista o estudo mineralógico da fracção argila total e do limo, procede-se ao isolamento destas duas fracções a partir de uma amostra de terra fina (cerca de 20 g). Após a destruição da matéria orgânica por processo idêntico ao da análise mecânica, passa-se a suspensão por um crivo com malha de 0,2 mm e recebe-se o material <0,2 mm num copo de 1000 ml. Este é seguidamente disperso por adição de NaOH 1M, com controlo do valor de pH, de forma a não ser ultrapassado o valor 9. Após sedimentação por tempo calculado pela equação de Stokes, a argila total é obtida por sucessivas decantações até extrair toda a argila contida no copo de sedimentação. Completada esta extracção, isola-se a fracção limo, também por sedimentação e decantação. A fracção argila é posteriormente floculada com MgCl₂ 1M e lavada com água destilada e metanol, a fim de eliminar totalmente os cloretos.

A identificação mineralógica das diferentes fracções é efectuada por difracção de raios X (DRX) num difractómetro (Philips PW 1710), comandado a partir de um PC pelo software PC-APD (Versão 3.6) (*Philips Scientific*). Os registos são efectuados utilizando um digitalizador contínuo, entre os 2 e os 45° (2θ) e velocidades de varrimento de 0,02 ° 2θ s⁻¹, acumulando contagens durante 1 segundo. É usada uma ampola de cobre como fonte de radiação, gerada com uma voltagem de aceleração de 40 kV, e uma intensidade de corrente de 30 mA.

No estudo das amostras da fracção areia total (2-0,02 mm) esta, depois de moída em almofariz de ágata e passada por um crivo com malha de 50 µm, é colocada de forma aleatória na cavidade de um porta-amostras *standard*, sem imprimir qualquer orientação preferencial às partículas.

Nas preparações com vista à obtenção de agregados orientados (limo e argila), é efectuada a sedimentação lenta, à temperatura ambiente, de uma suspensão destas fracções em água destilada, sobre uma lâmina de vidro.

As preparações destinadas à caracterização mineralógica da argila são também passadas ao RX após glicolação, para a pesquisa de eventuais minerais expansíveis, assim como após aquecimento durante uma hora a 550 °C.

2.7.3. Ensaio de permeabilidade *in situ*

A condutividade hidráulica de um solo pode ser avaliada *in situ* com recurso ao permeâmetro de carga constante, o *Permeâmetro de Guelph* (Figura 12).



Figura 12 – Permeâmetro de Guelph 2800K1.

Reynolds et al. (1983) demonstraram que quando K_s é medida na zona não saturada, esta é habitualmente designada por condutividade hidráulica saturada de campo (K_{sc}), reconhecendo o facto de, mesmo em condições de saturação, parte dos poros permanecem insaturados (fórmula 5). Seguindo essa teoria, um meio poroso em saturação de campo contém menos água do que se estivesse completamente saturado.

Segundo, Bouwer (1978) e Reynolds & Elrick (1987), dependendo da quantidade de ar aprisionado no solo, o valor de K_{sc} poderá ser metade ou mesmo menos de metade do valor de K_s , obtido por saturação completa.

Para muitos estudos, na zona não saturada, K_{sc} é considerado mais apropriado do que K_s , porque na maioria dos processos naturais de infiltração, a saturação completa do meio poroso nunca é atingida (Reynolds, 1993).

$$K_{sc} = C \cdot A \cdot R / [2\pi \cdot H^2 + C\pi r^2 + (2\pi H/a)]$$

Para se determinar *in situ* o valor de K_{sc} utiliza-se um modelo de permeâmetro de carga constante, designado por Permeâmetro de Guelph (Reynolds & Elrick, 1986; Elrick et al., 1989; Reynolds, 1993; Reynolds & Elrick, 2002; Espinha Marques, 2007; Espinha Marques et al., 2007). Este método utiliza os seguintes parâmetros gerais para o cálculo do valor de K_{sc} , no caso de ser aplicada uma única carga hidráulica durante o ensaio:

A → Área de secção do reservatório do permeâmetro (cm²)

R → Taxa de rebaixamento da água no reservatório do permeâmetro (cms⁻¹)

H → Carga hidráulica materializada pelo nível constante da água no orifício cilíndrico aberto no solo

C → Factor de forma adimensional, função da razão entre a carga hidráulica e o raio do orifício ($C=f(H/r)$, obtido num gráfico (figura 13) ou pelas seguintes expressões matemáticas:

- $C_1 = [H/(2.074r+0.093H)]^{0.754} \rightarrow$ se $a \geq 0.12 \text{ cm}^{-1}$
- $C_2 = [H/(1.992r+0.091H)]^{0.683} \rightarrow$ se $a = 0.04 \text{ cm}^{-1}$
- $C_3 = [H/(2.102r+0.118H)]^{0.655} \rightarrow$ se $a = 0.01 \text{ cm}^{-1}$

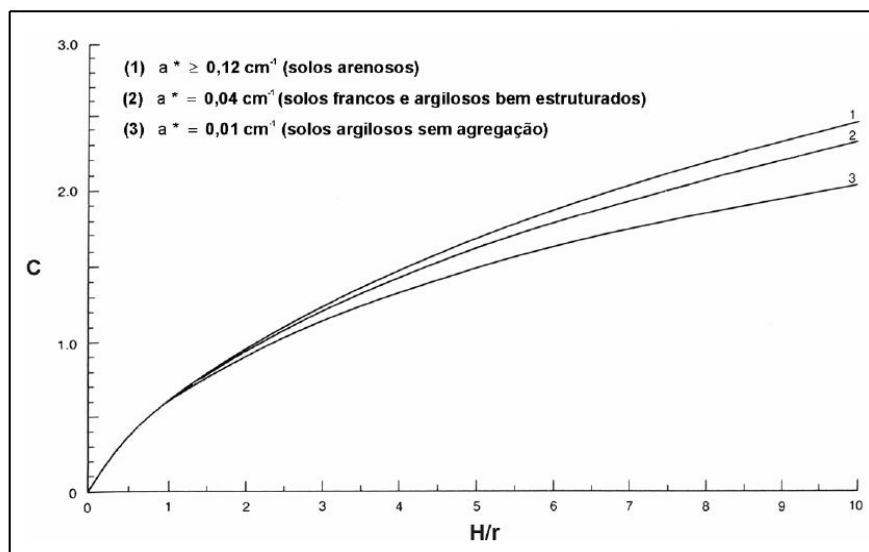


Figura 13 – Factor de forma (C) para utilização no método de Guelph (Adaptado de Reynolds & Elrick, 2002).

2.7.4. Classificação hidrológica de solos

Será importante referir que existem diversas classificações dos solos quanto à permeabilidade, tais como Raposo (1996) ou a MMA – Ministério de Médio Ambiente (2000). Neste estudo, adoptou-se a classificação proposta por SSDS - Soil Survey Division Staff (1993), baseada no valor de K_s (Quadro 5).

Quadro 5 – Classificação dos solos quanto à permeabilidade (Adaptado de SSDS, 1993).

Classe de Permeabilidade	K_s ($\mu\text{m/s}$)	K_s (cm/h)
<i>Muito Alta</i>	>100,0	<36,0
<i>Alta</i>	10,0 a 100,0	3,6 a 36,0
<i>Moderadamente Alta</i>	1,0 a 10,0	0,36 a 3,6
<i>Moderadamente Baixa</i>	0,1 a 1,0	0,036 a 0,36
<i>Baixa</i>	0,01 a 0,1	0,0036 a 0,036
<i>Muito Baixa</i>	<0,01	<0,0036

Este método permite, assim, classificar um determinado solo em categorias, denominados Grupos Hidrológicos de Solos (USSCS – United States Soil Conservation Service, 1964), definidas de acordo com a sua capacidade de infiltração mínima, assumida como aproximadamente igual à condutividade hidráulica saturada (Dingman, 1994) e considerando, também, a espessura e a textura do solo.

A caracterização das unidades hidrológicas de solos que se apresenta (Quadro 6), resume as contribuições de USSCS (1994) com os limites da condutividade hidráulica saturada, SSDS (1993) com as classes de drenagem, USDA - United States Department of Agriculture (1986) e Langan & Lammers (1991).

Quadro 6 – Quadro síntese dos grupos hidrológicos de solos.

Grupo	Capacidade de Infiltração	K_s (cm h⁻¹)	Classe de Drenagem	Textura
A	Solos muito favoráveis à infiltração	> 0,76	Solo bem drenado a excessivamente drenado	Grosseira
B	Solos moderadamente favoráveis à infiltração	0,38 a 0,76	Solo moderadamente bem drenado	Franca
C	Solos pouco favoráveis à infiltração	0,13 a 0,38	Solo razoavelmente mal drenado	Moderadamente Fina a Fina
D	Solos muito pouco favoráveis à infiltração	< 0,13	Solo mal drenado a muito mal drenado	Fina

- Solo excessivamente drenado

A água é escoada muito rapidamente, pois estamos na presença de uma superfície freática a mais de 1,5m de profundidade.

- Solo bem drenado

A água é facilmente drenada, pois estamos na presença de uma superfície freática entre 1,0 e 1,5m de profundidade, sem especificação da sua duração anual.

- Solo moderadamente bem drenado

A água é drenada de forma algo lenta durante parte do ano, pois estamos na presença de uma superfície freática entre 0,5 e 1,0m de profundidade, pelo menos, durante um mês por ano.

- Solo razoavelmente mal drenado

A água é drenada de forma suficientemente lenta para que solo se apresente humedecido junto da superfície freática, durante parte considerável do ano, pois estamos na presença de uma superfície freática entre 0,25 e 1,0m de profundidade, pelo menos, durante um mês por ano.

- Solo muito mal drenado

A água é drenada tão lentamente que o solo permanece saturado até junto da superfície topográfica durante longos períodos do ano, com a presença duma superfície freática muito superficial permanente ou quase permanente.

2.7.5. Metodologia do Permeâmetro de Guelph

O Permeâmetro de Guelph é um instrumento de medição que é utilizado para obtenção de valores da condutividade hidráulica *in-situ*, permitindo assim avaliar o potencial hidráulico do fluxo da matriz de diferentes e variados tipos de solos (figuras 14, 15 e 16; Quadro 7). Para fundamentação das metodologias e técnicas do permeâmetro de Guelph seguiu-se de perto a descrição feita por Espinha Marques (2007).

Trata-se de um equipamento de fácil utilização, pois os ensaios puderam ser efectuados apenas por uma pessoa, em todas as suas etapas, quer no seu transporte, na sua montagem, nas operações e nas respectivas leituras.

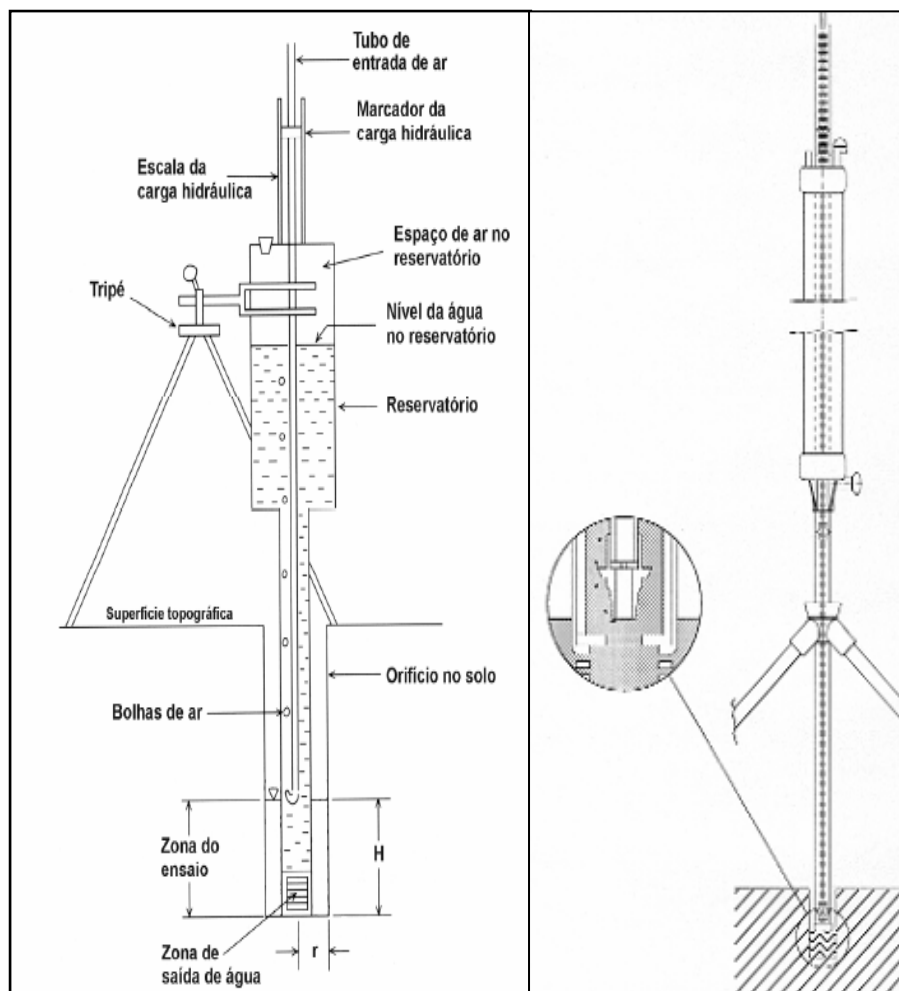


Figura 14 – Esquema do Permeâmetro de Guelph (modificado de Reynolds, 1993).

O método consiste em medir a taxa da recarga de água, no estado estacionário, num solo insaturado, através de um furo cilíndrico de 2" e de uma cabeça que mantém um fluxo de água constante. Dependendo do tipo de solo, os ensaios podem ser realizados entre 30 minutos e as 2 horas, usando apenas 2,5 litros de água.

- **Equipamento:** Permeâmetro de Guelph
- **Marca:** Soil moisture Equipment Corporation
- **Modelo:** 2800K1

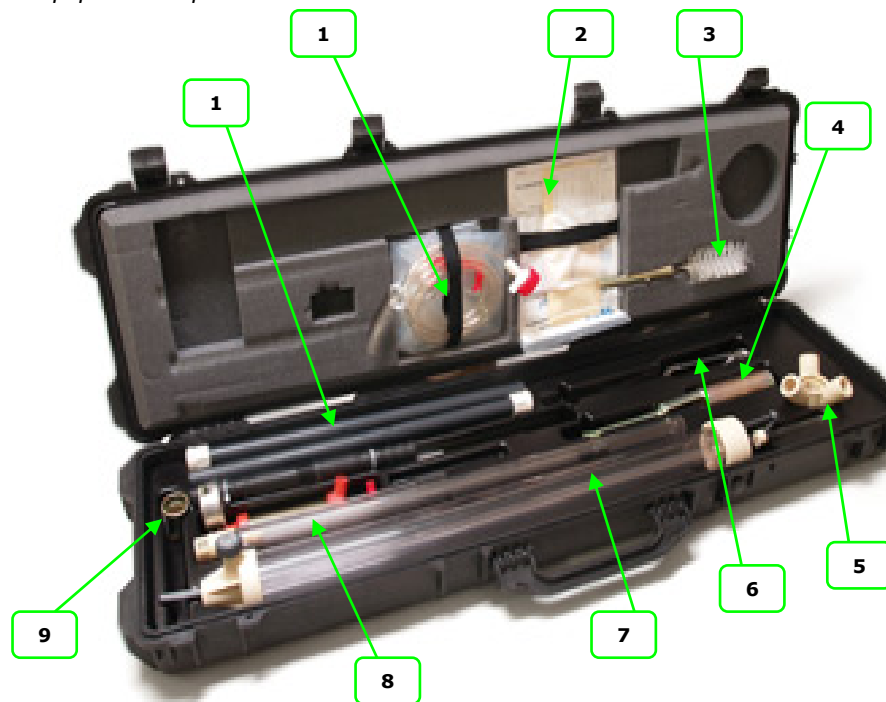


Figura 15 – Permeâmetro de Guelph
([http:// Guelph/Soilmoisture_Products.htm](http://Guelph/Soilmoisture_Products.htm)).

Quadro 7 – Legenda dos vários acessórios do Permeâmetro de Guelph.

Nº	Instrumento	Descrição
1	Recipiente	Recipiente de plástico muito maneável que serve para recarregar os reservatórios
2	Instruções	Livro que explica todas as operações
3	Escova	Após a abertura do orifício, a escova serve para repor a permeabilidade inicial do solo
4	Cabeça de acabamento	Peça inferior do tramo que é utilizada para obter uma geometria uniforme, após perfuração do orifício
5	Base do Tripé	Peça constituída por um material flexível que permite ajustar as patas do Permeâmetro convenientemente face às inclinações do terreno
6	Cabeça de perfuração	Peça inferior do tramo que tem como objectivo perfurar o solo para obtenção do orifício
7	Reservatório cilíndrico interior e exterior	Tubos em plástico, em que o tubo interior é graduado e o tubo exterior tem a função de armazenar água necessária para o ensaio
8	Tubo de suporte	Tubo que serve de suporte para a estrutura do permeâmetro e permite conduzir a água desde os reservatórios principais até ao ponto de saída
9	Bomba de Vácuo	Bomba que serve para a introdução de vácuo no caso de não existir água suficiente no permeâmetro (não foi utilizada)
10	Patras do tripé	Tubos que permitem montar o permeâmetro no terreno, garantindo a estabilidade do equipamento

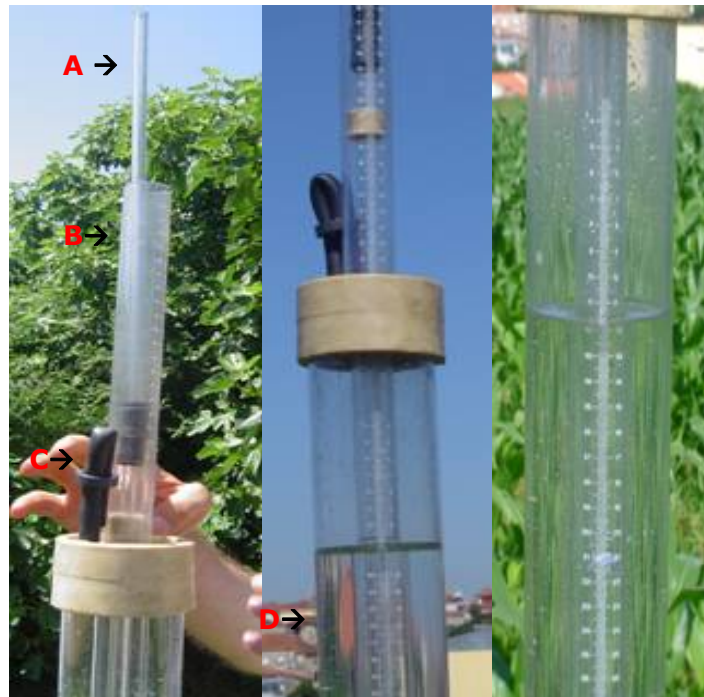


Figura 16 – Pormenores da parte superior do Permeâmetro de Guelph. A – Tubo de ar interior com a palheta; B – Tubo de ar Médio (graduado); C – Tubo para aplicação da bomba manual de vácuo; D – Tubo exterior.

Montagem do equipamento:

- **1º Passo**

Inserir as patas do tripé na base de deste e de seguida colocar a pequena corrente de segurança através dos orifícios que se encontram nos tubos que constituem as patas do tripé.

- **2º Passo**

Ligar o tubo de ar interior com o tubo de ar médio, pressionando com firmeza o tubo de ar inferior contra o encaixe, até que ambos os tubos garantam boa ligação para que não haja problemas quando o permeâmetro se encontre na vertical (figura 17).

- **3º Passo**

Unir o tubo de suporte com os tubos recipientes médio e exterior, garantindo a sua firmeza com a base destes, evitando a entrada e saída de ar.

- **4º Passo**

Montar o permeâmetro no tripé e ajustar o suporte deslizante à sua base.

- **5º Passo**

Inserir com firmeza a palheta para medir o nível da água sobre a tampa dos recipientes, tendo em conta que o “0” na palheta deverá estar aproximadamente 5mm abaixo do topo da tampa dos reservatórios interior e exterior.



Figura 17 – Os principais passos da montagem do equipamento.

Instalação do equipamento:

- Enchimento do Permeâmetro:

Para encher o permeâmetro, de água, deve-se retirar o tampão, na parte superior da tampa do reservatório, assegurando que a válvula reguladora do fluxo esteja com o seu indicador no máximo para manter ligados o reservatório interior e exterior (figura 18).

Para uma melhor operação pode-se utilizar uma sonda que liga o recipiente que contem a água e o permeâmetro. Para voltar a encher o permeâmetro pode-se utilizar o pé, exercendo pressão contra o recipiente ou voltar a encher directamente, elevando o recipiente.



Figura 18 – Operação de enchimento do permeâmetro.

- Posicionamento do Permeâmetro no orifício de infiltração:

Para instalar o equipamento correctamente no orifício de infiltração, deve-se baixar lentamente o permeâmetro através do tripé e procurar que o tubo de suporte não toque nas paredes do orifício.

Quando o orifício perfurado é maior do que 38cm de profundidade, o permeâmetro posiciona-se sem o tripé, utilizando apenas o suporte deslizante sobre o terreno para obter a estabilidade do equipamento (figura 19).

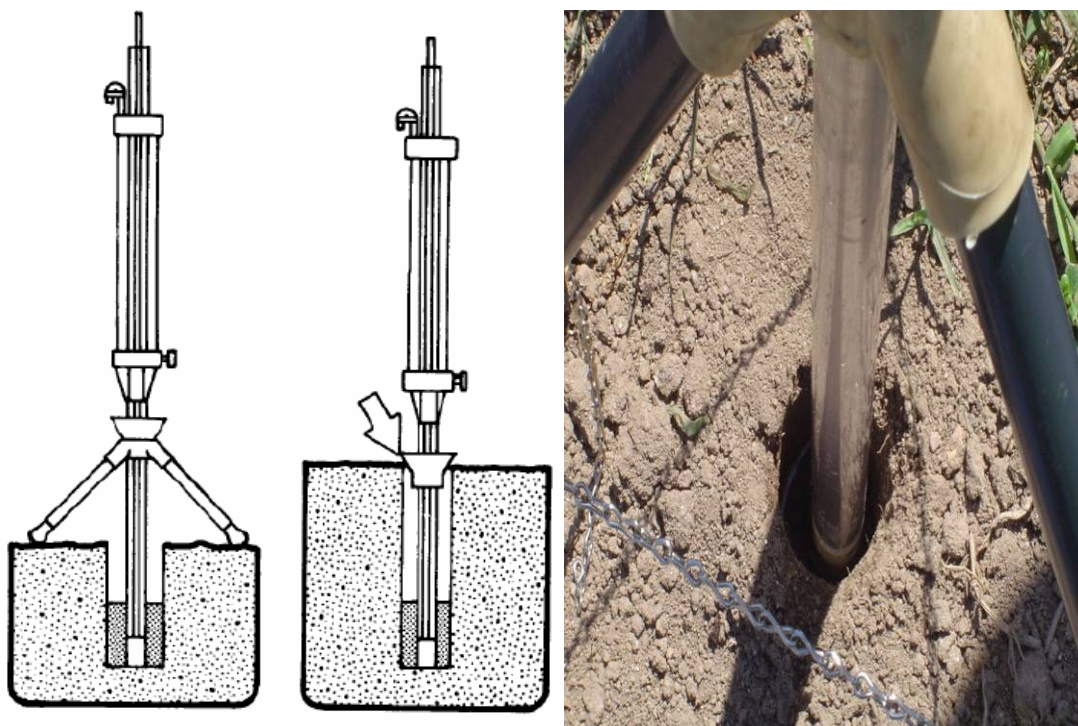


Figura 19 – Posicionamento do permeâmetro sobre o orifício perfurado.

- Recolha de dados:

Para determinar a taxa de infiltração nos solos, deve-se utilizar o seguinte procedimento:

1º Passo → Verificação da configuração do permeâmetro

- A válvula da base do recipiente deve estar com o seu indicador no máximo;
- O indicador do nível de água deve estar assente na base da tampa do permeâmetro;
- O orifício para encher o permeâmetro deve estar tapado;
- O tubo de vácuo deve estar correctamente selado;

2º Passo → Estabelecer a altura do nível de água no orifício

Levanta-se suavemente o tubo de ar superior mais alto do que o indicador de altura de água e marca-se a altura doseada. Nesse ponto devemos ter cuidado quando levantamos o tubo de ar muito rapidamente, pois pode gerar-se turbulências que provocam erosão nas paredes e no fundo do orifício perfurado e conseqüentemente o nível da água pode subir bruscamente, transbordando do orifício.

3º Passo → Seleccionar o reservatório adequado

Verifica-se novamente as considerações descritas no 1º passo e se a velocidade de descida do nível de água, dentro do permeâmetro, é muito lenta para distinguir uma diferença de níveis num intervalo de tempo de 2 minutos, aproximadamente, irá condicionar o fluxo que é transmitido ao solo através do recipiente interior (menor diâmetro). Para tal, gira-se a válvula de modo a que o seu indicador aponte para baixo.

4º Passo → Determinar a taxa de infiltração

Deve-se seguir o comportamento do nível de água dentro do permeâmetro, determinando assim, a taxa de infiltração mediante a descida dos níveis de um determinado intervalo de tempo que vai descendo a partir dos 2 até aos 15 minutos, dependendo do tipo de solo que se está estudar:

- Areias e material grosseiro → 2 a 6 minutos
- Siltes e argilas → 7 a 15 minutos

A taxa de infiltração determina-se quando existem pelo menos 3 taxas sucessivas iguais, indicando assim, que o sistema se encontra em regime permanente (figura 20, quadro 8).



Figura 20 – Registo das medições dos níveis de água.

Quadro 8 – Folha de registo do ensaio de permeabilidade do solo (segundo Espinha Marques, 2007).

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph					
Data:		Investigador:		Profundidade do orifício:	
Nota: o raio padrão é de 3.0cm					
Constantes do reservatório					
Reservatórios combinados		X: 35.22 cm ²		Ensaio:	
Reservatório interno		Y: 2.15 cm ²			
Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm					
Número da leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	água no reservatório	Varição no nível (cm)	variação do nível
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm					
Número da leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	água no reservatório	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
Cálculos					
R₁	Taxa estável do fluxo da Tabela 1		=	/ 60 =	cm/seg
R₂	Taxa estável do fluxo da Tabela 2		=	/ 60 =	cm/seg
Condutividade hidráulica saturada de campo					
H = 5 cm: $K_{sc1} = 0.003007 \times (X \text{ ou } Y) \times R_1$ = cm/seg					
H = 10 cm: $K_{sc2} = 0.001535 \times (X \text{ ou } Y) \times R_2$ = cm/seg					
☒ K_{sc} média = cm/seg					

2.8. Análise granulométrica por peneiração

A análise granulométrica por peneiração destina-se a fixar o modo de determinar quantitativamente a distribuição por tamanhos das partículas de um solo retidas no peneiro de 0,074 mm (nº200) ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e a percentagem de material passada nesse peneiro.

2.8.1. Amostragem

A recolha de amostras remexidas de um solo de identificação pode ser efectuada através de ferramentas manuais, tais como: pá, colher, picareta, enxada, ou se pretendemos colher amostras em profundidade, pode recorrer-se à utilização de trados manuais ou mecânicos (figura 21).

A quantidade de solo a recolher para a realização dos ensaios de laboratório é em função do tipo de solo e do ensaio a que se destina.

Quando se pretende separar dum certo volume de solo uma amostra nas quantidades estritamente necessárias para os ensaios que se vão realizar, é fundamental garantir que essa porção de solo tenha as características do conjunto desse volume (amostra representativa), conseguindo-se através do método de esquartelamento.

O método de esquartelamento consiste nos seguintes passos:

- Mistura-se e amontoa-se, com ajuda de uma pá, a amostra de solo entre um plástico colocado numa superfície plana, em que as passadas devem verter-se no centro formando um cone, para que o material se espalhe em todas as direcções;
- Alisa-se com a pá, o material de modo a espalha-lo com uma forma circular de espessura uniforme;
- Separa-se o solo em quatro partes iguais com ajuda da pá;
- Retira-se todo o material de duas partes em posição diagonalmente oposta.
- O material restante, volta a misturar-se, recomeçando novamente o procedimento até que o esquartelamento da amostra conduza à quantidade desejada.



Figura 21 – Amostragem e preparação duma amostra de solo para análise granulométrica: A- Recolha de uma amostra remexida de solo; B - Sacos identificadores de amostras; C - Mistura da amostra; D - Esquartelamento da amostra.

As amostras remexidas de solo, colhidas no terreno para posterior realização em laboratório dos ensaios de identificação, devem ser devidamente identificadas de acordo com a sua natureza, respectivo local de colheita, etc, e transportadas em sacos, evitando perder qualquer quantidade de material, especialmente finos.

2.8.2. Equipamentos

Os equipamentos utilizados foram os seguintes:

- Série de peneiros ASTM de malha quadrada (figura 22) com as seguintes aberturas: 76.0 mm, 50.0 mm, 37.5 mm, 25.0 mm, 19.0 mm, 9.5 mm, 4.75 mm (nº4), 2.0 mm (nº10), 0.85 mm (nº20), 0.42 mm (nº40), 0.25 mm (nº60), 0.11 mm (nº140) e 0,074 mm (nº200);
- Balança para pesagens com limites de erro de $\pm 0,01$ g;
- Estufa de secagem, capaz de manter a temperatura entre 105 a 110 °C;
- Almofariz e pilão revestido de borracha, capaz de desagregar os torrões, sem reduzir o tamanho individual das partículas;
- Esquartelador.



Figura 22 – Série de peneiros ASTM (Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP).

2.8.3. Preparação da amostra

A quantidade de material necessário e o modo de efectuar a sua preparação são definidos na especificação LNEC E 195 – “ Solos – Preparação de amostras para ensaios de identificação”.

A amostra de solo (tal como é recolhida no campo) deve ser bem seca ao ar, e os torrões desagregados por meio de um pilão, de forma a não reduzir o tamanho individual das partículas. De seguida, selecciona-se, pelo método de esquartelamento, uma amostra representativa na quantidade necessária para levar a cabo os ensaios desejados.

Pesa-se a porção de amostra seleccionada e regista-se o valor obtido como a massa total da amostra, não corrigida da humidade higroscópica. Separa-se a amostra para ensaio em duas porções por intermédio do peneiro de 2.0 mm (nº10).

O passo seguinte será a desagregação da fracção retida no peneiro de 2.0 mm (nº10) por meio de um pilão, até que as partículas sejam levadas às suas dimensões individuais.

Todo o material fino correspondente à fracção passada no peneiro de 2.0 mm (nº10) é levado à estufa para secar a uma temperatura entre 105 e os 110°C e pesa-se.

Análise granulométrica da fracção retida no peneiro nº10 (figura 23):

- 1) Peneira-se, através de peneiros de malha de abertura superior a 2.0 mm, o material grosso seco na estufa, de massa m_{10} , começando pelo peneiro de malha mais larga.
- 2) Determina-se as massas das fracções retidas em cada peneiro com a balança.



Figura 23 – Peneiração mecânica, pesagem e secagem na estufa de uma amostra de solo.

A peneiração deve ser feita executando movimentos horizontais de translação e rotação, de forma a manter o material em movimento contínuo no fundo dos peneiros. Os movimentos de rotação devem ser efectuados alternadamente no sentido directo e no sentido retrógrado.

Nunca se devem manipular os fragmentos e a peneiração deve prolongar-se até que, em qualquer peneiro, não passe, durante 1 minuto, mais de 1% do material retido nesse peneiro. Pode usar-se a peneiração mecânica, se necessário, e completada com a peneiração manual descrita.

Análise granulométrica da fracção passada no peneiro nº10:

- 1) Seca-se na estufa o material passado no peneiro de 2.0 mm (nº10), pesa-se e regista-se a massa m'_{10} .
- 2) Peneira-se em seguida pelos peneiros de 0.85 mm (nº20), 0.42 mm (nº40), 0.25 mm (nº60), 0.11 mm (nº140) e 0,074 mm (nº200). Determinam-se as massas das fracções retidas em cada peneiro, utilizando a balança (figura 24).



Figura 24 – Material de variadas granulometrias.

2.8.4. Cálculos

Material Grosso – Retido no Peneiro de 2.0 mm (nº10):

1) Percentagem do material grosso (N'_{10})

$$N'_{10} = (m_{10}/m_t) \times 100$$

Em que:

$$m_t = m_{10} + m'_{10}$$

[6]

m_{10} → massa total da fracção retida no peneiro de 2.0 mm (nº10)

m'_{10} → massa total da fracção passada no peneiro de 2.0 mm (nº10)

m_t → massa total da amostra

2) Percentagem do material retido no peneiro nº x

$$N_s = (m_s/m_t) \times 100$$

[7]

m_s → massa do material retido no peneiro nº x

m_t → massa total da amostra

3) A percentagem retida acumulada (N'_s) referente a cada peneiro nº x é calculada somando a percentagem retida no peneiro N_s às percentagens retidas nos peneiros de malha mais larga.

4) Percentagem acumulada do material que passa em cada peneiro (N''_s)

$$N''_s = 100 - N'_s$$

[8]

N'_s → percentagem retida acumulada (calculada na alínea anterior)

Material Fino – Passado no Peneiro de 2.0 mm (nº10):

1) Percentagem do material fino (N''_{10})

$$N''_{10} = (m'_{10}/m_t) \times 100 \quad [9]$$

m'_{10} → massa total da fracção passada no peneiro de 2.0 mm (nº10)

m_t → massa total da amostra

2) Percentagem do material retido no peneiro nº x, referente à massa total da amostra

$$N_s = (m_s/m'_{10}) \times N''_{10} \quad [10]$$

m_s → massa do material retido no peneiro nº x

m'_{10} → massa total da fracção passada no peneiro de 2.0 mm (nº10)

N''_{10} → percentagem calculada na alínea anterior

3) A percentagem retida acumulada (N'_s) referente a cada peneiro nº x é calculada somando a percentagem retida no peneiro N_s às percentagens retidas nos peneiros de malha mais larga.

4) Percentagem acumulada do material que passa em cada peneiro nºx

$$N''_s = 100 - N'_s \quad [11]$$

N'_s → percentagem retida acumulada (calculada na alínea anterior)

2.9. Nascentes

Uma nascente é um local da superfície topográfica onde emerge, naturalmente, uma quantidade mais ou menos apreciável de água subterrânea e representa uma descarga natural dos aquíferos. As nascentes podem eventualmente ser utilizadas, entre outros, para consumo humano, rega, através de obras de captação.

As descargas realizadas pelas nascentes nem sempre apresentam caudais constantes ao longo do ano, podendo estes serem contínuos e/ou intermitentes.

Existem vários tipos de nascentes caracterizadas pelos seus diferentes modos de emergir na natureza, podendo estas serem classificadas da seguinte maneira (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx):

- Nascente artesianiana - Nascente cuja água provém de um aquífero confinado, através de uma fissura ou outro tipo de abertura que atravessa a formação impermeável sobrejacente ao aquífero.
- Nascente cársica – Emergência de água proveniente de um aquífero cársico (figura 25).

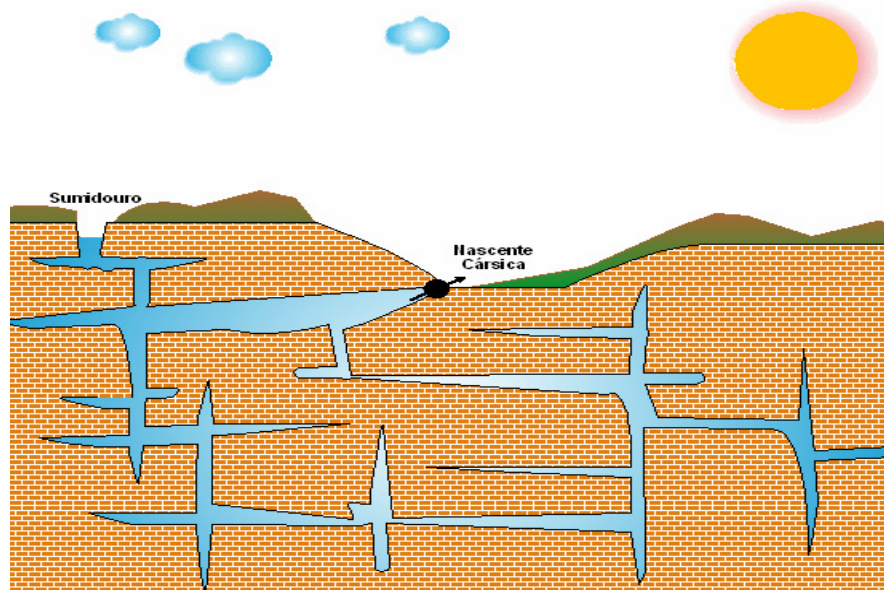


Figura 25 – Nascente Cársica
(http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente de falha geológica - Nascente alimentada por água subterrânea profunda que emerge através de uma falha de grande dimensão (figura 26).

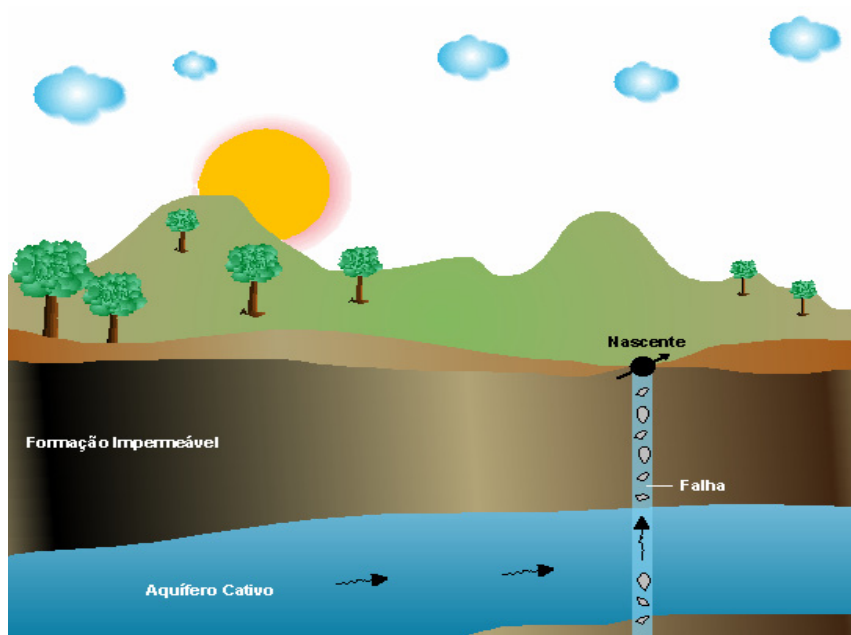


Figura 26 – Nascente de Falha Geológica
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente em aquífero confinado em estrutura sinclinal – Emergência de água proveniente de um aquífero confinado, em estrutura sinclinal, que passa a livre por erosão das camadas confinantes subjacentes (figura 27).

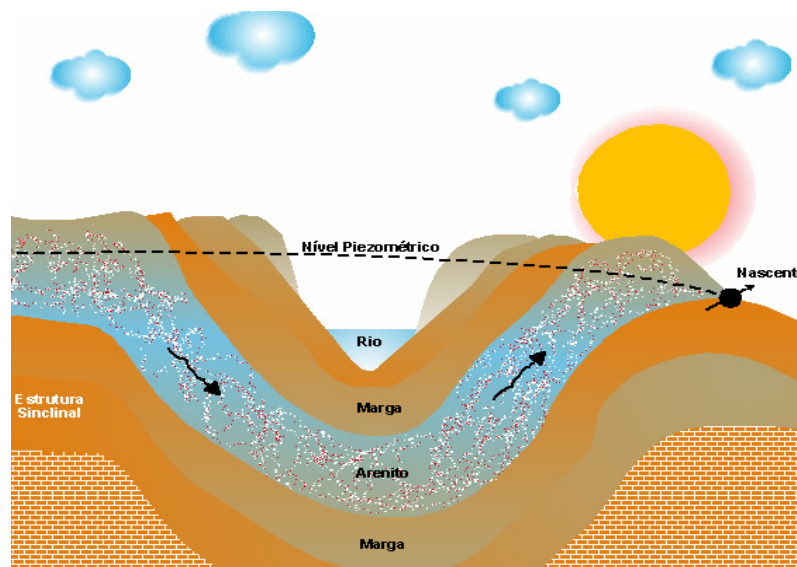


Figura 27 – Nascente em aquífero confinado em estrutura sinclinal
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente em aquífero livre – Emergência de água que ocorre em depressões ou vales, onde o nível freático intercepta a superfície topográfica, estando fortemente condicionadas às relações existentes entre o limite superior da zona saturada e a superfície topográfica (figura 28).

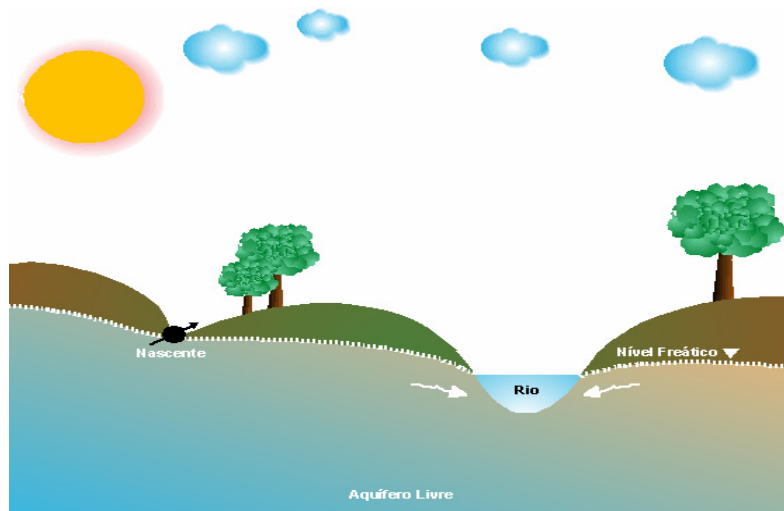


Figura 28 – Nascente em Aquífero Livre
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascentes em aquífero semi-confinado – Nascente cuja água provém de um aquífero semi-confinado, subjacente a uma formação de permeabilidade significativamente inferior à do aquífero (exemplo: formação basáltica pouco permeável) (figura 29).

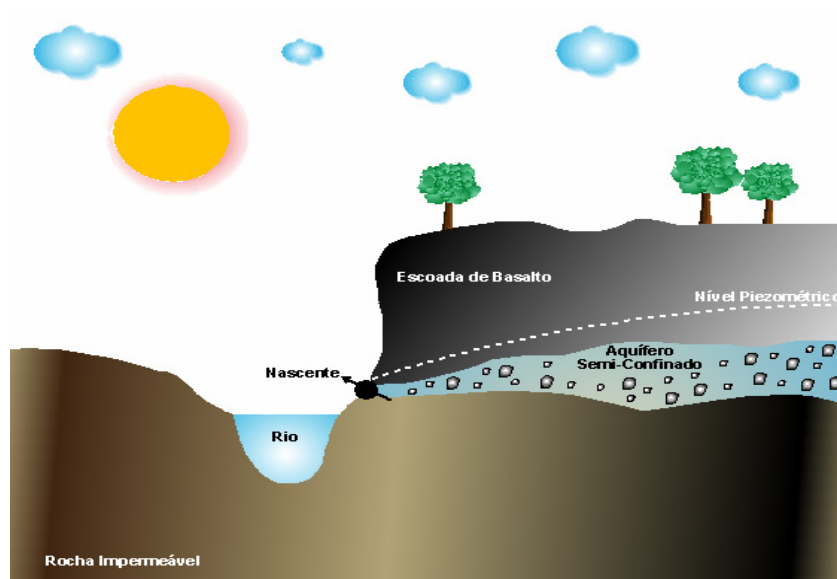


Figura 29 – Nascente em aquífero semi-confinado
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente em aquífero suspenso – Emergência de água proveniente de uma formação permeável de extensão limitada e situada acima da superfície freática regional (figura 30).

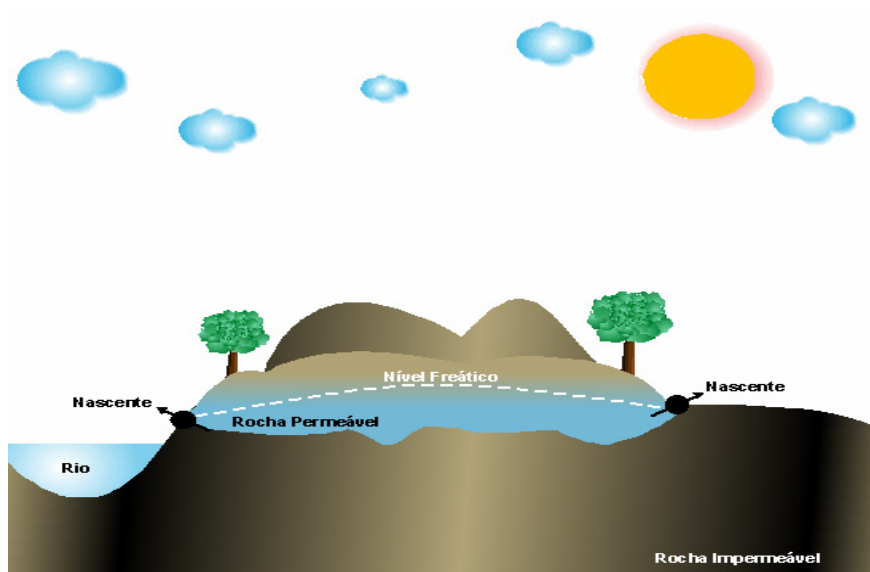


Figura 30 – Nascente em Aquífero Suspenso
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente em meio fissurado – Água subterrânea que emerge através das fissuras, fracturas e outras discontinuidades do maciço (figuras 31 e 32).

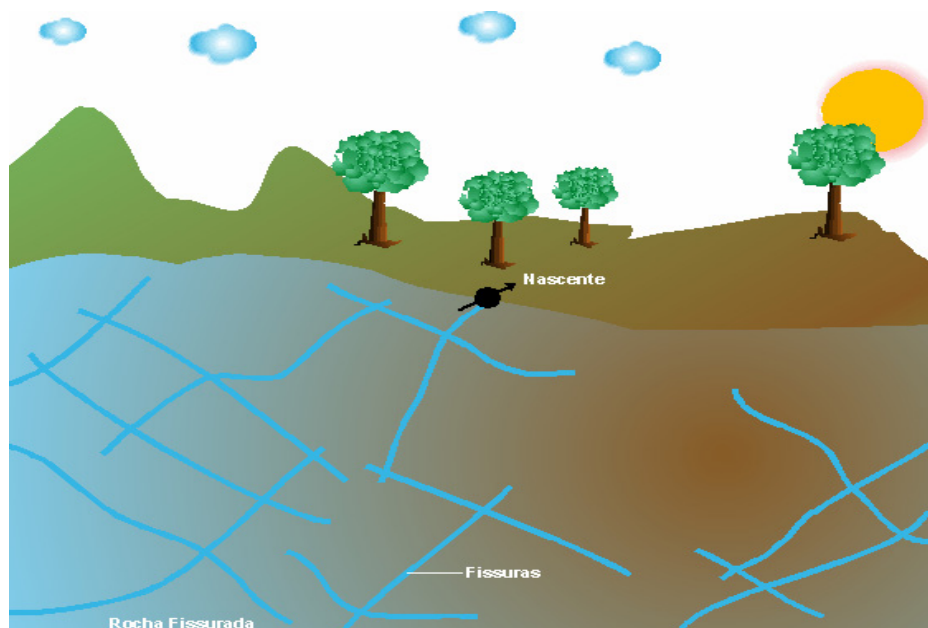


Figura 31 – Nascente em Meio Fissurado
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

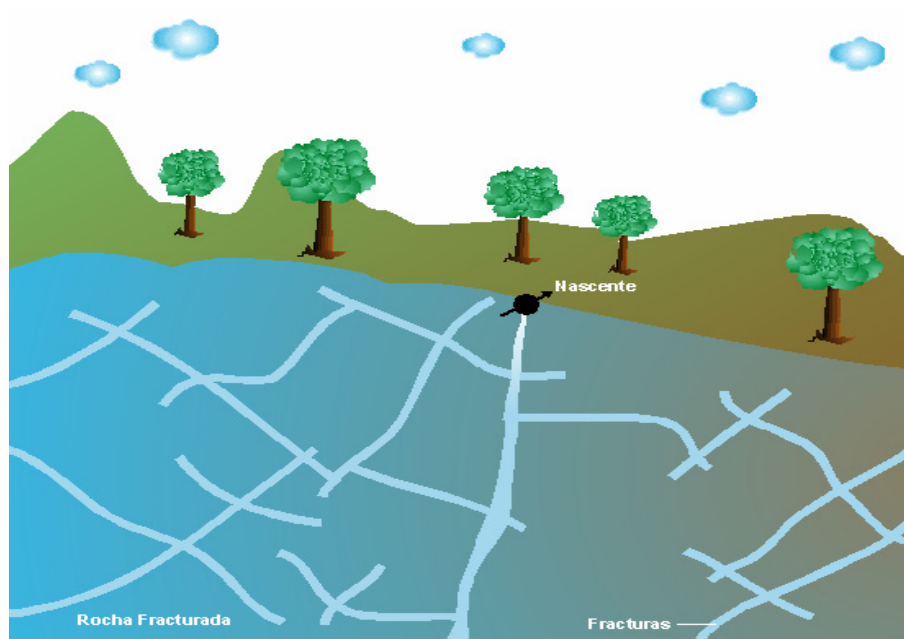


Figura 32 – Nascente em Meio Fracturado
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente intermitente – Nascente cuja descarga cessa durante certos períodos, recomeçando em outros, ocorrendo quase exclusivamente em formações calcárias cársicas (figura 33).

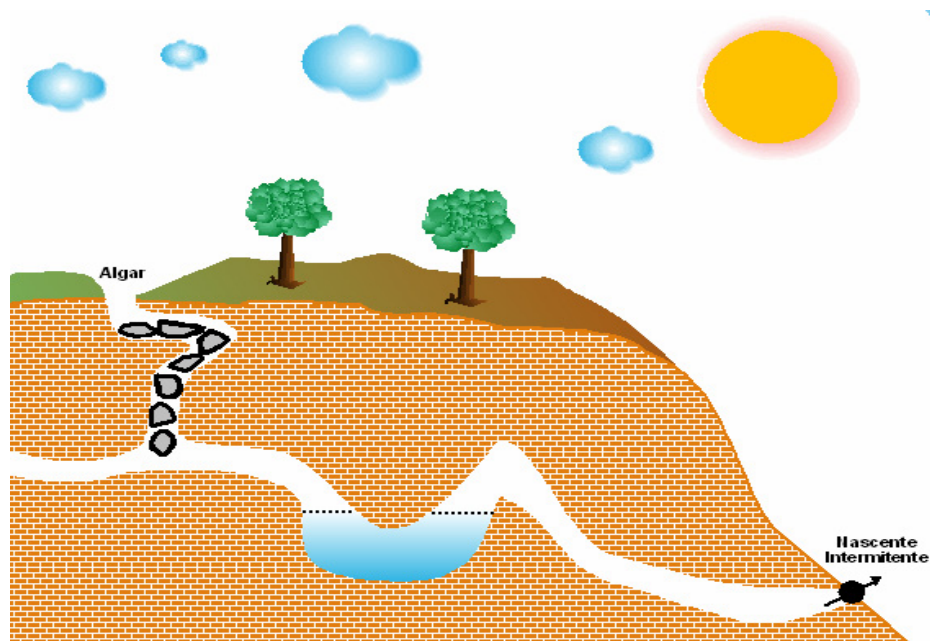


Figura 33 – Nascente Intermitente
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente Medicinal – Nascente de água medicinal, isto é, água de ocorrência natural com propriedades curativas reconhecidas.

- Nascente Mineral – Nascente de água mineral, isto é, água com composição química ou propriedades físico-químicas distintas das águas comuns, possuindo elevada quantidade de elementos dissolvidos.
- Nascente Perene – Nascente cuja água jorra ao longo de todo o ano.
- Nascente Salina – Nascente que jorra água de salinidade superior à da água potável e a sua origem está associada a formações evaporíticas.
- Nascente Submarina – Nascente que jorra água directamente nas águas do mar e se encontra submersa (figura 34).

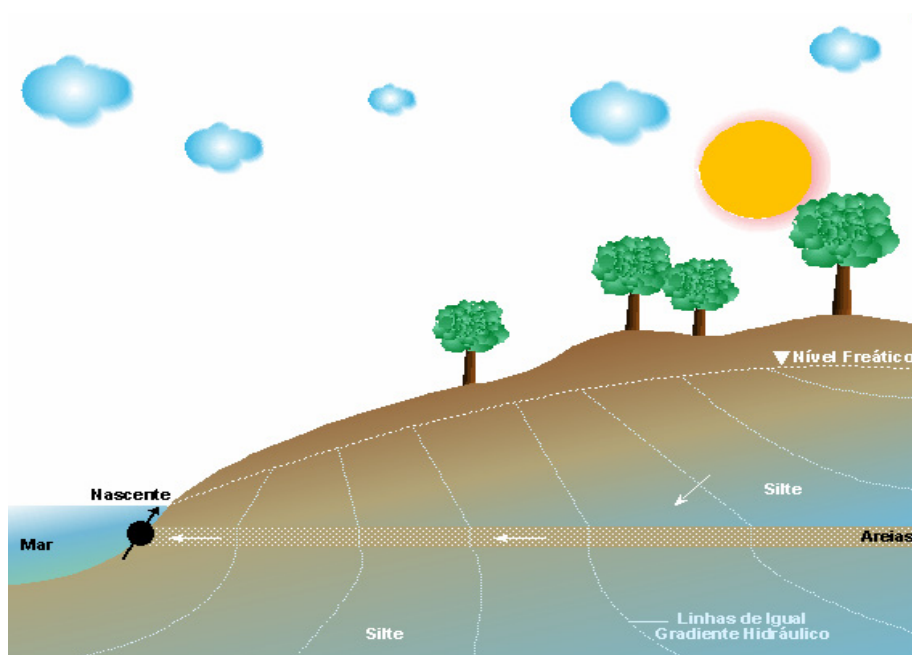


Figura 34 – Nascente Submarina
(http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- Nascente Surgente – Nascente cuja água emerge por o nível freático intersectar a superfície topográfica.
- Nascente Vauclusiana – Ressurgência de água em regiões cársticas que é controlado por um sifão natural e com funcionamento intermitente.
- Nascente Termal – Emissão de água que emerge à superfície com temperatura elevada, depois de acumular energia sob a forma de calor, proveniente de manifestações vulcânicas.

Pela sua diversidade geológica, Portugal é muito rico em águas minerais, encontrando-se localizadas na região Norte, estando a sua distribuição fortemente relacionada com os acidentes tectónicos, como é o caso da falha Penacova-Régua-Verin.

A maior parte das águas minerais são qualificadas, do ponto de vista físico-químico, como sulfúreas, como se pode observar na figura 35.

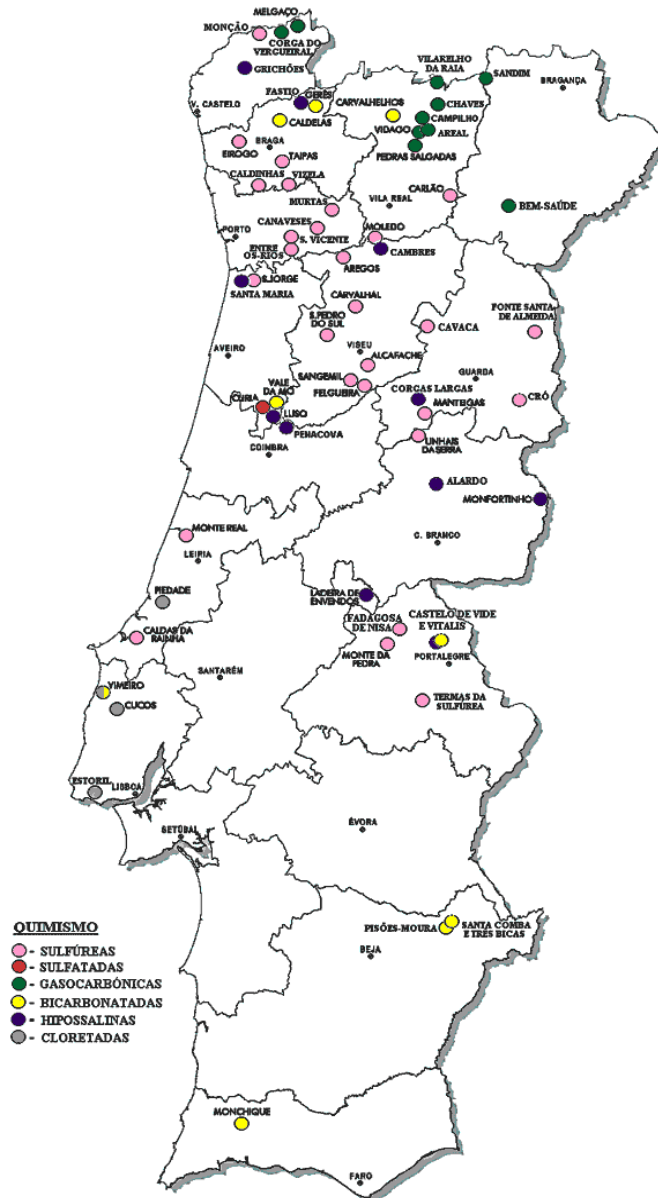


Figura 35 – Distribuição das águas minerais naturais em Portugal
 (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

O tipo de nascente e o tipo de água depende das características das formações atravessadas e consequentemente irá condicionar o fim a que essa água se destina, que poderá ser para engarrafamento, termalismo, ou ambos.

Uma água mineral natural possui características físico-químicas muito importantes, constituindo um factor a ter em conta na escolha do estabelecimento termal a frequentar, pois as

propriedades terapêuticas das águas minerais estão intimamente relacionadas com essas características.

Na figura 36 podemos observar a existência de estâncias termais em Portugal e qual o seu perfil químico.

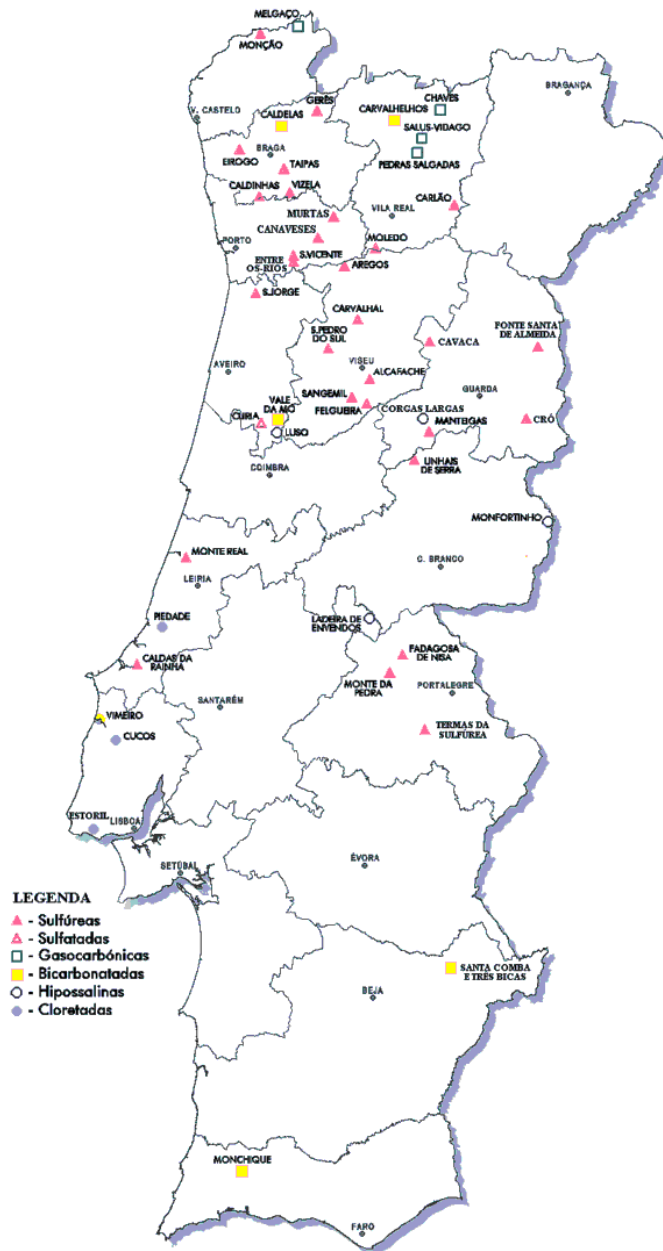


Figura 36 – Localização das estâncias termais em Portugal (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

As águas de nascente são águas consideradas bacteriologicamente próprias, de circulação subterrânea e próprias para consumo humano. Portugal é igualmente rico neste tipo de recurso, encontrando-se actualmente licenciadas 23 águas, das quais 13 estão em actividade (figura 37).

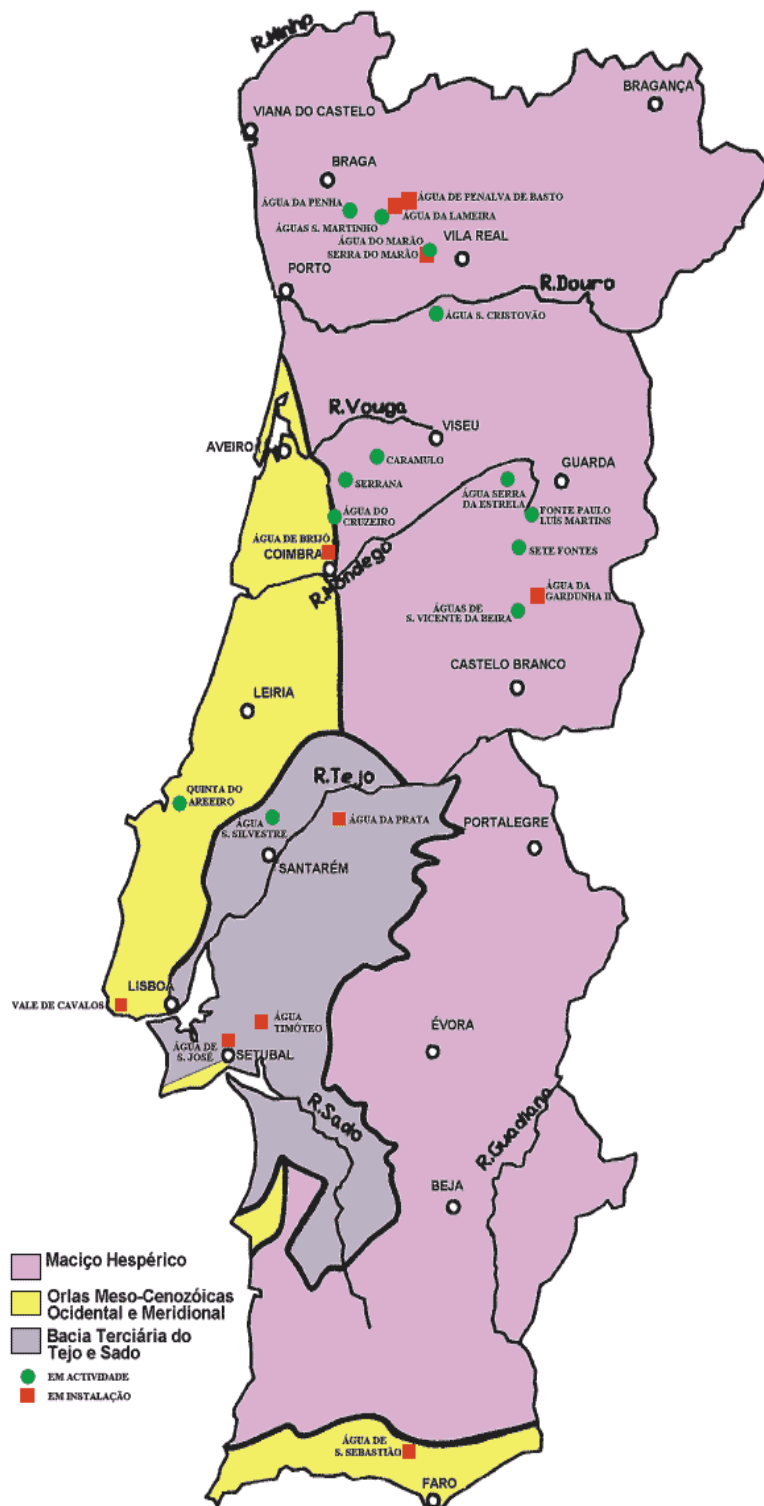


Figura 37 – Distribuição das águas de nascentes em actividade e para futura exploração (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

2.10. Caracterização físico-química e outras propriedades da água

A água utilizada deve obedecer a determinados padrões de qualidade, variáveis consoante a utilização, de modo a não colocar em causa a saúde pública ou a cumprir a função que lhe está destinada.

Se a qualidade da água não satisfizer tais requisitos é necessário prever sistemas de tratamento de modo a melhorar as suas características. Normalmente a água captada para utilização pública é tratada para assegurar a eliminação de microorganismos nocivos à saúde do Homem. A água subterrânea apresenta, em geral, melhor qualidade do que a água superficial, o que não deixa de ser necessário estabelecer diversas normas que permitem avaliar a qualidade da água através de um conjunto de referências de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

- **Cor**

Trata-se de uma propriedade que corresponde à capacidade da água de absorver certas radiações do espectro visível e em que a sua cor resulta das substâncias que nela estão dissolvidas, que provêm principalmente da lixiviação de matéria orgânica.

A medida deste parâmetro físico é realizada através da comparação com uma solução padrão de Platina-Cobalto e a unidade é ppm de Pt-Co. A importância da cor da água para o consumo humano é provocada pelo efeito sensorial. Podemos na generalidade afirmar que a água subterrânea é incolor.

- **Turvação**

A turvação ou turbidez é uma propriedade física da água que se deve à presença de substâncias coloidais e de sedimentos finos, visíveis, em suspensão (argila, grãos de areia, matéria orgânica), que impedem ou dificultam a passagem da luz.

- **Cheiro ou Odor**

É uma propriedade física da água que corresponde à capacidade de produzir a sensação de cheiro, estando intimamente relacionada com o sabor e dependente do teor, do tipo de sais dissolvidos na água e da existência de substâncias em solução ou suspensão.

A determinação do odor é subjectiva e selectiva do uso das águas para abastecimento humano. Para medir o odor, dilui-se a água amostrada com água destilada até que nenhum odor seja perceptível e o seu resultado é expresso pelo número de maior diluição que ainda dá odor.

A água não apresenta qualquer tipo de cheiro, mas caso ele exista é um indício de um processo de degradação da sua qualidade, produzido pelas bactérias ou por substâncias químicas.

- **Sabor**

O sabor é uma propriedade física da água que corresponde à capacidade de produzir a sensação de gosto. Esta propriedade está intimamente relacionada com o odor e depende do teor e do tipo de sais dissolvidos na água e da existência de substâncias em solução ou suspensão (Mendes e Oliveira, 2004).

Tal como o odor, o sabor é subjectivo e selectivo do uso das águas para abastecimento humano e a sua medição é realizada pelo mesmo método.

- **Temperatura**

A temperatura é uma propriedade física da água, tendo como as principais fontes de calor, a irradiação solar e o gradiente geotérmico, embora a temperatura da água também possa ser resultante de reacções químicas exotérmicas ou desintegrações radioactivas.

Amplitude térmica anual das águas subterrâneas é geralmente baixa, de 1 a 2°C e independente da temperatura atmosférica, excepto nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura da água coincide com a temperatura média anual do local. Em profundidade, a temperatura da água subterrânea depende do grau geotérmico, de influências de origem vulcânica ou radioactiva.

A temperatura da água subterrânea é obtida através de amostras representativas da água no aquífero e não a partir da água no interior do poço, furo ou depósito, e deve ser medida no local de amostragem com um termómetro apropriado.

Esta propriedade afecta a viscosidade da água, a capacidade de absorção dos gases e tem influência na qualidade da água, no que respeita á quantidade de sais e gases solubilizados, á dissolução de substâncias que podem ser dissolvidas, ao aumento da condutividade eléctrica e na determinação de parâmetros importantes, como o pH.

- **pH**

O pH corresponde ao logaritmo decimal do inverso da concentração do ião de hidrogénio numa solução e a sua escala varia de 0 a 14, em que os valores abaixo de 7,0 são ácidos e acima são básicos ou alcalinos e o valor igual a 7.0 é neutro (figura 38).

A determinação do valor do pH de uma água subterrânea deve ser feita no local de amostragem, pois as determinações em laboratório apresentam valores alterados devido a fuga de gases, oxidações e/ou reduções e variações de temperatura que ocorrem durante as acções de colheita, armazenamento e transporte das amostras.

A maioria das águas subterrâneas apresenta um pH entre 5,5 e 8,5, podendo, em casos especiais, variar entre 3 e 11, sendo influenciadas pela sua origem e pela natureza dos terrenos atravessados.

O pH da água para consumo humano, à partida, não terá efeitos directos sobre a saúde, mas a sua avaliação é importante no controlo da corrosão e da dissolução de metais e á formação de incrustações, em canalizações em que a água está em contacto.

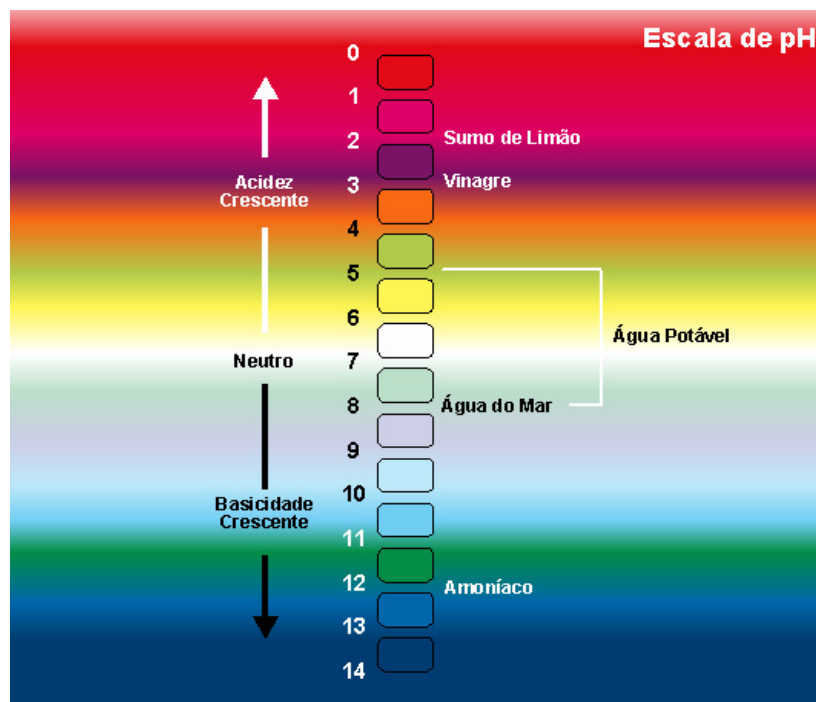


Figura 38 – Escala de pH
(http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- **Condutividade eléctrica**

Trata-se de uma propriedade que representa a capacidade de uma água conduzir a corrente eléctrica, que está directamente associada ao conteúdo de sais dissolvidos sob a forma de iões e que depende dos iões presentes.

A determinação da condutividade eléctrica permite avaliar o grau de mineralização de uma água e a sua salinidade, devido á relação entre o teor em sais minerais dissolvidos e a resistência que oferece á passagem da corrente eléctrica.

Os valores de condutividade aumentam com a elevação da temperatura e com o teor de iões dissolvidos. No caso das águas subterrâneas o seu valor é expresso em $\mu\text{S}/\text{cm}$ a uma temperatura padrão de 25°C. A medição desta propriedade faz-se no local de amostragem com um condutímetro portátil que geralmente faz a correcção automática da temperatura.

A qualidade da água pode ser avaliada de acordo com o quadro 9.

Quadro 9 - Classificação da mineralização e da qualidade das águas de acordo com a condutividade eléctrica (Mendes & Oliveira, 2004).

Condutividade eléctrica	Mineralização	Qualidade da água
<100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Muito fraca	Excelente
100 - 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Fraca	Excelente
200 - 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Pouco acentuada	Excelente
400 - 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Média	Boa
600 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Importante	Utilizável
>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Excessiva	Difícilmente utilizável
>1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Excessiva	Não utilizável na rega

- **Materiais em suspensão**

Os materiais em suspensão são todas as partículas não dissolvidas, encontradas suspensas na água, compostas por substâncias orgânicas e inorgânicas, influenciando a diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz.

A quantidade de materiais suspensos na água pode ser medida de duas formas: fazendo com que o sedimento passe num decantador e fique aí retido ou pesar o resíduo que cai no filtro depois de seco (Custódio e Lamas, 2001)

- **Resíduo Seco**

Trata-se de um parâmetro físico-químico que corresponde ao peso da totalidade das substâncias dissolvidas numa água e pode ser determinado no campo através de um resistímetro ou no laboratório, pesando os sais resultantes da evaporação de um litro de água. As suas unidades expressam-se em ppm ou em mg/l (Quadro 10).

O resíduo seco varia de acordo com a temperatura de secagem, pelo que este parâmetro deve ser determinado a uma temperatura fixa (geralmente 110 ou 180°C).

Quadro 10 – Classificação da água segundo o Resíduo Seco (Custódio & Llamas, 1996).

Designação	Resíduo Seco (ppm)
Água doce	0 a 2000 (por vezes 3000)
Água salobra	2000 a 5000 (por vezes 10000)
Água salgada	5000 a 40000 (por vezes 100000)
Salmoura	>40000 (até á saturação)

- **Dureza**

A dureza da água é uma propriedade que indica o teor global de uma água em iões alcalino-terrosos, essencialmente de cálcio e magnésio que geralmente é expressa em mg/l de CaCO₃.

Normalmente, consideram-se três tipos de dureza: dureza em carbonatos, dureza permanente e dureza total. A Dureza Temporária é a propriedade da água causada pelos iões de cálcio e de magnésio, que se combinam com o bicarbonato e o carbonato, e que pode ser eliminada com a ebulição da água. A Dureza Permanente é a dureza que persiste após a ebulição da água e é produzida pelos iões de cálcio e de magnésio que se combinam com os iões de sulfato, cloreto, nitrato e outros. A Dureza Total é o parâmetro que corresponde ao conteúdo de iões alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) na água e é igual á soma da dureza temporária e da dureza permanente.

No quadro 11 consta a classificação da água segundo a sua dureza.

Quadro 11 – Classificação da água segundo a Dureza (Custódio & Llamas, 1996).

Designação	Dureza (ppm CaCO₃)
Branda	<50
Ligeiramente Dura	50 a 100
Dura	100 a 200
Muito Dura	>200

A ingestão muito prolongada de águas com dureza muito elevada parece estar relacionada com a maior ocorrência de doenças renais e a menor ocorrência de doenças cardiovasculares. As águas de dureza mediana não apresentam qualquer risco para a saúde pública.

- Parâmetros Microbiológicos

Estes parâmetros indicam a presença de contaminação microbiológica, isto é, indicam a presença de microorganismos causadores de eventuais doenças patogénicas e perigos para a saúde pública. A sua presença poderá ser muito variável ao longo do tempo, dependendo da eficácia e controlo de uma possível desinfecção.

2.11. Diagramas hidroquímicos

A análise química de uma água pode ser usada como a sua impressão digital, permitindo assim, comparar diferentes tipos de água, diferenciar águas superficiais de águas subterrâneas e distinguir águas de diferentes unidades aquíferas.

A representação da análise química de uma determinada água pode ser patenteada recorrendo a diversas representações gráficas designadas por diagramas hidroquímicos.

Os diagramas hidroquímicos são representações gráficas que têm como objectivo evidenciar variações temporais, variações espaciais e realçar as relações entre os iões de uma ou mais amostras de água analisadas.

Existem vários tipos de diagramas hidroquímicos: diagramas colunares (Collins e Schoeller-Berkaloff), diagramas circulares (Udluft), diagramas radiais (Girard e Tickel), diagramas triangulares (Piper e Durov), diagramas poligonais (Stiff) e ainda diagramas para classificação das águas de rega (Wilcox).

- **Diagrama de Collins**

Trata-se de um diagrama colunar que é utilizado, principalmente, para comparar as proporções dos constituintes iónicos principais de várias análises químicas de águas.

É constituído por duas colunas lado a lado, onde se representam os iões e a suas alturas representam a concentração ou percentagem dos iões em miligramas por litro. Na primeira coluna colocam-se os catiões Ca, Mg, Na e K, e na segunda, os aniões HCO₃, CO₃, SO₄, Cl e NO₃. Por vezes, também é usual, a colocação de uma terceira coluna que representa a sílica ou outra característica mais particular (figura 39).

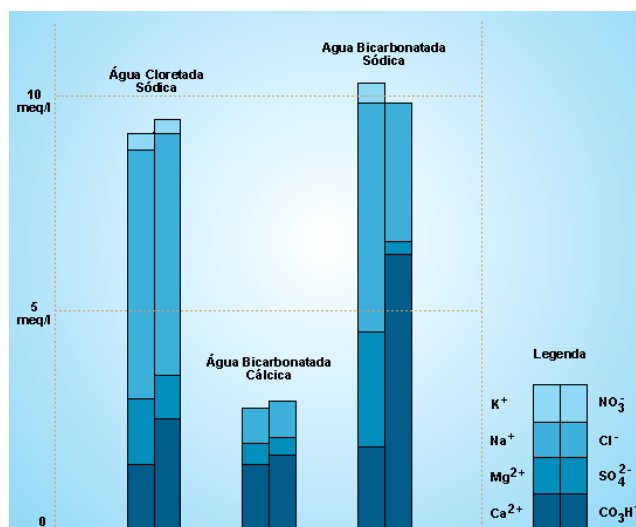


Figura 39 – Diagrama de Collins
(http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- **Diagrama de Schoeller-Berkaloff**

É um diagrama de colunas verticais que utiliza escalas logarítmicas que é muito útil, quando se pretende representar no mesmo diagrama águas muito diluídas e águas bastantes concentradas (figura 40).

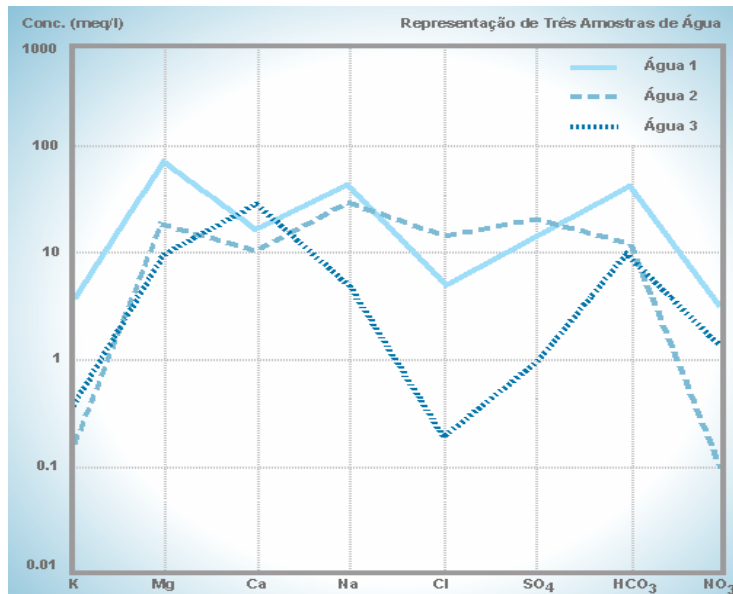


Figura 40 – Diagrama de Schoeller-Berkaloff
(http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- **Diagrama de Uduft**

Trata-se de um diagrama hidroquímico circular que representa graficamente o quimismo da água analisada através de um círculo de raio proporcional ao resíduo seco ou ao total de sólidos dissolvidos em mg/l, em que este é subdividido em partes proporcionais em percentagens dos diversos constituintes iónicos. Em geral, metade do círculo é para a representação dos catiões e a outra metade é para a representação dos aniões (figura 41).

Os iões com teores abaixo dos 0,05 mg/l são representados por linhas concêntricas, de comprimento proporcional às suas concentrações e os elementos não dissociados, como é o caso da sílica, são representados por círculos concêntricos cujas superfícies são proporcionais às respectivas concentrações.

Este tipo de diagrama permite, também, representar águas termais, caracterizadas por um círculo secundário, e elementos radioactivos, representados por arcos proporcionais à sua radioactividade e em que cada diagrama representa uma única análise de água.

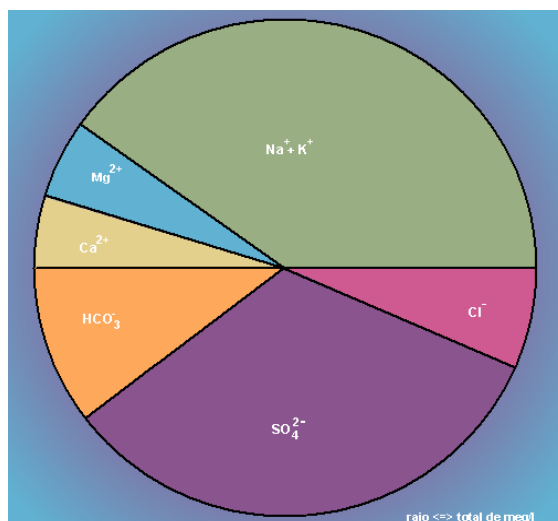


Figura 41 – Diagrama circular
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- **Diagrama de Girard**

É um diagrama radial representado por um sistema de coordenadas, onde cada eixo corresponde a um catião e um anião que representa graficamente o resultado de uma análise química de uma determinada água e em que os iões são representados em ml/l ou em %, unindo-se depois os seus extremos das semi-rectas, obtendo uma figura, que caracteriza a água analisada.

- **Diagrama de Tichel**

Trata-se, também, de um diagrama radial onde os iões são representados por pontos proporcionais às suas respectivas concentrações, em mg/l. Estes pontos ficam situados em cinco eixos do diagrama, existindo um sexto eixo que fica reservado para a concentração total da amostra. Os seis pontos são depois ligados, formando um hexágono que caracteriza a água analisada (figura 42).

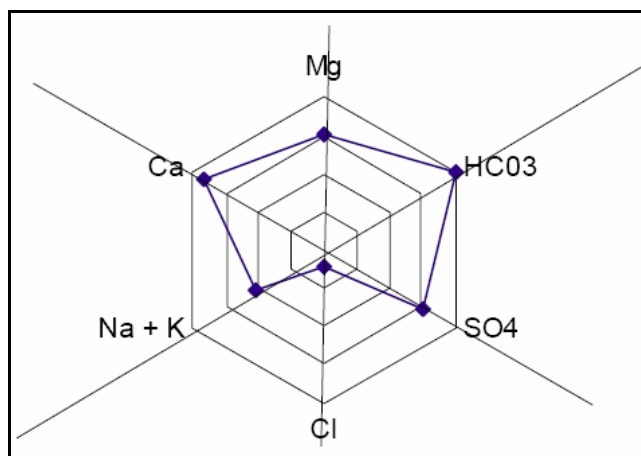


Figura 42 – Diagrama de Tichel
 (<http://w3.ualg.pt/~anewton/docs/Teaching%20Material/MQAA2.pdf>)

- **Diagrama de Piper**

O diagrama de Piper (figura 43) é um diagrama hidroquímico triangular, muito utilizado, que permite representar vários resultados de análises sem originar confusão, permitindo identificar águas quimicamente semelhantes e comparar e classificar distintos grupos de águas relativamente aos iões dominantes.

Neste tipo de diagrama os valores dos aniões e catiões são representados em dois triângulos separados, existindo ainda um campo central romboidal, onde se representam outros pontos, obtidos a partir da projecção dos pontos obtidos nos dois triângulos para o campo central romboidal.

Cada um dos vértices dos triângulos equiláteros representa 100% do componente considerado e os seus lados estão subdivididos em 100 partes iguais, sendo os iões expressos em percentagem dos valores em mili-equivalentes (meq/l).

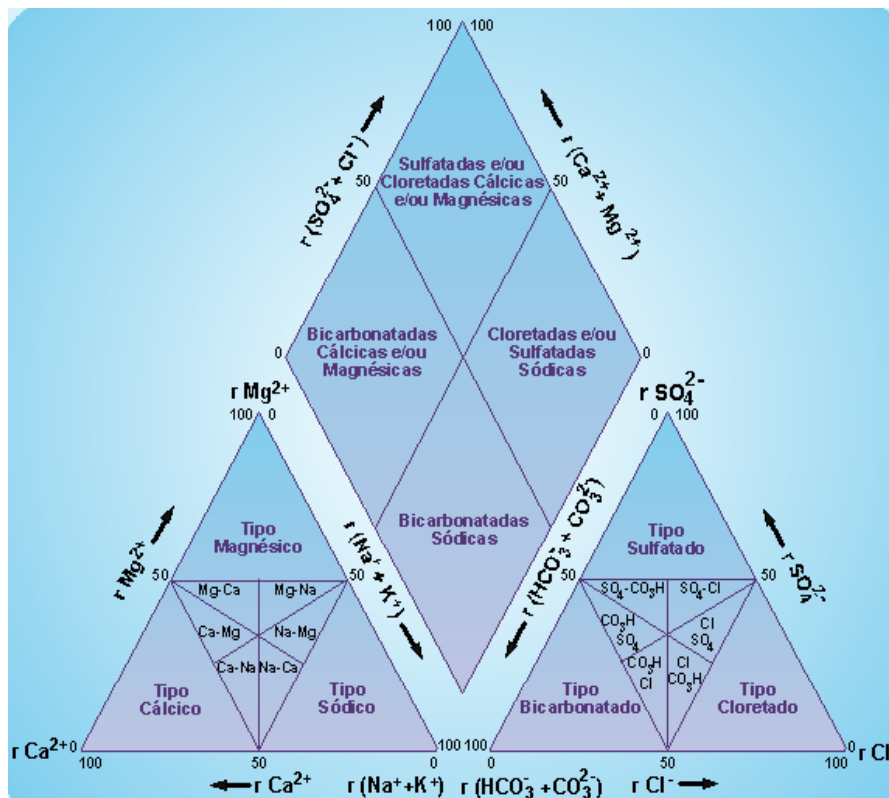


Figura 43 – Diagrama de Piper
 (http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- **Diagrama de Durov**

É também um diagrama hidroquímico triangular que se baseia no mesmo princípio do diagrama de Piper, diferindo deste, nos pontos que representam as concentrações cationicas e aniónicas que são projectados num quadrado formado pelas bases dos triângulos.

Este tipo de diagrama também permite representar o pH ou o resíduo seco.

- **Diagrama de Stiff**

Trata-se de um diagrama hidroquímico poligonal que se baseia na utilização de segmentos de rectas proporcionais a cada ião sobre semi-rectas convergentes ou paralelas, em que união dos extremos obtidos origina um polígono, que nos dá o tipo de água (figura 44).

Este tipo de diagrama representa graficamente o resultado da análise química de uma água, onde as concentrações dos catiões e dos aniões são representadas em meq/l ou percentagem de meq/l, sobre quatro rectas paralelas, horizontais e igualmente espaçadas entre si. Essas quatro rectas são cortadas por uma normal, obtendo-se dois campos, um para os catiões e outro para os aniões.

Este diagrama é bastante útil para comparar diversos tipos de águas, especialmente muito mineralizadas e é um gráfico ideal para representar a análise hidroquímica de uma água em mapas.

Para a análise de águas subterrâneas é mais adequada a utilização do diagrama de Stiff, com apenas três rectas, correspondentes aos catiões Na+K, Ca, e Mg e aos aniões Cl, HCO₃ e SO₄ (diagrama de Stiff modificado).

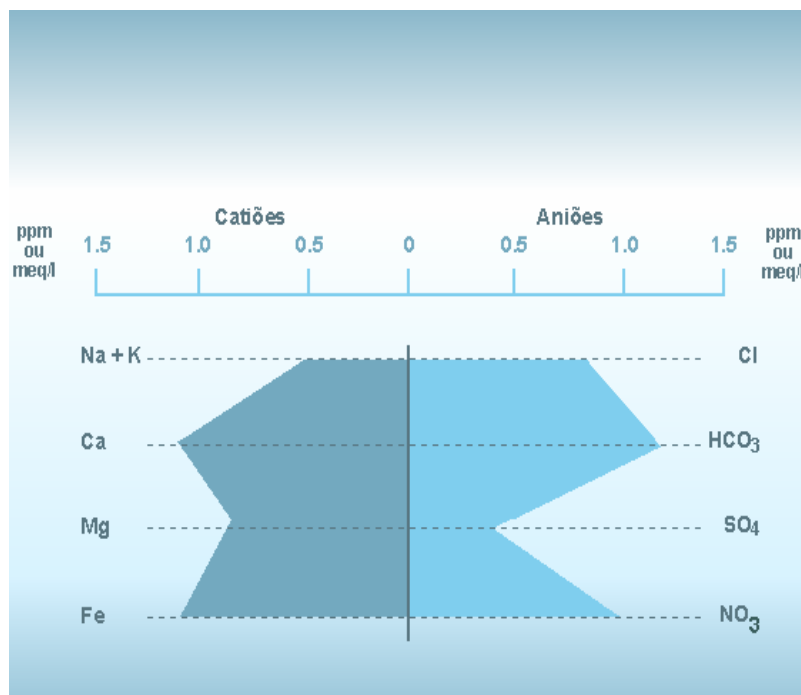


Figura 44 – Diagrama de Stiff
(http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- **Diagrama de Wilcox**

Trata-se de um diagrama hidroquímico destinado à classificação e comparação de águas para irrigação com base na condutividade eléctrica e na razão de adsorção de sódio (figura 45).

As concentrações de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} são representadas em meq/L e o diagrama permite determinar 8 grupos de águas para rega e com base nos valores determinados, classificam-se as águas em 16 grupos, consoante os perigos que estas podem conferir para a salinização e a alcalinização dos solos a irrigar.

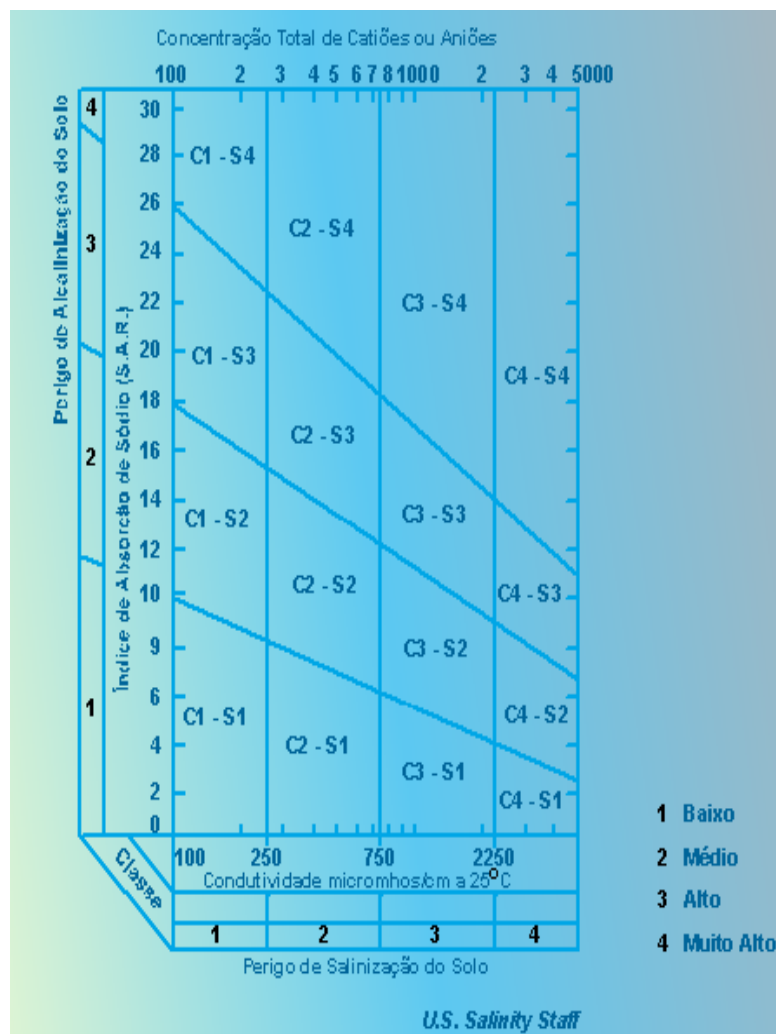


Figura 45 – Diagrama de Wilcox
(http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

- C1 – Água de baixa salinidade
- C2 – Água de salinidade média
- C3 – Água de salinidade elevada
- C4 – Água extremamente salina
- S1 – Baixo conteúdo em sódio
- S2 – Médio conteúdo em sódio
- S3 – Elevado conteúdo em sódio
- S4 – Conteúdo muito elevado em sódio

2.12. Qualidade e mecanismos de contaminação da água subterrânea

A qualidade da água está relacionada com um conjunto de parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos que permitem avaliar a sua adequação para um determinado fim. Uma água pode ser de boa qualidade para um determinado fim e de má qualidade para outro, dependendo das suas características e das exigências requeridas pelo uso específico.

Relativamente à qualidade da água superficial, esta é muito mais vulnerável a contaminações, provocadas pelas diversas actividades humanas, e o seu tratamento é geralmente bastante dispendioso.

No caso da água subterrânea, a vulnerabilidade é menor, mas a sua qualidade também pode ser facilmente afectada por contaminantes físicos e/ou biológicos provenientes de inúmeras fontes poluentes, relacionadas com os mais diversos sectores de actividade humana, sendo de destacar as perdas em redes de esgotos, derrames de combustíveis, intrusão de águas de qualidade inferior, etc, onde a sua remoção pode ser extremamente complicada, podendo tornar-se numa situação irreversível.

A qualidade da água subterrânea está intimamente relacionada com o tipo de formação onde se encontra, o tipo de formações por onde circulou, o tempo que a água esteve em contacto com estas formações e também pela sua vulnerabilidade face às possíveis contaminações.

A vulnerabilidade de um sistema de água subterrânea define-se como a incapacidade do meio subterrâneo para proteger a água das possíveis contaminações, apesar de possuir mecanismos de auto-protecção através da filtração, purificação e da atenuação natural.

Para que os agentes contaminantes se difundam no sistema de água subterrânea, estes utilizam mecanismos de transporte para alcançar as zonas saturadas e/ou não saturadas, recorrendo a diversos processos físicos (filtração, evaporação, dispersão, etc), processos geoquímicos (trocas iónicas, oxidações, precipitações, dissoluções, etc) e processos bioquímicos (transpiração, respiração bacteriana, etc).

2.13. Potenciais fontes de contaminação da água subterrânea

A deterioração da qualidade da água subterrânea pode ser provocada de maneira directa, por actividades humanas ou de maneira indirecta, por processos naturais, sendo mais frequente a acção combinada dos dois factores (figura 46).

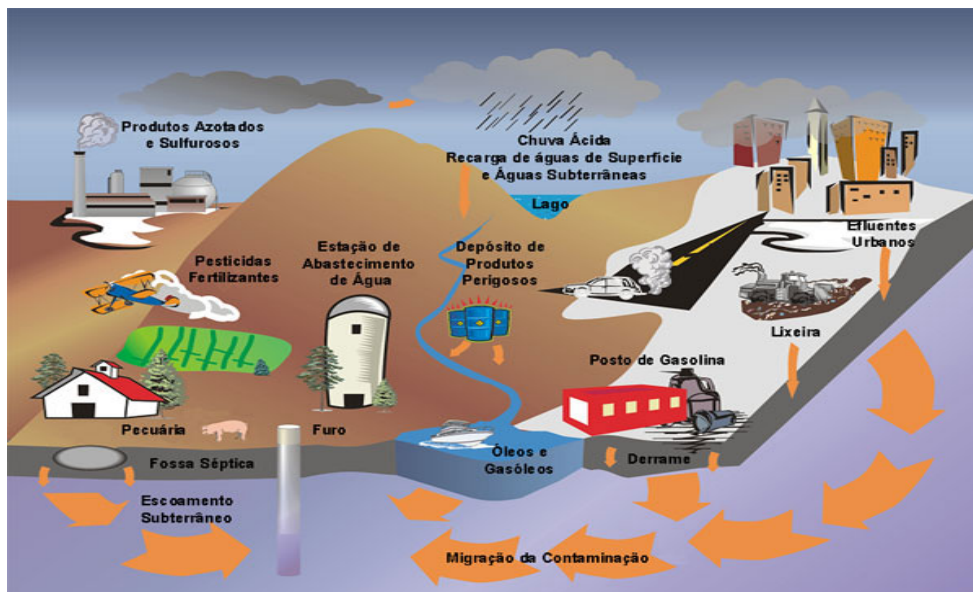


Figura 46 – Poluição da água subterrânea com diferentes origens
 (http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

O aumento do número das fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas despontou a necessidade de as classificar por diversas categorias e métodos (Zaporozec, 2004):

- Modo de Libertação
 Ex: fontes de descarga e de transporte
- Origem
 Ex: fontes domésticas e agrícolas
- Características químicas
 Ex: pesticidas, metais pesados, hidrocarbonetos
- Localização
 Ex: na superfície, no subsolo
- Tipo
 Ex: fontes pontuais, difusas e lineares

A classificação pela origem foi a mais usada nas últimas décadas devido ao facto de possuir uma nomenclatura flexível e de fácil compreensão. Actualmente, esta classificação relaciona, o tipo de fonte ao tipo de composto químico, tornando-se bastante usual nos países que obtiveram um crescimento muito rápido ao nível da agricultura e da indústria.

2.13.1. Contaminação por fontes naturais

A contaminação por fontes naturais onde não há interferências de natureza antrópica em que as substâncias naturais contaminantes entram no ciclo das águas subterrâneas através de uma combinação de processos que podem ser provocados pela precipitação, escoamento superficial, salinização, decomposição de animais ou vegetais mortos, etc.

A dissolução de minerais contendo elementos tóxicos é coadjuvada, por reacções de oxidação-redução, trocas iónicas e precipitações que são processos com influência directa na quantidade de constituintes dissolvidos, os quais podem incrementar ou reduzir a contaminação.

A interacção da infiltração da água com restos de plantas e húmus na zona não-saturada, a decomposição orgânica e o crescimento microbiano podem contribuir para a toxicidade das águas subterrâneas.

As fontes naturais são avaliadas de acordo com o seu carácter químico e bacteriológico e as respectivas concentrações irão determinar se uma determinada fonte pode ser ou não considerada como ameaça à qualidade de água.

Na categorização das fontes naturais, englobam os seguintes tipo de fontes contaminantes:

- Substâncias inorgânicas
- Metais vestigiários
- Compostos orgânicos
- Microorganismos
- Radionuclídeos

Dentro do tipo de fontes contaminantes, destacam-se as substâncias inorgânicas das águas subterrâneas, em que os seus principais iões são o Sódio, o Potássio, o Cálcio, o Magnésio, a Sílica, os Bicarbonatos, os Sulfatos e os Cloretos e a sua distribuição depende, essencialmente, do tipo de formações geológicas atravessadas.

A maioria destes constituintes não é perigosa para a saúde humana, mas pode causar inconvenientes se as suas concentrações excederem os valores considerados normais.

2.13.2. Contaminação agrícola e silvícola

A contaminação agrícola é muito intensiva e não localizada, sendo responsável pela poluição a partir da superfície de extensas áreas, devido à forma mecanizada de utilização do solo, aplicação intensiva e prolongada de fertilizantes inorgânicos, assim como a utilização de praguicidas.

Outro foco contaminador é proveniente da irrigação excessiva dos solos, isto é, a reciclagem e reutilização das águas subterrâneas para regadio contribui para um aumento progressivo do arraste, infiltração e concentração de nutriente, nomeadamente nitratos, sais e derivados de compostos orgânicos que a longo prazo, a inutiliza para este fim (figura 47).

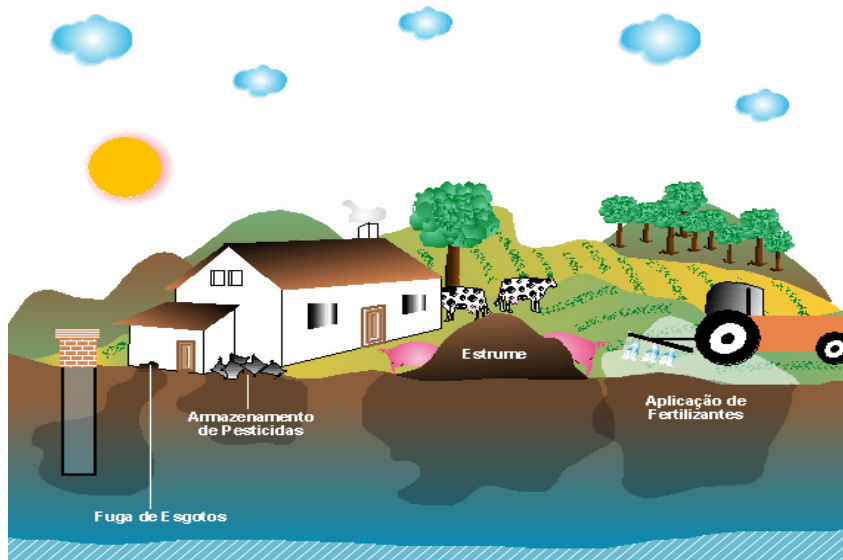


Figura 47 – Contaminação agro-pecuária
(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

A contaminação silvícola é provocada por actividades agro-pecuárias, nomeadamente, por excrementos de animais, fertilizantes e rações para animais.

Os fertilizantes inorgânicos como o amoníaco, sulfato de amónio, nitrato de amónio e carbonato de amónio e os fertilizantes orgânicos como a ureia, são responsáveis pelo incremento de nitrato, nitrito e amónio nas águas subterrâneas, devido ao facto da quantidade de fertilizantes aplicada ser superior á quantidade necessária para o desenvolvimento das plantas.

Os pesticidas e produtos fitossanitários como herbicidas, insecticidas e fungicidas, contribuem para uma importante contaminação de áreas extensas do sistema de água subterrânea devido á persistência e elevada toxicidade, sobretudo em solos muito permeáveis com escassa capacidade de adsorção.

2.13.3. Contaminação urbana e doméstica

A contaminação urbana e doméstica (figura 48) é provocada pelas populações em áreas urbanas por actividades domésticas, como por exemplo, lançamento de esgotos e/ou lixo em locais impróprios, fugas de fossas sépticas e nas redes de saneamento, infiltrações provenientes de lixeiras e de estações de tratamento e aterros sanitários deficientes, derrame de combustível em estações de serviço e óleos em oficinas de automóveis.



Figura 48 – Contaminação urbana e doméstica
(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

Os resíduos domésticos são materiais orgânicos e inorgânicos, que contêm sais minerais, restos de compostos não biodegradáveis, vírus e microorganismos fecais que podem contaminar as águas. Os resíduos transformam-se em nitratos, substâncias potencialmente cancerígenas, que podem conter organismos transmissores de várias doenças (diarreia, tifo, cólera, etc).

Os lixiviados das lixeiras municipais ou ilegais, resultante da circulação de água, são altamente redutores e enriquecidos em amónio, ferro ferroso, manganês e zinco, para além de apresentarem valores elevados de dureza e de concentrações de cloreto, sulfato, bicarbonato, sódio, potássio, cálcio e magnésio. A decomposição da matéria orgânica origina a produção de gases como o dióxido de carbono e de metano.

Quando se procede ao depósito de águas residuais e dejectos humanos em fossas sépticas sem qualquer tipo de revestimento impermeável, isto é, quando se trata de buracos naturais ou artificiais no solo, não existem condições sanitárias adequadas e essas águas infiltram-se directamente no subsolo e irá desencadear um processo de contaminação.

Quando os efluentes líquidos são colectados e transportados por condutas, na zona de descarga do sistema, estes podem ser tratados parcialmente ou não terem tratamento. A água sem tratamento, normalmente é lançada em pequenos lagos, lagoas artificiais ou em linhas de água a céu aberto em contacto com o subsolo, incrementando o risco de contaminação do espaço hídrico subterrâneo. Este tipo de poluição ao atingir o aquífero origina um aumento da mineralização e temperatura, aparecimento de cor, sabor e odor desagradáveis e prejudiciais à saúde.

2.13.4. Contaminação industrial

A contaminação industrial (figura 49) apresenta um carácter tipicamente pontual e intensiva causada por resíduos líquidos ou sólidos, resultantes de processos industriais, como a eliminação de resíduos de produção através da atmosfera, do solo, das águas superficiais e subterrâneas e de derrames durante o seu armazenamento e transporte.

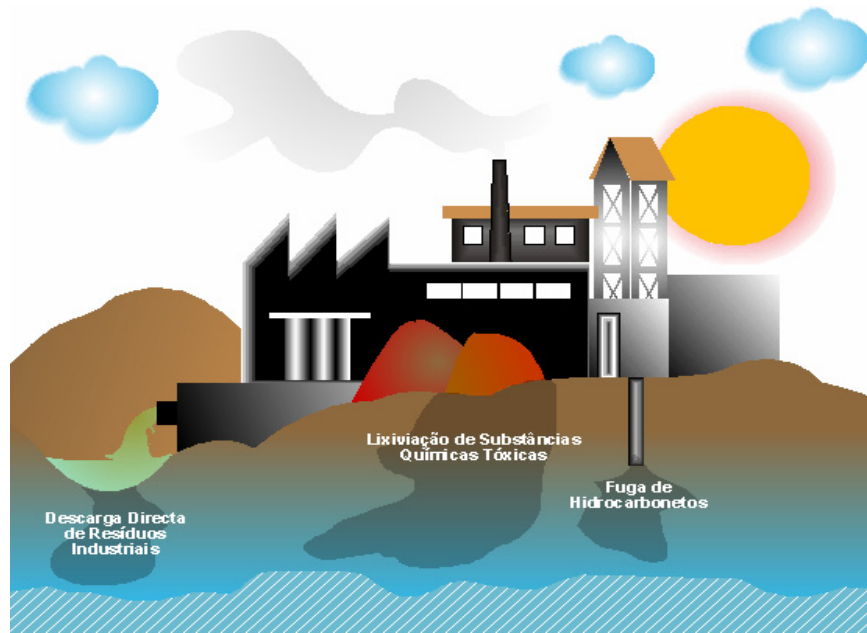


Figura 49 – Contaminação Industrial.

(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

As principais indústrias poluentes são: as indústrias alimentares, metalúrgicas, petroquímicas, nucleares, mineiras, farmacêuticas, electroquímicas, de fabrico de pesticidas, de papel, etc.

Estes resíduos industriais apresentam uma perigosidade efectiva e potencial à saúde humana e meio ambiente, requerendo cuidados especiais no seu acondicionamento, armazenamento, tratamento e deposição. Apesar desses cuidados, verifica-se muitas vezes, que estes resíduos são descarregados directamente em linhas de água ou em zonas muito próximas das mesmas, o que dará origem a infiltrações até atingirem os aquíferos, contaminando as águas subterrâneas, muitas vezes de forma irreversível.

A contaminação de explorações mineiras é causada por resíduos dos produtos da extracção e exploração de minerais, efluentes de lavarias, lixiviação de escombrelas e evacuação de águas das minas. As actividades de extracção mineral, exploração petrolífera e o destino final de dejectos nucleares são outros exemplos da contaminação das águas subterrâneas.

Outras origens da poluição industrial, passa muitas vezes, pelas tecnologias utilizadas se encontrarem em mau estado de conservação o que origina focos poluentes, com consequências no aumento de energia, nomeadamente de água.

A localização das unidades industriais também tem grande influência, pois se estas se encontrarem na proximidade de áreas urbanas ou em solos agrícolas podem causar contaminações nas culturas e perturbar a fauna e a flora existente.

2.13.5. Contaminação induzida por furos e poços de captação

A contaminação induzida por furos e poços de captação está relacionada com construções deficientes, a falta de selagem dos furos na zona superficial o que levará os contaminantes que circulam nesta área possam atingir o sistema de águas subterrâneas, corrosão dos materiais oxidáveis utilizados na construção do furo desencadeando processos de degradação nas estruturas facilitando a entrada de contaminantes nos aquíferos e poços abandonados que funcionam como “caixote do lixo” quando são deixados sem qualquer cobertura.

A intrusão salina é também considerada um contaminante induzido por bombeamento de furos e poços de captação que ocorre em regiões costeiras onde os aquíferos estão em contacto com a água do mar. Verifica-se que a água doce escoar para o mar, mas a água salgada, mais densa, tende a penetrar no aquífero, formando uma cunha sob a água doce (figura 50). Este fenómeno pode acentuar-se, com consequências graves, quando, nas proximidades da linha da costa, a extracção de grandes volumes de água doce subterrânea provoca o avanço da água salgada no interior do aquífero e a consequente salinização da água.

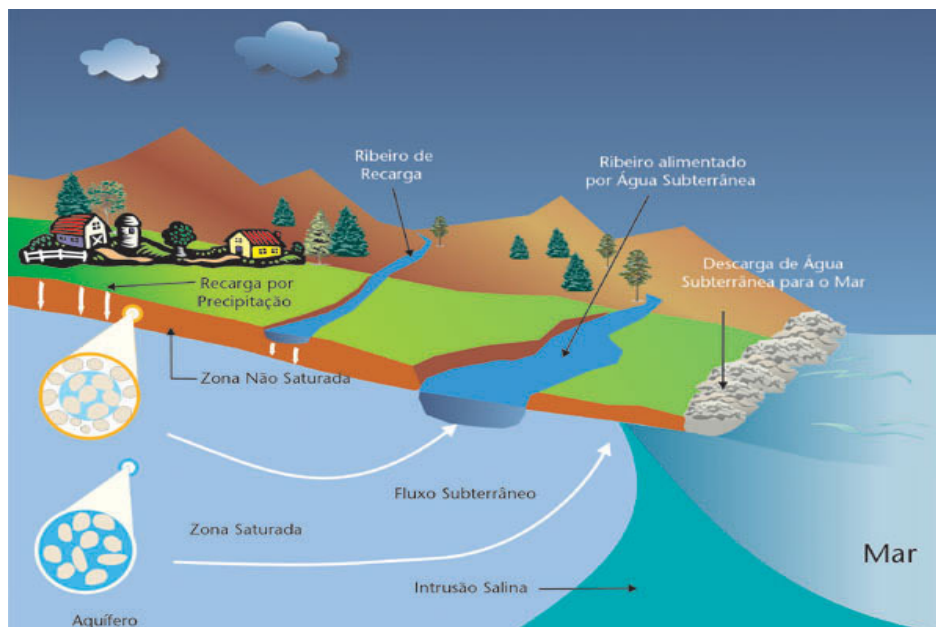


Figura 50 – Intrusão salina

(http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm).

2.13.6. Contaminação por outras fontes

Existem outras fontes de contaminação, menos importantes, mas que contribuem igualmente para a contaminação do sistema de águas subterrâneas, tais como fontes transportadas pelo ar, águas superficiais, transportes, desastres naturais e cemitérios.

Das focos poluidores descritos, destaca-se os cemitérios, pois poderão ser uma fonte geradora de impactes ambientais devido á inadequada localização e construção em meios urbanos que podem provocar a contaminação dos recursos hídricos através de microorganismos que estão presentes no processo de decomposição dos corpos sepultados. O aquífero irá ser contaminado, o que levará essa contaminação a fluir para as áreas vizinhas do cemitério, aumentando significativamente, o risco de contaminação de poços e furos de captação de água próximos. Outra situação relacionada com os cemitérios é o facto de as cinzas provenientes das cremações serem lançadas para zonas não saturadas onde permanecem durante anos, fomentando a contaminação.

2.14. Inventário das fontes de contaminação

Os inventários das fontes de contaminação de água superficial e subterrânea, trata-se de um processo trabalhoso e sistemático que consiste em agrupar, avaliar e classificar todos os potenciais focos de poluição que ameaçam alterar a qualidade das águas.

A elaboração de um inventário terá que ter, claramente, definidos os seus objectivos e um plano de trabalhos de acordo com os recursos financeiros e humanos existentes.

Os métodos de identificação das fontes de contaminação permitem localizar e distinguir a sua influência de forma a poder fazer ponderações de zonas de maior risco.

Este tipo de inventário passa pelos seguintes procedimentos:

- Elaboração de um inventário preliminar com indicação do tipo de contaminantes, tendo em conta a área de estudo e o objectivo do projecto, obrigando a um trabalho prévio de gabinete com pesquisa exaustiva de informação necessária.

- Organização do inventário implicará alguns trabalhos, tais como:
 - ✓ Seleccionar a base cartográfica da área de estudo;
 - ✓ Elaborar uma lista provisória de potenciais fontes de contaminação;
 - ✓ Identificar as fontes de informação com posterior confirmação no local;
 - ✓ Escolha dos métodos de identificação das fontes de contaminação;

- ✓ Elaborar a ficha de inventário (figura 51);
 - ✓ Reunir os equipamentos necessários tais como o GPS e a máquina fotográfica;
 - ✓ Escolha do sistema de processamento e registo de dados;
 - ✓ Organização da apresentação de resultados;
 - ✓ Obtenção de autorizações para entrar nas propriedades existentes na área de estudo;
 - ✓ Dar conhecimento às autoridades locais da condução dos trabalhos necessários ao inventário.
- Reconhecimento no terreno de toda a informação recolhida e completando-a, caso seja necessário, fazendo uma observação directa das potenciais fontes e estabelecer contacto com pessoas da área de estudo que possam acrescentar dados relevantes.
 - Verificação de toda a informação recolhida e elaboração da primeira classificação com as respectivas ponderações das influências de cada uma das fontes inventariadas.
 - Apresentação dos resultados com elaboração duma cartografia.

2.15. Cartografia das fontes de contaminação

A cartografia das fontes de contaminação das águas subterrâneas possui informações hidrogeológicas bastante explícitas que garantem uma fácil compreensão e têm o objectivo, fundamental, de dar a conhecer acerca da distribuição da sensibilidade do território à potencial contaminação derivada das actividades humanas, contribuindo para uma análise integrada de variáveis territoriais e ambientais.

Este tipo de cartografia representa uma ajuda importante e eficaz aos agentes de intervenção na identificação dos riscos potenciais para as águas subterrâneas, devido ao reconhecimento das áreas susceptíveis de contaminação e das áreas adequadas para o desenvolvimento de actividades que acarretam riscos de contaminação, possuindo um poder auto-depurador do meio hidrogeológico.

Na cartografia é fundamental definir o método utilizado na sua execução, pois neste tipo de documentos a informação tem um carácter meramente orientador, proveniente de diversas variáveis.

Actualmente, na elaboração de documentos cartográficos, nos mais variados mercados e indústrias, recorre-se aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), oferecendo aos seus utilizadores dados geográficos e ferramentas de análise espacial.

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO		
Nº de inventário:	Designação:	Tipologia:
Planta de localização	Fotografia	
Folha nº: _____ da carta topográfica 1/25000		
Coordenadas (m): M _____ P _____ Cota (m): _____		
Condições de acesso: _____		
Proprietário: _____	Endereço: _____	

Pessoa de contacto: _____	Nº de telefone: _____	

Enquadramento geomorfológico:		
Talude: __ Encosta: __ Linha de água próxima: __ Afastada: __ Distância (m): __		
Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:		
Carta Geológica: _____ Escala: _____		
Carta Hidrogeológica: _____ Escala: _____		
Unidade geológica e/ou geotécnica: _____		
Litologia / grau de alteração: _____		
Unidade hidrogeológica: _____		
Armadilha hidrogeológica suposta: _____		
Descrição sucinta da fonte de contaminação:		
Tipo (e.g. 1) _____		
Características / aparência: _____		
Descrição do(s) contaminante(s):		
Tipo: _____		
Quantidade: _____		
Tipo de descarga (e.g. sólido): _____		
Medidas protectoras: _____		
Problemas aparentes: _____		
Historial de descargas ou incidentes de contaminação: _____		
Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____		
Esforços de remediação: _____		
Amostra para análise: laboratorial nº _____ ecotoxicológica nº _____ Outra _____ nº _____		
Observações: _____		

Figura 51 – Proposta de ficha de inventário das fontes de contaminação (adaptado de Zaporozec, 2004).

Os SIG são ferramentas indispensáveis e cada vez mais importantes no domínio dos mais variados ramos das engenharias (geotecnia, geologia, civil, ambiente, território), nomeadamente, na tectónica, geofísica, geomorfologia, hidrogeologia, geoquímica, etc.

Em estudos ambientais em que envolvam entradas e saídas de dados de natureza cartográfica, os SIG são imprescindíveis devido às suas capacidades gráficas e às suas potencialidades analíticas capazes de descrever relações espaciais e elaborar modelos estatisticamente testáveis. Os SIG têm a capacidade de compatibilizar as informações provenientes de variadas fontes, tais como: informação de sensores espaciais, informação recolhida com GPS ou mesmo com os métodos tradicionais da área da topografia.

Existem dois modelos mais comuns em SIG:

- Modelo Matricial (*Raster*)

Modelo que se centra nas propriedades do espaço, compartimentando-o em células regulares representando um único valor, habitualmente quadradas, mas podendo aparecer sob outra forma. A sua resolução está directamente relacionada com a dimensão da célula, isto é, quanto maior for a dimensão de cada célula menor é a precisão ou detalhe na representação do espaço geográfico.

- Modelo Vectorial

Modelo em que o foco das representações se centra na precisão da localização dos elementos no espaço, utilizando para modelar digitalmente as entidades do mundo real, três formas espaciais: o ponto, a linha e o polígono.

A listagem de *software* SIG inclui, entre outros, o ArcGIS (Arcview, ArcInfo), o Autocad Map, o MapInfo, o Geomedia e o Autodesk Map.

3

**OS CASOS DE ESTUDO DAS ÁREAS DE ROSSAMONDE (VALBOM,
GONDOMAR) E DE ESPINHAÇO (AVINTES, V.N.GAIA)**

3. OS CASOS DE ESTUDO DAS ÁREAS DE ROSSAMONDE (VALBOM, GONDOMAR) E DE ESPINHAÇO (AVINTES, V.N.GAIA)

3.1. Resenha histórica sobre Valbom e Avintes

Relativamente a Valbom, o seu nome tem origem numa lenda que dizia que aqui existia um lindo vale de terras “fartas” e de campos e paisagens bonitas, em que o povo começou a chamar de *Vale Bom* e daí o nome desta freguesia de Gondomar (Oliveira, 1932). Valbom foi elevada a cidade em 2004 e a sua área tem cerca de 4,55 km² e possui perto de 15 mil habitantes.

Devido à sua situação geográfica, junto ao Rio Douro (Figura 52), Valbom foi durante gerações um importante centro de pesca artesanal, efectuada a bordo dos tradicionais barcos “valboeiros”. O seu barco típico ainda existe, mas a actividade piscatória desta terra desapareceu, após a introdução da pesca de arrasto, por barcos de calado superior. Hoje o artesanato está aqui fortemente implantado, através da marcenaria e dos seus trabalhos em talha de madeira, da ourivesaria e os seus famosos trabalhos em filigrana, além das curiosas esculturas em raízes de árvores, predominando na economia local.

Na cidade de Valbom destacam-se, entre outros, alguns lugares: Archeira, Arroiteia, Barreiros, Camboas, Cova Má, Culmieira, Fonte Pedrinha, Gramido, Lagoas, Lamas, Monte, Pinheiro de Além, Pinheiro de Aquém, Ribeira de Abade, Rossamonde, São Roque, Valham de Baixo, Vila Verde e Vinha.



Figura 52 – Paisagem da área de Valbom.

No que diz respeito a Avintes, esta é uma freguesia do concelho de Vila Nova de Gaia, situada numa elevação que se ergue entre o rio Douro e o rio Febros na margem esquerda do rio Douro com uma área de 9,38 Km² e com 11523 habitantes (www.avintes.net). Avintes é uma vila simultaneamente ribeirinha e rural e o seu topónimo tem origem no latim *vintes* (vindos, chegados, etc).

Contudo, o povo diz que Avintes se chama assim, porque quando se formou a freguesia contava apenas vinte moradores. Desde os alvares da nacionalidade, Avintes foi Couto independente, com administração e justiça próprias. No século XVII foi condado, dos Condes de Avintes de cuja família, D. Tomás de Almeida foi o primeiro Cardeal de Lisboa, e no século XVIII é chamado Concelho, realidade verificada legalmente em 1834, mas efémera devido à profunda reforma administrativa de 1836 que a une definitivamente ao Concelho de Vila Nova de Gaia, tendo a recordação da independência perdida ficado guardada no simbolismo da Pedra da Audiência. Esta freguesia foi elevada a Vila em Fevereiro de 1988. A povoação de Avintes é muito conhecida pelo seu pão tradicional fabricado com farinha de milho, a célebre Broa de Avintes (Figura 53). A pesca é também um dos bons rendimentos dos seus habitantes. Podemos dividir esta população em três tipos fundamentais de ocupação: lavradores, pescadores e moleiros. O solo de Avintes é fértil, porém a sua colocação, sobre o monte isolado entre o Douro e o Febrós, não lhe permite abundância de águas de rega. Quanto aos seus elementos arquitectónicos, destacam-se: a “Pedra da Audiência” (monumento nacional); a Igreja Matriz (construída em 1787); a Capela do Senhor do Palheirinho; a casa e capela da Quinta de Fiães e da Quinta da Gandra. Avintes é também terra de artistas plásticos, de cascadeiros e de grupos de teatro (Mérito Dramático, Plebeus Avinteses, Clube Recreativo Avintes).



Figura 53 – Ilustrações das actividades tradicionais de Avintes (pesca e broa).

3.2. Enquadramento geográfico de Valbom e Avintes

A cidade de Valbom localiza-se no concelho de Gondomar (figura 54) e a vila de Avintes situa-se no concelho de Vila Nova de Gaia (figura 55), ambos no distrito do Porto e, como tal, pertencentes à área metropolitana do Porto.



Figura 54 – Enquadramento geográfico de Valbom.

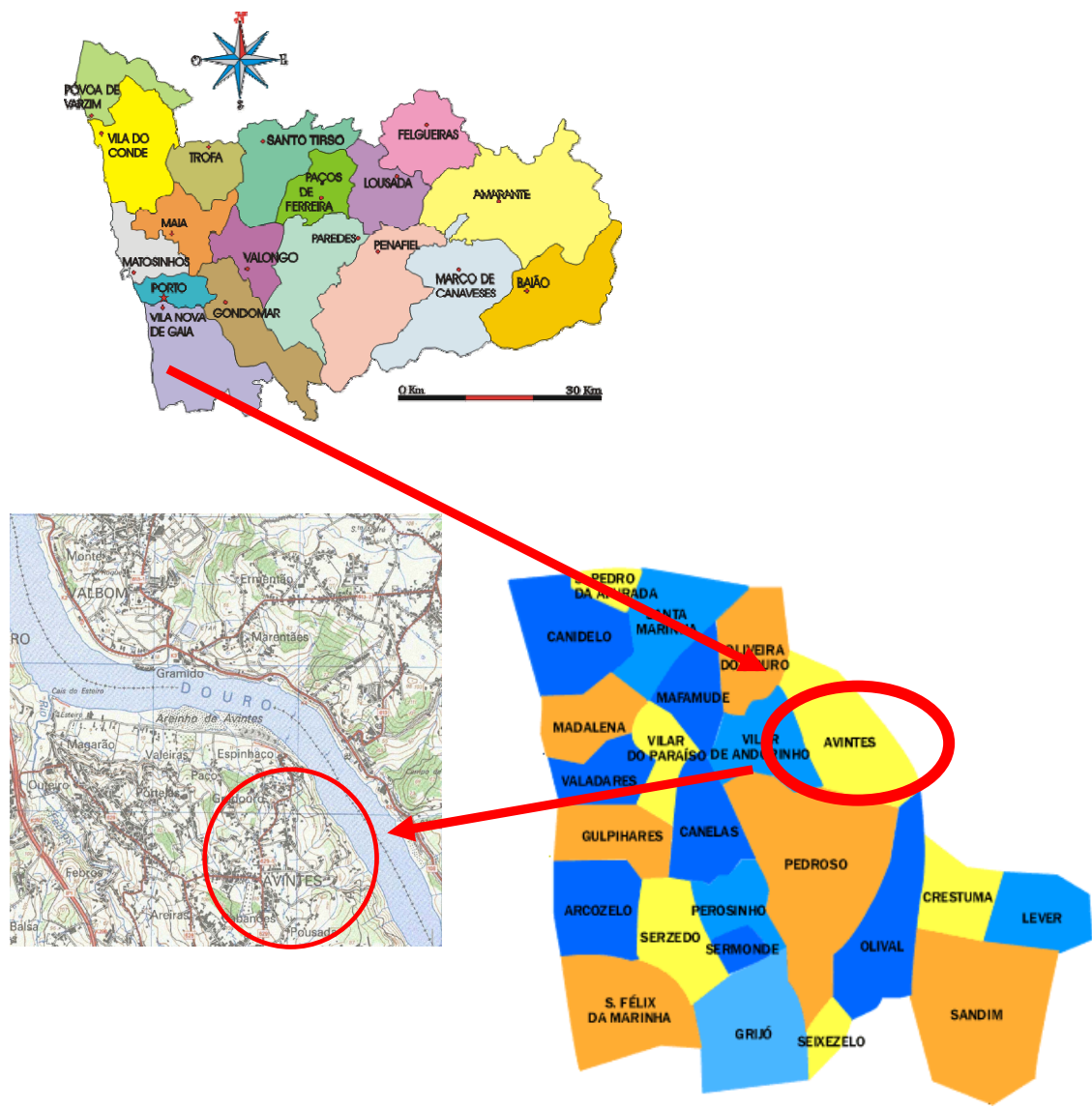


Figura 55 – Enquadramento geográfico de Avintes.

3.3. Enquadramento Regional

3.3.1. Geomorfologia

A região de Valbom situa-se na margem direita do rio Douro e de uma forma genérica pode dizer-se que os limites do concelho de Gondomar acompanham as barreiras geomorfológicas, isto é, linhas de fecho e cursos de água (figura 56). No quadrante Sul, os limites do concelho coincidem em grande parte com o leito do rio Douro, exceptuando na freguesia da Lomba, que se estende até ao vértice geodésico de Sobreiro (470 m).

No quadrante Norte, o limite Nordeste faz-se, generalizando, pela linha de fecho do conjunto das várias serras que constituem o anticlinal de Valongo.

De características geomorfológicas bem definidas, Gondomar beneficia de uma paisagem de contrastes muito grandes, entre um relevo montanhoso acentuado e de vales estreitos, passando a vastas superfícies aplanadas, sucedidas de relevos pouco acentuados, a Nordeste onde se situam os aglomerados populacionais de Rio Tinto e Gondomar, terminando nas margens do rio Douro, onde em alguns pontos se estendem praias fluviais. O “Monte Crasto” (200m) constitui uma elevação proeminente que se destaca nessa aplanação que estende pelo concelho de Gaia.

A existência desse complexo de elevações ao longo de toda a faixa Este do concelho favorece um regime de precipitações razoavelmente elevado, resultando condições hidrográficas bastante favoráveis. Em termos hidrográficos é uma importante referência, as bacias hidrográficas do rio Sousa e do seu afluente rio Ferreira, cujos percursos sinuosos, correm em vales encaixados e atravessam a parte média do concelho, desaguando no rio Douro, pela Foz do Sousa. As nascentes destes dois rios localizam-se em concelhos vizinhos, ao contrário dos rios Torto e Tinto, cujas bacias hidrográficas são alimentadas por cabeceiras de linhas de água pertencentes ao concelho. O curso de água mais importante é o rio Douro, em que se observa um vale apertado e profundo até à foz, com vertentes íngremes e elevadas, cortando a meio a ampla superfície na aplanação de Avintes (Gaia) e de Gondomar.

Ao longo do rio Douro existem os areíños, que constituem as praias fluviais, formadas por depósitos recentes com altitudes a não excederem os 7 ou 8 metros, de modo que durante as grandes cheias ficam submersas, correspondendo estas formações aos terraços de inundação. Em virtude das bancadas quartzíticas que atravessam o concelho a Nordeste, o rio Sousa e parte do rio Ferreira originam gargantas de paredes abruptas (escarpas do Castiçal e de Midões). É de salientar os depósitos recentes que ocupam, parcialmente, o fundo dos vales destes rios, que são, geralmente, constituídos por sedimentos argilosos, bastante produtivos do ponto de vista agrícola.

Em termos orográficos, contrapondo esta paisagem de relevos aplanados e suaves, destacam-se as grandes cristas quartzíticas que por erosão diferencial deram origem a uma cordilheira de altitudes entre os 250 e os 400m constituída pelas serras de Santa Justa, do Castiçal, das Flores, das Banjas e de Santa Iria, sendo interrompidas apenas pelo rio Douro, perto da povoação da Lomba, onde se forma a península do mesmo nome, a cotas muito baixas.

Por seu turno, a região de Avintes situa-se na margem esquerda do rio Douro (figura 55). No quadrante Norte os limites do concelho a que pertence coincidem em grande parte com o leito do rio Douro.

Os traços geomorfológicos regionais apontam para um relevo pouco acentuado (ca. 128m) e com vales fluviais de fractura (rio Febros e rio Douro) onde se estendem algumas praias fluviais importantes da área, tal como o areíno de Avintes.

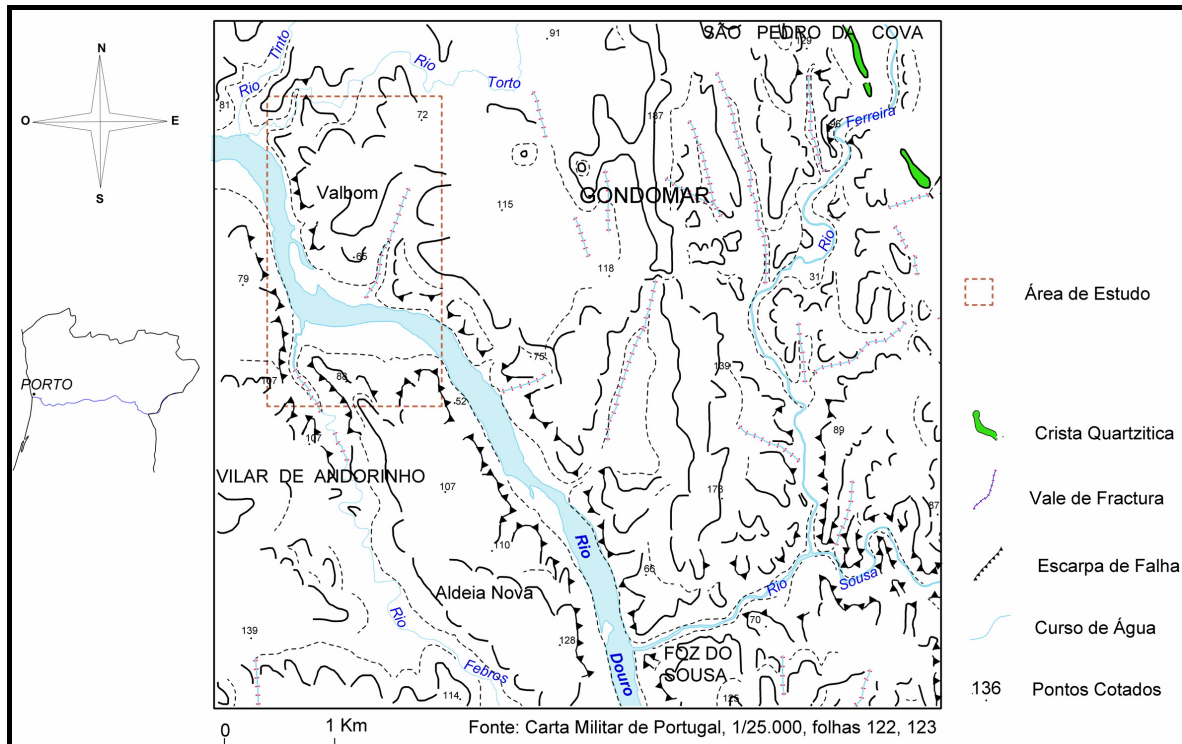


Figura 56 – Esboço geomorfológico da região de Gondomar e Vila Nova de Gaia, com a delimitação da área de Valbom e da área de Avintes.

No que se refere à hipsometria, em termos genéricos, a região em estudo apresenta (figura 57):

- O intervalo dos **0 aos 100 m** ocupa as terras que marginam os rios Douro, Sousa, Ferreira, Tinto, Torto e Febros, e ainda grande parte da plataforma que constitui a zona aplanada de Gens – Gondomar – Rio Tinto;
- O intervalo dos **100 aos 200 m** tem igualmente grande representatividade e encontra-se presente nas pequenas elevações existentes na plataforma descrita anteriormente, constituindo as cabeceiras de linhas de água nos rios Tinto e Torto. Na parte Sul do concelho esta directamente ligado às cabeceiras de linhas de água que formam a densa rede de drenagem, localizando-se imediatamente abaixo da cordilheira de serras;
- Os locais com cotas superiores a **200 m**, ocupam uma pequena área no concelho, estando apenas representado no complexo montanhoso formado pelas serras das Banjas, das Flores, do Castiçal e de Santa Justa, e na zona a Sul, uma vez que grande parte da freguesia da Lomba está incluída neste intervalo.

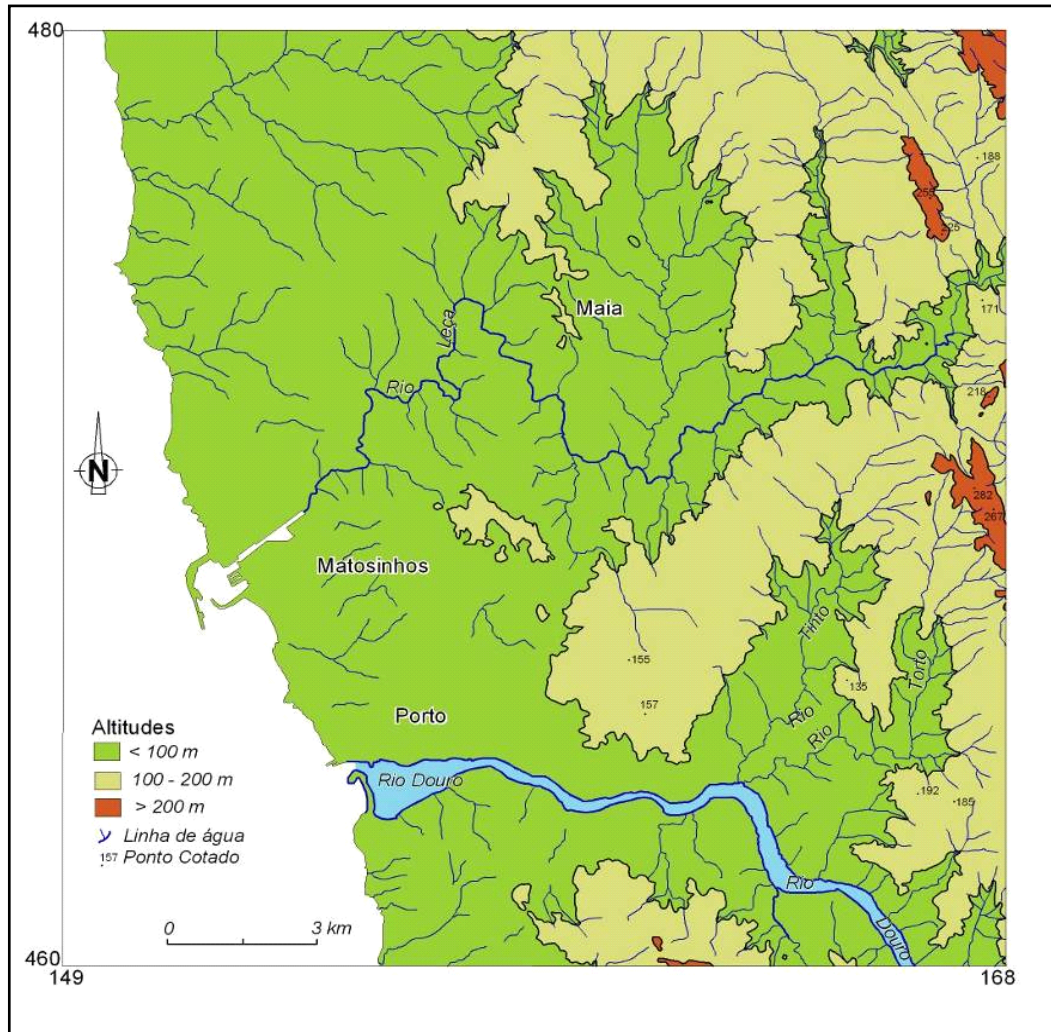


Figura 57 – Esboço hipsométrico da região do grande Porto.

3.3.2. Geologia regional

A região do grande Porto localiza-se (figura 58) num domínio geotectónico complexo do Maciço Ibérico, i.e., entre os terrenos da faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar e o Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão (Chaminé et al., 2003). A região entre o Porto e Avintes é caracterizada, em traços muito gerais, pela dominância de rochas graníticas e metassedimentares. Em termos de fracturação regional, as orientações dominantes apresentam direcções NW-SE, NE-SW e E-W, predominando em termos de quadrante de inclinação as descontinuidades subverticais a verticais.

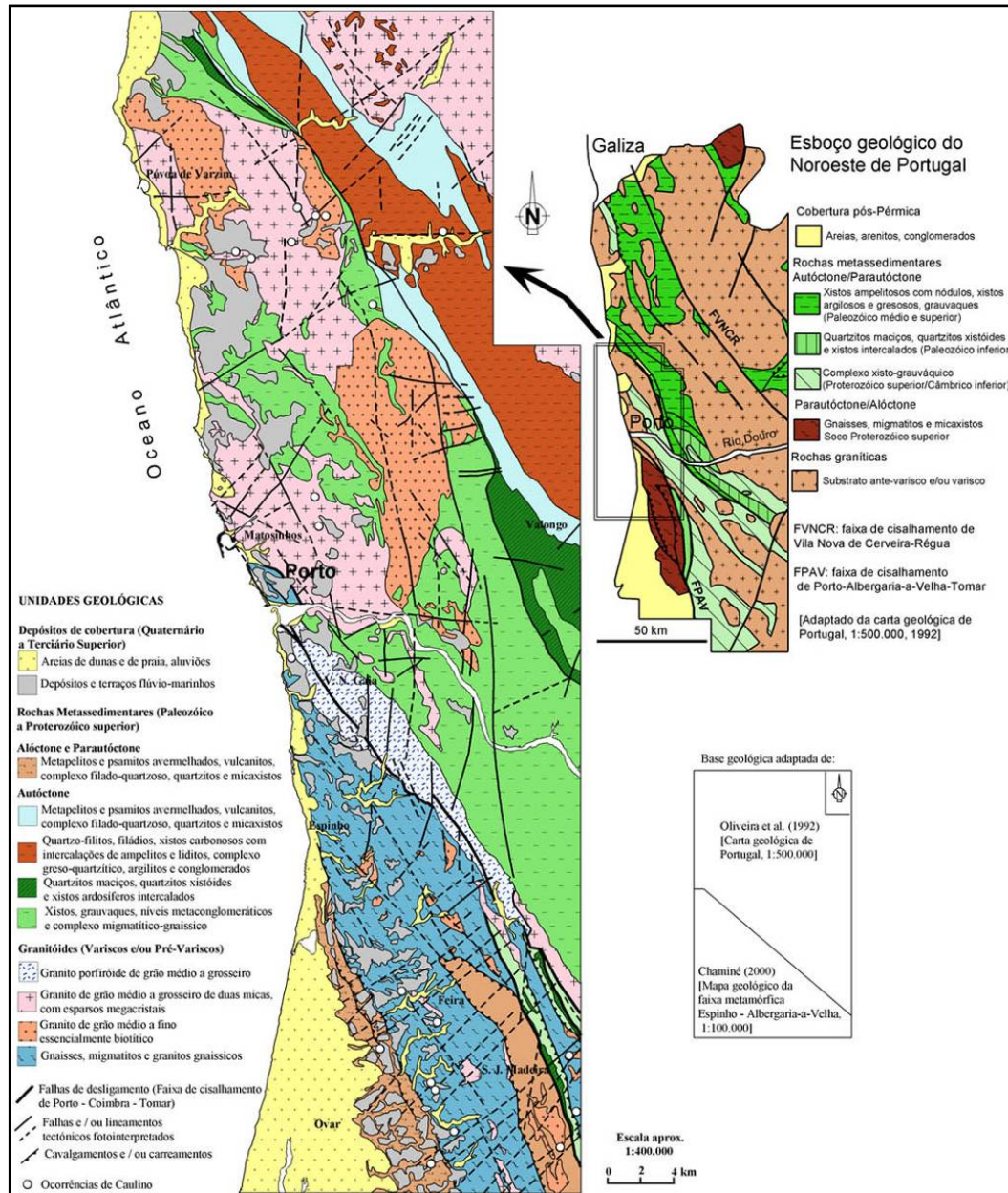


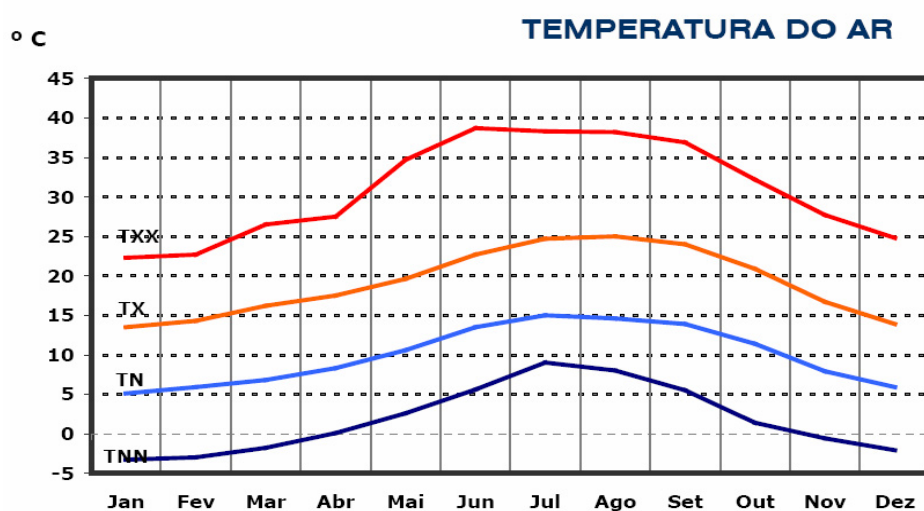
Figura 58 – Enquadramento geológico da região Noroeste de Portugal (Adaptado de Chaminé, 2000 ; Chaminé et al., 2003).

3.3.3. Clima

A análise climática foi realizada através de dados fornecidos pela estação meteorológica da Serra do Pilar (Porto) no período de 1961 a 1990 e baseia-se no estudo da temperatura do ar e da precipitação. Como se pode observar pelo gráfico da temperatura do ar (figura 59), os valores da temperatura média máxima e da temperatura média mínima, durante todo o ano é relativamente

elevada. Efectivamente o valor mínimo mais baixo ronda os 3°C negativos e o valor máximo mais elevado ronda os 38°C.

A amplitude térmica entre a média da temperatura máxima e a média da temperatura mínima é aproximadamente de 10°C. Pode-se também constatar que os meses com temperaturas mais elevadas são repartidos por Junho, Julho e Agosto, e os meses com temperaturas mais baixas se distribuem por Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Em suma, podemos depreender que o clima é bastante ameno, o que se justifica, dada a proximidade do mar. Complementarmente deve observa-se o facto de as quatro curvas consideradas (TXX, TX, TN e TNN; figura 58) terem um comportamento semelhante ao longo de todo o ano sem quebras bruscas.

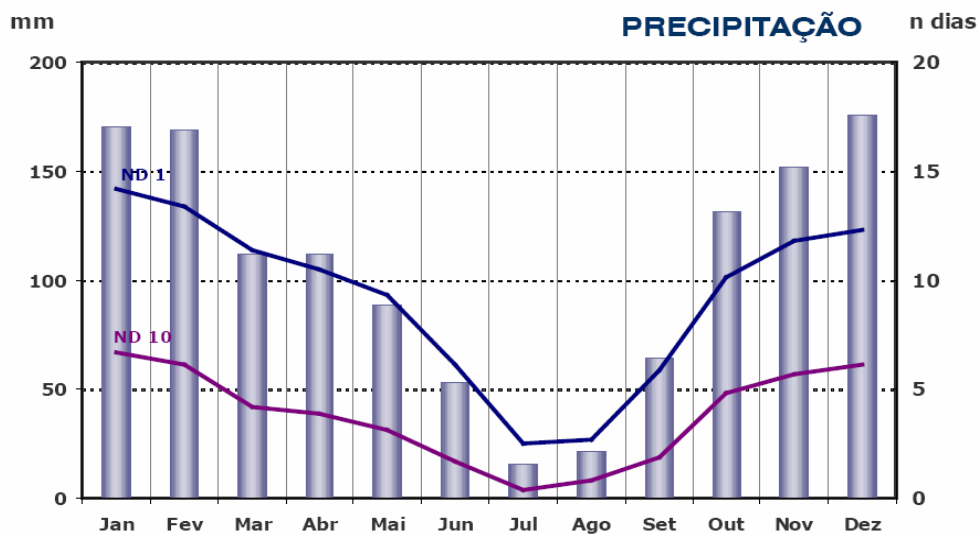


Legenda: TXX → Temperatura Máxima Absoluta (Graus Celsius, °C); TX → Média da Temperatura Máxima (°C); TN → Média da Temperatura Mínima (°C); TNN → Temperatura Mínima Absoluta (°C).

Figura 59 – Gráfico da temperatura do ar (Porto/Serra Pilar; 1961-1990)
(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal).

Relativamente à precipitação, o valor total anual é da ordem dos 1265 mm. Por outro lado, o valor total mensal não ultrapassa os 176 mm, não ocorrendo nunca valores nulos, sendo o valor mais baixo, aproximadamente de 9.2 mm. Um dado importante é o facto do valor mais elevado ocorrer em Dezembro, verificando-se essa continuação até Fevereiro, ocorrendo depois uma diminuição contínua até Julho. A partir de Agosto os valores são sempre crescentes (figura 60; quadro 12).

Efectivamente, os meses de Outono e de Inverno são aqueles em que a precipitação é superior a 100 mm. Pode-se também observar no gráfico da precipitação que a curva ND1 e ND10 (figura 59) está proporcionalmente relacionada com as estações do ano, isto é, o número de dias que a precipitação é maior do que 10 mm ocorre em meses de Outono e Inverno, e o número de dias que a precipitação é maior do que 1 mm ocorre em meses de Primavera e Verão.



Legenda: ND1 → Número de dias com precipitação ≥ 1mm; ND10 → Número de dias com precipitação ≥ 10mm; RR → Precipitação total (mm).

Figura 60 – Gráfico da Precipitação (Porto/Serra Pilar; 1961-1990)
(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal).

Quadro 12 – Valores médios totais da temperatura e da precipitação (Porto/Serra Pilar; 1961-1990).
(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal)

Mês	TX (°C)	TN (°C)	RR (mm)
Janeiro	13.5	5.1	171
Fevereiro	14.3	5.9	169
Março	16.2	6.8	112
Abril	17.5	8.3	112
Maio	19.6	10.6	89
Junho	22.7	13.5	53
Julho	24.7	15.0	16
Agosto	25.0	14.6	22
Setembro	24.0	13.9	64
Outubro	20.9	11.4	131
Novembro	16.7	7.9	152
Dezembro	13.9	5.9	176
Ano	19.1	9.9	1265

Outros elementos climáticos de interesse, como seja o caso da insolação e dos ventos, encontram-se representados nas figuras 61 e 62, respectivamente.

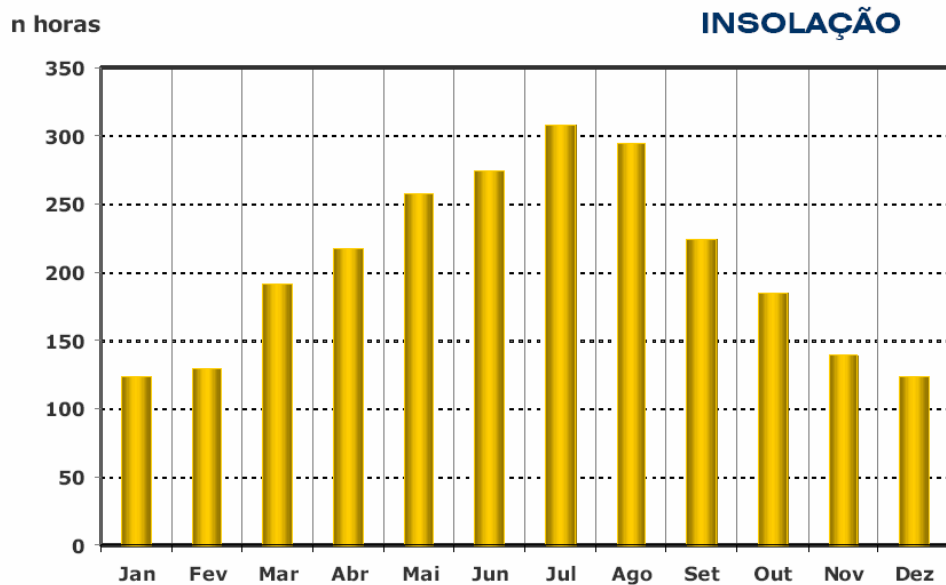


Figura 61 – Gráfico da Insolação (Porto/Serra Pilar; 1961-1990).
(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal)

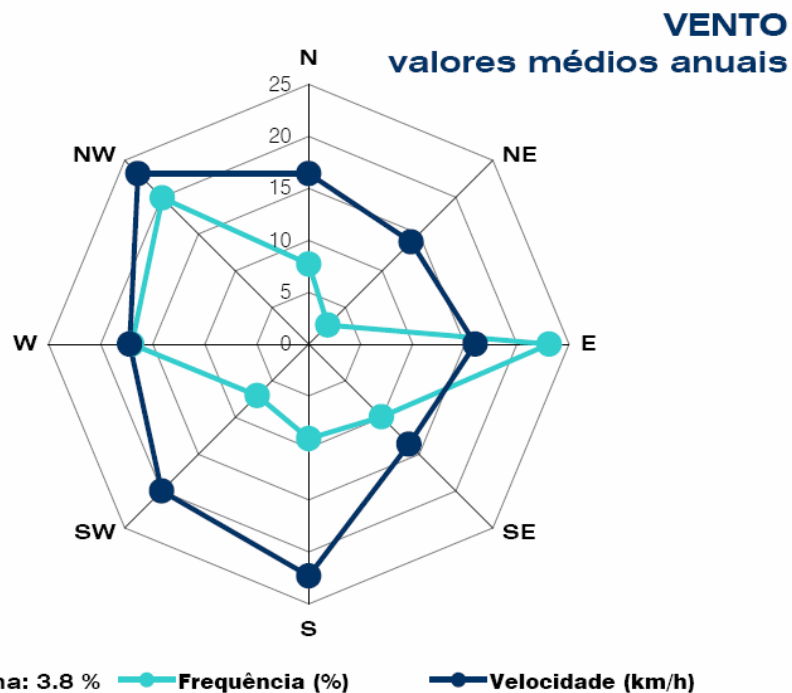


Figura 62 – Diagrama com os valores médios anuais do vento (Porto/Serra Pilar; 1961-1990).
(Fonte: Instituto de Meteorologia de Portugal)

3.3.4. Recursos geológicos

- Generalidades

O concelho de Gondomar dispõe de diversos recursos minerais, existindo presentemente algumas explorações em actividade. Os principais recursos minerais são constituídos pelos minérios de Antimónio, Ouro, Prata e Carvão, distribuídos ao longo das faixas auro-antimonífera e carbonífera da Bacia do Douro, em numerosas concessões e coutos mineiros, dispostos ao longo do conjunto de serras a Nordeste. Salienta-se ainda a existência de alguns depósitos de caulino na freguesia de Rio Tinto.

Em termos de recursos hídricos a área correspondente às formações xistosas e grauváquicas apresenta, em geral, reduzido interesse hidrogeológico, produzindo em nascentes, caudais de estiagem fracos, apesar da pluviosidade média elevada. As águas subterrâneas são utilizadas, em grande parte para usos domésticos e para rega. O aproveitamento destas águas é feito na região por meio de poços, galerias de minas e menos frequente por furos verticais. As águas dos rios e ribeiros são também utilizadas para rega, para isso são representadas em açudes e desviadas.

Relativamente à região constituída pelas formações graníticas, as condições hidrogeológicas são favoráveis. O facto do granito se mostrar, em regra, profundamente alterado e fissurado por uma extensa rede de diaclases, facilita a circulação lenta das águas de infiltração, o que dá origem a numerosas nascentes e permitem a instalação de poços e minas. A diversidade hidrogeológica traduz-se também pela existência de depósitos quaternários, na grande maioria areias e aluviões quaternárias e pelas bancadas conglomeráticas do Complexo Xisto-Grauváquico.

A quantificação dos recursos hídricos deve ter em conta a disponibilidade e a acessibilidade aos mesmos. No contexto nacional a distribuição desse recurso é caracterizada pela irregularidade ao longo do ano e por diferenças significativas de região para região. Efectivamente, a actuação dos factores climáticos e as características geomorfológicas regionais e/ou locais influenciam de forma determinante a ocorrência de precipitação e por conseguinte a existência de água no solo e no subsolo (Pedrosa, 1999). O concelho de Gondomar, inserindo-se na região Noroeste Portuguesa, encontra-se sujeito à influência do regime Atlântico verificando-se por isso chuvas frequentes. Pelo facto de ser atravessado a Sul pelo rio Douro e de ser limitado a Este por um complexo de elevações, beneficia ainda de um regime de precipitação privilegiado que aumenta localmente de forma importante a disponibilidade e a acessibilidade aos recursos hídricos quer superficiais quer subterrâneos (Pedrosa, 1999).

- Recursos Hídricos Superficiais

Gondomar possui uma rede hidrográfica de superfície relativamente densa, incluindo um conjunto importante de rios e ribeiras que atravessam todo o Concelho. Assim, os rios Sousa, Ferreira, Tinto, Torto e Inha dão nome às principais bacias hidrográficas do concelho, constituindo as linhas de água de maior expressão que drenam directamente para o rio Douro.

Os rios Tinto e Torto, que representam as principais linhas de água das pequenas bacias hidrográficas da parte mais ocidental do concelho, surgem numa área onde afloram as únicas formações graníticas, no seio das xistentas. Estes rios são alimentados por algumas linhas de água, que no seu conjunto definem um recurso importante numa zona onde estão incluídas as freguesias de Rio Tinto, Baguim, Fânzeres, S. Cosme e Valbom. Na bacia hidrográfica do Rio Sousa, delimitada pela serra de Fânzeres e pela linha de fecho que se estende desde a serra das Flores até perto de Esposade, junto ao Douro, o afluente mais importante é o rio Ferreira, na sua margem direita. Existem também as ribeiras de Parada e de Silveirinhos que entroncam o Rio Ferreira, e ainda a ribeira de Fontão que entronca o rio Sousa. Esta bacia hidrográfica inclui as freguesias de S. Pedro da Cova, Foz do Sousa, Jovim e parte de Covelo.

As freguesias limitadas a sul pelo rio Douro existem numerosas ribeiras que desagüam directamente nesse rio, descendo de cabeceiras inseridas no referido complexo montanhoso. Assim, na freguesia de Melres o ribeiro Cabria é o mais notável das linhas de água; na freguesia de Medas existem a ribeira de Longras, a de Vila Cova e a da Porqueira; por último aparece a ribeira de Couço, na freguesia de Covelo. Na margem esquerda do Douro, a freguesia da Lomba é delimitada a Oeste pelo rio Inha e a Este pelo ribeiro do Portal. Finalmente e completando o inventário dos recursos hídricos superficiais, é de salientar as numerosas nascentes, preferencialmente localizadas a Oeste da Serra de Fânzeres, com maior concentração em Jovim, a Nordeste de S. Cosme e em Baguim. No resto do concelho, a exiguidade de nascentes está de acordo com a homogeneidade de formações xistentas que aí afloram.

De grande importância são, também, os depósitos, tanques, chafarizes, fontanários, como mecanismos fundamentais para a retenção de água, estrategicamente localizados junto a povoações ou áreas de regadio, com maior incidência nos depósitos quaternários e nas formações graníticas.

- Recursos Hídricos Subterrâneos

No que se refere à rede hidrográfica de Gondomar, verifica-se que é menos densa que a de superfície, uma vez que grande parte dos afloramentos são constituídos por formações xistentas.

Deste modo, nas zonas de possível existência de aquíferos, podem seleccionar-se, preferencialmente, as que dizem respeito aos depósitos quaternários, às estruturas geológicas (fracturas ou falhas, com filões a elas associadas ou não), às alterações litológicas e formações quartzíticas. Em relação à mancha de vários tipos de granitos, aflorante a Oeste da serra de Fânzeres, apesar de possuir uma permeabilidade inferior às formações citadas anteriormente, é muito importante para alimentar aquíferos ligados a essa formação, através do diaclasamento e da alteração que exhibe. A definição exacta das dimensões e a forma dos aquíferos dependerá das características geomorfológicas e condições climatéricas locais (Pedrosa, 1999).

Convirá portanto, salvaguardar a permeabilidade das referidas áreas, assim como a qualidade das águas de infiltração ou de escorrência. Para tal, deve evitar-se a ocupação completa da superfície sobrejacente aos aquíferos, bem como controlar os níveis de poluição química e bacteriológica das águas que alimentam esses mesmos aquíferos.

- Utilização actual dos recursos hídricos

Neste capítulo pretende-se inventariar e caracterizar os principais usos actuais da água que constitui a rede hidrográfica de Gondomar (subterrânea e superficial), tais como (Pedrosa et al., 2002): usos urbanos, regadios, usos energéticos, navegação, usos recreativos, pesca, banhos e natação, navegação de recreio e aquicultura.

Todavia, vamos descrever apenas algumas dessas utilizações da água da rede hidrográfica do concelho:

- ✓ Usos Urbanos

Incluem-se nesta divisão o abastecimento de água e a descarga de efluentes domésticos e industriais. Quanto à origem da água para abastecimento público, o concelho utiliza principalmente águas de superfície, proveniente de barragens ou da tomada directa em rios. No entanto, existem também numerosos poços, furos e nascentes, preferencialmente localizadas a Oeste da serra de Fânzeres, em formações graníticas e depósitos quaternários, favoráveis à concentração de águas subterrâneas. Os locais onde se efectuam as captações para abastecimento público situam-se no areal de Lever, em dois sítios, na margem esquerda do Douro, obtendo-se um caudal total de 345000 m³/dia que abastece cerca de 2 milhões de habitantes, na área do Grande Porto, incluindo parte de Gondomar. Existe uma terceira captação, na margem direita do Douro, em Melres, com um caudal de 210 m³/dia, abastecendo uma pequena parte do concelho, num total de 7 mil habitantes. Refira-se ainda que a freguesia da Lomba possui captação própria.

✓ Regadios

O uso da água na rega é difícil de determinar, pois não se dispõe dos valores dos caudais utilizados nas diferentes zonas irrigadas, nem dos quantitativos referentes às diferentes proveniências, de superfície e subterrânea. No entanto pode-se afirmar que cerca de 77% da área total agrícola (2921 he) é irrigada, o que efectivamente provoca consumos significativos.

✓ Usos Energéticos

O aproveitamento energético dos caudais circulantes na rede hidrográfica, faz-se fundamentalmente através da exploração das duas centrais, existentes no concelho: a Hidroeléctrica de Crestuma–Lever e a Termoeléctrica da Tapada do Outeiro.

3.3.5. Enquadramento geológico e hidrogeológico de Valbom e de Avintes

No que se refere à geologia das duas áreas em estudo (Figura 63), distinguem-se três grandes unidades geológicas, a saber (Carrington da Costa & Teixeira, 1957; Pereira et al., 1989): uma de natureza metassedimentar (por vezes com filões de quartzo associados, mas sem expressão cartográfica), predominando na maior parte da área; outra de natureza granítica (por vezes com estruturas filonianas associadas, mas sem expressão cartográfica regional), representada pela mancha que se estende de Gondomar a Rio Tinto; finalmente, a terceira unidade é constituída por depósitos sedimentares de cobertura (aluviões, terraços fluviais e cascalheiras fluviais), um pouco dispersos por toda a região.

As unidades geológicas foram agrupadas e sistematizadas da seguinte forma (Carrington da Costa & Teixeira, 1957; Pereira et al., 1989; Oliveira et al., 1992):

- Depósitos sedimentares (aluviões actuais; depósitos de praias antigas e terraços fluviais)
- Rochas Metassedimentares (micaxistos, xistos, grauvaques, conglomerados)
- Granitos (desde granitos de grão grosseiro a grão fino, de duas micas e/ou biotíticos; há ocorrência de uma fácies gnáissica)

- **Depósitos sedimentares**

As manchas aluvionares correspondem aos depósitos de cobertura do Holocénico e incluem: aluviões actuais e depósitos areno-argilosos de fundo de vales. Ocupam uma reduzida área assinalando-se, no entanto, extensas acumulações de camadas argilo-arenosas, espessas, ao longo dos vales dos rios Sousa e Ferreira, aproveitados para agricultura. As manchas de depósitos de cobertura plio-pleistocénicos são constituídas por depósitos de terraços arenosos e cascalhentos.

- **Rochas Metassedimentares**

Os micaxistos, xistos e metagrauvaques ocupam uma área considerável nesta região e tomam a designação de Complexo Xisto-Grauváquico (ante-Ordovícico). Intercalados nas litologias anteriores ocorrem níveis conglomerados, de espessura variável, com orientação geral NNW-SSE. Ocorrem, ainda, filões e massas de quartzo e/ou de aplito-pegmatíticos sem expressão cartográfica significativa.

- **Granitos**

Nesta região afloram, igualmente, rochas graníticas de diferente fácies. Os granitóides de grão grosseiro a médio (fácies de Valbom e de Gondomar) predominam na região em comparação com os granitos de grão médio a fino, de duas micas (fácies do granito do Porto) e granitóides gnáissicos, em geral, muito alterados (fácies de Fânzeres). Ocorrem filões e massas de quartzo e/ou de aplito-pegmatíticos de reduzidas dimensões. Alguns dos filões intrusivos no Complexo Xisto-Grauváquico são mineralizados em ouro, antimónio, galena e volfrâmio.

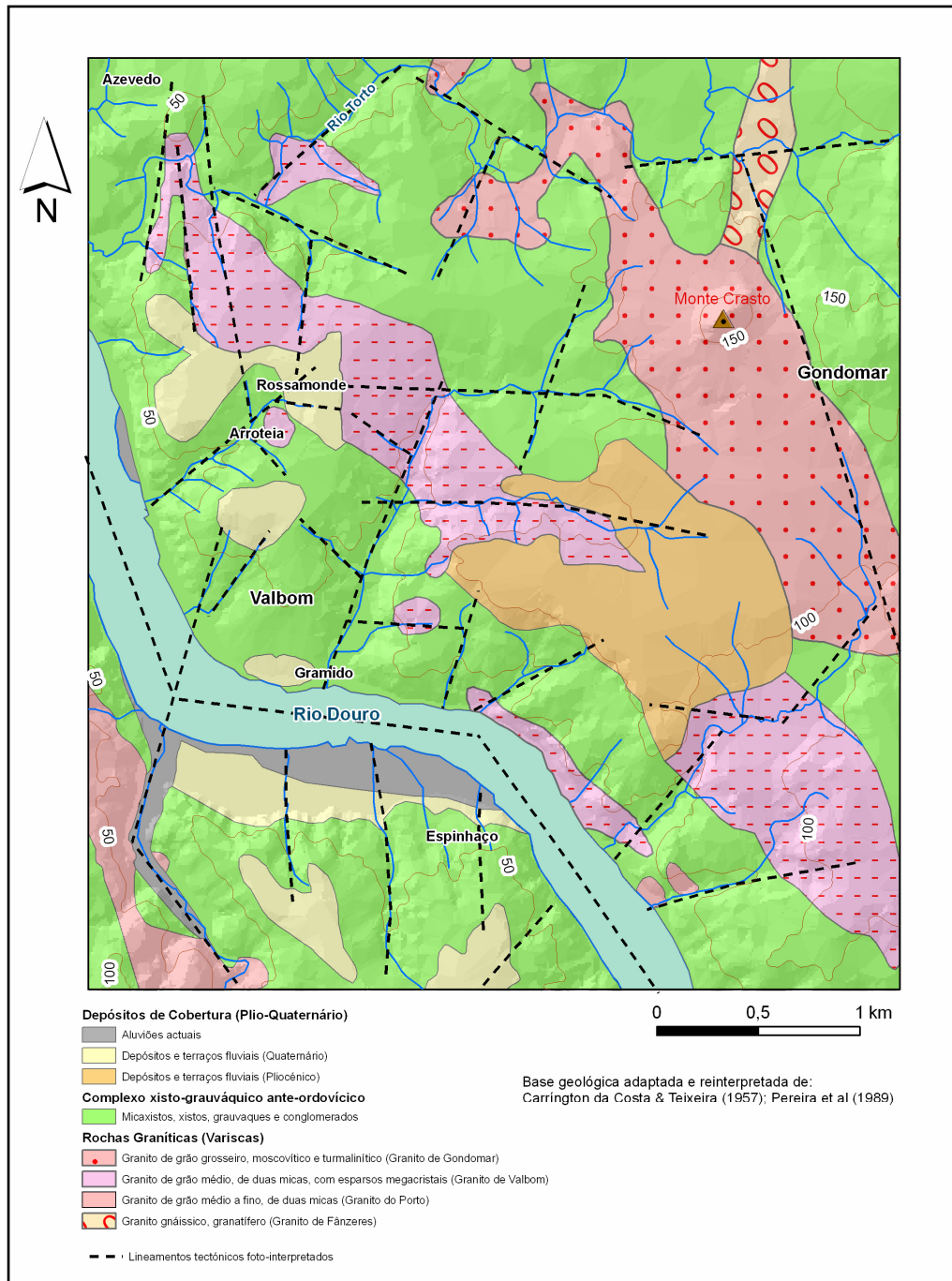


Figura 63 – Esboço geológico da região entre Gondomar e Avintes.

As condições geológicas, morfológicas, tectónicas e climatológicas da área metropolitana do Porto, inserida comumente no limite do Maciço Cristalino Antigo e da Orla Ocidental, condicionam do ponto de vista hidrogeológico a existência dos recursos hídricos subterrâneos (e.g., Carvalho, 1996; Pedrosa, 1999; Carvalho et al., 2000, 2003). Os critérios litológicos e estruturais que estiveram na base da identificação das diversas unidades geológicas presentes na região em apreço, permitiram elaborar uma sistematização preliminar das principais unidades hidrogeológicas e, assim, construir um esboço da carta hidrogeológica da região (figura 62). Foram seguidas as recomendações de Struckmeier & Margat (1995).

Face à escassez de dados, no âmbito da hidrogeologia (pormenores em Afonso, 1997, 2003), na região em estudo, as unidades hidrogeológicas que se propõem correspondem, grosso modo, às unidades geológicas maiores definidas, a saber: i) depósitos de cobertura, onde se incluem as aluviões e os terraços fluviais, ii) rochas metassedimentares, das quais fazem parte os micaxistos, xistos, metagrauvaques e iii) rochas graníticas, diferenciando-se os granitos grão grosseiro a médio e os granitóides gnáissicos, no geral, muito alterados. As estruturas filonianas (quartzo, aplito e aplito-pegmatito) e os níveis conglomeráticos poderão desempenhar, localmente, um factor de favorabilidade hidrogeológica.

A caracterização regional das diversas unidades hidrogeológicas, que seguidamente se apresenta (figura 64), foi feita de acordo com os critérios esboçados em Carvalho et al. (2003) e Carvalho (2006).

3.3.6. Breve historial sobre as águas minero-medicinais de Rossamonde

Em 1930 foi publicado em Lisboa um livro com o título: *“Le Portugal Hydrologique et Climatique”*, edição oficial da Direcção Geral das Minas e dos Serviços Geológicos e do Instituto de Hidrologia e de Climatologia de Lisboa, em que faz referência a existência em Portugal de uma grande e preciosa bibliografia sobre a hidrologia médica e da historiografia sobre as principais Termas Portuguesas, tais como: Caldas da Rainha, Vimeiro, S. Vicente (Entre-os Rios), Vizela, Caldelas, S. Pedro do Sul, Chaves, etc.

O livro referido cita, também, que na Idade Média a maioria das termas portuguesas foram propriedade de monges, sendo as termas das Caldas da Rainha as primeiras a serem objecto de análise química, impulsionando assim estes tipos de estudos a partir de 1778. O verdadeiro estudo físico-químico das águas subterrâneas iniciou-se em Portugal pela mão do Dr. António Oliveira Pinto, que estabeleceu os primeiros dados sobre a radioactividade das fontes, seguindo-se o Dr. Aquiles Machado que determinou pela primeira vez a resistência eléctrica específica de algumas águas minerais portuguesas. Esta publicação, de extrema importância para a época, fez

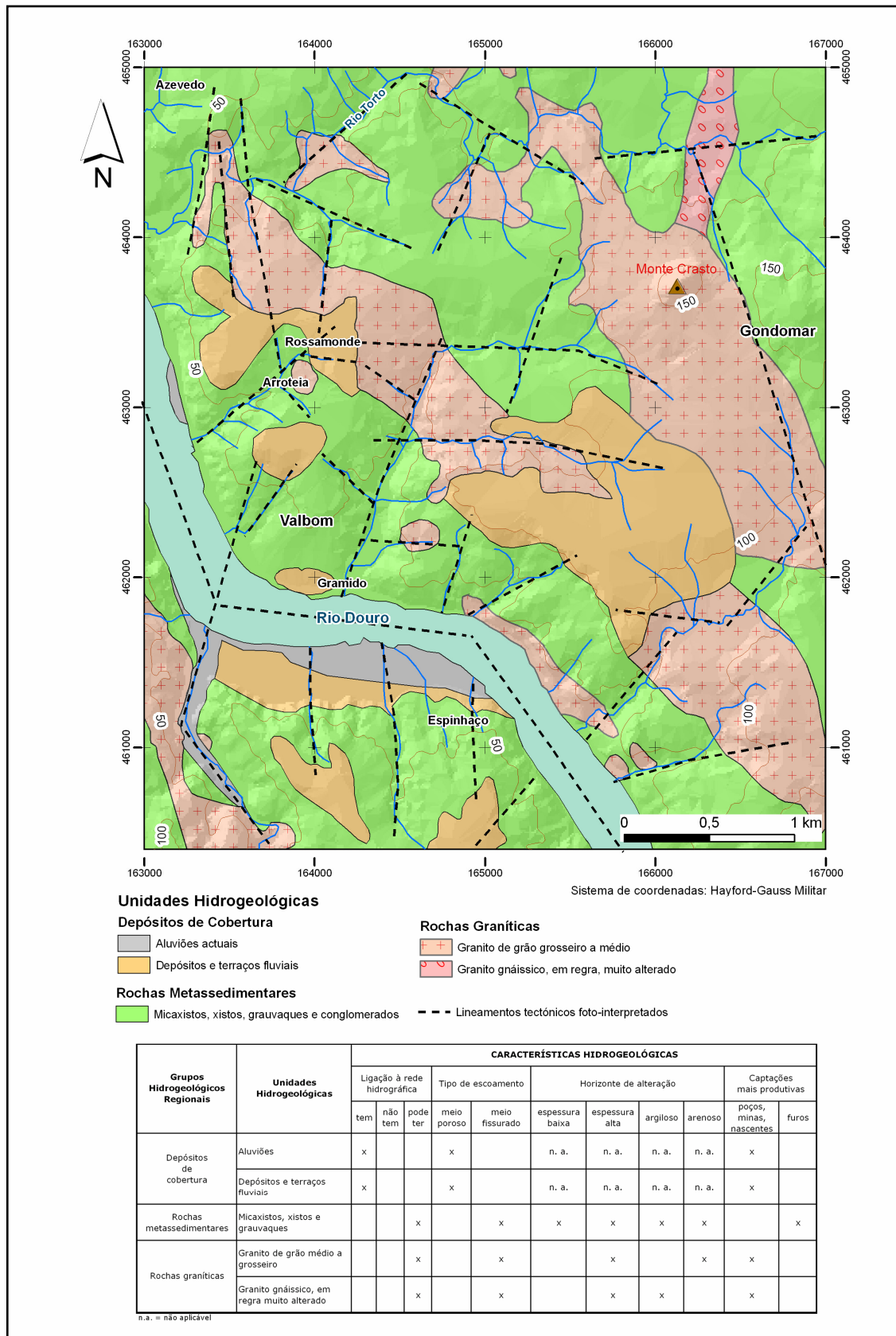


Figura 64 – Esboço hidrogeológico da região entre Gondomar e Avintes.

uma classificação das águas portuguesas, referenciando em Gondomar, na freguesia de Valbom, umas águas fracamente mineralizadas com características especiais alumínicas, isto é, águas muito raras, caracterizadas pela presença predominante de sulfato de alumínio. Trata-se de águas pouco mineralizadas, aciduladas, pobres em carbonatos e de ácido carbónico e que portanto poderão ser susceptíveis de aplicações terapêuticas. As águas de Rossamonde, em Valbom (Gondomar) foram, então, o âmago de um estudo pelo Prof. Charles Lepierre (segundo Oliveira, 1932) que revelou importantes informações sobre a qualidade destas águas. A origem destas águas, segundo o autor supracitado, é proveniente de nascentes que se encontram na faixa de rochas metassedimentares que ocorrem a leste da cidade do Porto, com orientação N-S (Carrington da Costa & Teixeira, 1957). Estas águas encontram-se no ponto mais alto de Valbom, a uma distância de aproximadamente 5 km do Porto, onde a nascente (poço) se situa no lugar de Rossamonde rodeado de campos agrícolas e silvados.

Para a descrição e caracterização da geologia da nascente das águas do lugar de Rossamonde seguimos de perto o excelente texto, da autoria do Prof. Charles Lepierre, incluído no trabalho sobre a história de Valbom de Oliveira (1932). Assim, o poço da nascente de Rossamonde terá uma profundidade de cerca de 13m e é alimentado por três nascentes reconhecidas: a nascente proveniente duma mina em direcção a Este (água n.º1); a nascente proveniente de uma outra mina em direcção a Sul (água n.º2) e, por último, a nascente constituída pelo conjunto das duas minas e da água que brota do fundo do poço, abaixo do nível das minas (água n.º3). A análise desta água foi realizada directamente das minas, sem passar por algum cano metálico, atendendo às qualidades ácidas destas. O caudal medido ronda os 12m³/dia e são águas perfeitamente frias, em qualquer época do ano. Estas foram usadas como águas de mesa, isto é, têm sido bebidas sem observação de alguma perturbação no organismo, parecendo resultar em acções benéficas para o normal funcionamento do fígado, do estômago, dos rins e da bexiga, provocando regular diurese. As “águas de Rossamonde” são interessantes e afastam-se da composição geral das águas potáveis ou minero-medicinais, pois tratam-se de águas com reacção nitidamente ácida, com concentração hidrogénica que se traduz por um pH igual para todas as águas das nascentes que a originam. Esta acidez resulta da presença do anião SO₄²⁻ e a ausência do anião CO₃⁻, o que constitui um caso muito raro em Hidrologia. Outra característica destas águas é a presença do catião Alumínio em notável proporção, que regra geral também aparecem nas águas potáveis ou medicinais em diminutas proporções.

As três águas que originam as “águas de Rossamonde”, apresentam a mesma fisionomia química, contudo, a água do fundo do poço (água n.º3) é a que se encontra mais mineralizada, sendo a água n.º1 a menos mineralizada das três. A mineralização da água n.º3 é duas vezes maior do que na água n.º1 e a água n.º2 é intermédia, aproximando-se mais da água n.º3, resultando de

análises efectuadas. A análise qualitativa, revela que as características são comuns às três águas: sabor acídulo, levemente adstringente, fresco, não desagradável, incolores, nenhum cheiro com pH na zona da acidez.

Em 1930, o Professor Charles Lepierre, realizou um estudo geohidrológico mais aprofundado da nascente de águas minero-medicinais do lugar de Rossamonde a pedido do Sr. Manuel Ferreira Magalhães, proprietário da quinta em que se encontra a nascente (Oliveira, 1932). Esse estudo tinha o objectivo de estudar minuciosamente estas águas para uma futura captação e aproveitamentos destas, para várias aplicações, nomeadamente, clínicas e medicinais. Seguidamente, apresenta-se uma síntese do referido estudo (*vide* Oliveira, 1932) com elementos de interesse para o presente trabalho.

- **Situação da nascente**

Na referida quinta, foi construído um poço com 13.30m de profundidade e a 0.50m do seu fundo, abriram-se duas galerias, uma na direcção Norte e a outra na direcção Sul, ambas com 15m de comprimento. A nascente encontra-se a menos de 1km do Rio Douro, mas não é muito afectada pelos nevoeiros, pois está a 90m acima do nível do rio. A temperatura é regular no Verão nesta zona e o lugar da nascente é refrescado pela brisa porque se encontra num planalto. A região envolvente é muito povoada; a vegetação é abundante, existindo muitas espécies hortícolas e variedade de flores.

A nascente encontra-se muito perto da margem do rio Douro, nomeadamente, do lugar do Areíno e do Foz do Sousa, e também fica ligada por estrada, a 3km, do Monte Crasto (200m de altitude) e a 6km de S. Pedro da Cova. Se essas águas fossem exploradas comercialmente a partir do local da sua nascente, as condições destas são muito boas, pois as comunicações com a cidade do Porto são rápidas e cómodas, e o local é propício para aproveitamento turístico e desportivo (natação, remo, pesca, caça, montanha, etc).

- **Reconhecimento geomorfológico e geológico**

O local de estudo é constituído por quintais murados, terreno arável e coberto de vegetação e com ausência de ravinas que permitem estudar o subsolo. A Serra da Arada (Valongo), elevação muito próxima ao rio Douro, tem altitudes entre 250 e 400m e é interrompida na Lomba pelo rio Douro, onde forma uma península, onde desce bruscamente cerca de 200m.

A região ao norte do rio Douro tem apenas duas linhas de água de alguma importância. O rio Sousa e o seu afluente rio Ferreira, que correm entre os montes dos Açores e de Pias e entre este e o de Santa Justa. A montante da passagem na elevação de Arada, os dois rios correm sempre em áreas aplanadas, regando campos pertencentes a povoações pequenas. Na planície entre o rio

Douro e o Monte de Santa Justa é possível encontrar água por toda a parte a pequenas profundidades, existindo, por isso, centenas de poços a fornecer água. Junto à nascente de Rossamonde existe, também, muitos poços a pequena profundidade, apesar de, em pequena extensão, haver uma grande diferença de nível na ordem dos 80 a 90m entre o Douro e o local da nascente medicinal.

Apesar de a geologia regional (Carrington da Costa & Teixeira, 1957) mostrar, à volta da nascente, numa grande extensão, rochas xistosas da base do paleozóico, foi apenas observado uma estreita faixa na direcção norte-sul, com inclinação média de 60°W. Esta faixa xistosa tem cerca de 100m de largura, ficando a meio da travessia leste-oeste da nascente da água e a poente fica as formações graníticas. A poente, o granito é pouco resistente, frequentemente friável, observando-se por vezes o feldspato em princípio de caulinição, em que os elementos deste tipo de granito como a moscovite e a biotite são bastante pequenos. A nascente, o granito é mais duro e os seus elementos são iguais ao granito a poente, mas um pouco maiores. Intercalada no xisto e com a mesma inclinação existe uma camada de conglomerado constituído de pedaços de quartzo arredondados de 0.25 a 15 ml de diâmetro, cimentados por limonite e sílica. Empastados na massa encontram-se, também, pedaços de xisto e o cimento apresenta um elevado teor de ferro, na ordem dos 10 a 25%. Foi neste cenário que se abriu o poço e as galerias onde nascem as águas minero-medicinais.

O xisto é argilo-ferruginoso, de cor amarelada, contem inúmeras palhetas de moscovite e junto ao aglomerado torna-se mais vermelho, devido à influência dos óxidos de ferro do cimento do conglomerado. Encontra-se muito mole, pois está carregado de produtos sulfurosos, causados pelas águas ácidas. No lado nascente da camada do conglomerado e entre o xisto, ocorre um filão de quartzo com cerca de 0.40m de espessura, onde o plano de separação deste filão com o conglomerado servirá de condutor às águas minero-medicinais.

O Prof. Charles Lepierre realizou ainda uma comparação destas águas com as águas francesas de “Cransac”, visto se tratarem de águas muito semelhantes tanto no ponto de vista químico como do ponto de vista geológico. Quer nas águas de Rossamonde, quer nas águas de Cransac, existe o predomínio do ião sulfúrico (SO_4) e a falta do anídrico carbónico e de carbonatos. A grande diferença entre estas duas águas é no teor em magnésio, que é pequena em Rossamonde e elevada em Cransac, devido à decomposição da dolomite que se encontra nos terrenos da região francesa.

- **Trabalhos de Captação**

Os trabalhos executados para o estudo, como já foi referido anteriormente, consistiu na construção de um poço de 13,30m de profundidade e de 1.20m de diâmetro, aberto no

conglomerado e com ajuda de uma bomba eléctrica para elevação da água. A 0.50m acima do fundo do poço romperam-se duas galerias, uma para sul e outra para norte, cada uma com 15m de comprimento, com uma altura de 1.20m e 0.50m de largura.

O caudal obtido foi de cerca de 400 l/h, sendo periodicamente medido não existindo alteração significativa dos seus resultados. Segundo o Prof. Charles Lepierre, será necessário realizar mais trabalhos de captação, por meio de sondagens e pesquisas nos xistos do tecto, de maneira a cortar o conglomerado a maior profundidade, podendo verificar se a água é termal e mais mineralizada. Para se fazer o aproveitamento imediato destas águas descobertas, existe a inconveniência da utilização de três bombas eléctricas, porque temos três qualidades de águas diferentes, o que complica a extracção. Existe, contudo, outro processo para a saída da água, mais simples, mais fácil de aplicar e de custos muito reduzidos. Segundo, o Prof. Charles Lepierre, havendo entre o fundo do poço e um ponto da superfície situado à distância de 120m uma diferença de nível de cerca de 1.20m, propôs que nesse mesmo ponto se abrisse uma galeria-travessa ao encontro do poço. Desta maneira e por meio de três tubos assentes em ranhuras das paredes desta galeria, poder-se-ia captar separadamente as três qualidades de água, e sem a necessidade de gasto de energia. Este sistema proposto tinha a vantagem de a água não estar muito tempo sujeita à acção do ar atmosférico, o qual poderia fazer depositar o ferro e no caso de uso de bombas, a acção do ar exerce-se, pois estas estarão paradas muitas horas durante o dia. A construção da galeria teria 1.80m de altura e 1.20 de largura, pois de secção menor é mais difícil de inspecionar. A sua abertura era um trabalho sem grande dificuldade, porque teria apenas 120m de comprimento em xistos não muito duros, sendo 20 a 30m construídos em trincheira a céu aberto, necessitando apenas de uma chaminé de ventilação com cerca de 5m de altura. A galeria não necessitaria de revestimento, visto que o terreno é regular e consistente e a direcção desta é aproximadamente normal à dos estratos do xisto. Para se realizar a captação das águas, era necessário a abertura de caixas na rocha, nos pontos em que nascem. Estas caixas deviam ser cimentadas na superfície interna ligadas umas às outras por meio de tubos, partindo de cada caixa o respectivo tubo condutor de água até á saída da galeria-travessa. Os três tubos condutores deviam vir até às instalações de enchimento de garrafas e lançar águas em três reservatórios de betão munidos de um sistema de torneiras de vidro, separando assim as três qualidades de águas. Depois de realizada a análise completa das águas, seria necessário estudar qual a melhor substância de que deviam ser feitos os tubos. Estes tubos à partida deviam ser feitos de betão, por causa dos ácidos contidos nas águas e não era conveniente que estes ficassem assentes na base da galeria, mas sim, em ranhuras feitas nas paredes desta. Aberta a dita galeria, estudar-se-ia pormenorizadamente a maneira como as águas nascem no poço e nas galerias já construídas no conglomerado, ver-se-ia se era necessário algum trabalho a fim de aumentar o caudal, de

evitar a infiltração directa das águas pluviais ou mesmo de evitar algum foco de poluição que estas águas medicinais pudessem estar sujeitas.

Em suma, o Prof. Charles Lepierre, aconselha vivamente o proprietário da quinta, a realizar a galeria-travessa para que se consiga colher convenientemente amostras, a fim de serem feitas análises mais completas e conclusivas sob o ponto de vista terapêutico. Refere, ainda, que caso se confirme que realmente estas águas são terapêuticas, estas seriam bastante rentáveis se se procedesse à sua captação e exploração devido a variados factores, tais como: a boa qualidade e singularidade destas águas, pelos custos reduzidos de trabalhos de captação, pelas condições geológicas e morfológicas que o terreno possui, pelas características naturais e paisagistas que o local oferece e pelas boas acessibilidades, nomeadamente, à cidade do Porto.

3.3.7. Inventário hidrogeológico

Neste inventário foram descritos alguns aspectos importantes para uma melhor caracterização física e espacial onde se encontram os pontos de água (figura 65), tais como: tipo de água, cota, profundidade, enquadramento geológico e litológico, caudal (nem sempre foi possível obter valores), qualidade da água (cheiro, cor, turbidez), utilização, etc. Para tal, foi elaborada uma ficha de inventário hidrogeológico de campo, igual à que se apresenta na figura 66.

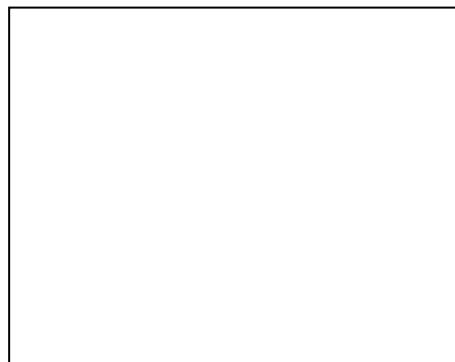


Figura 65 – Aspectos relacionados com o inventário hidrogeológico.

Nº de Inventário: _____ Designação: _____ Tipo: _____



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: ____ da carta topográfica 1/25000 Coordenadas (km): M _____ P _____

Água normal Água mineral Reconhecida oficialmente

Cota (m): _____

Condições de acesso: _____

Proprietário: Câmara Municipal Outro _____

Descrição sucinta:

Uma única descarga Um grupo de nascentes Área de descarga: ____x____ m²

Nascente permanente Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____ Solo

Zona alagada Rocha

Geomorfologia

Planalto Encosta Talvegue Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: _____ Escala: _____

Carta Hidrogeológica: _____ Escala: _____

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: _____

Litologia: _____

Armadilha hidrogeológica suposta: _____

Qualidade da água e caudal

Data e hora __/__/__ __:__ h

Cheiro: _____ Cor: _____ Turbidez: _____

Outras observações: plantas animais algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): ____ Temp. do ar (°C): ____ pH: ____ Condutividade eléctrica (µS/cm): ____

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano Animais Uso industrial Rega

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga Construção recente

Data __/__/__ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): _____ Diâmetro: _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): _____ Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: _____ Data: _____

Figura 66 – Modelo de ficha de inventário dos pontos de água.

CASO DE ESTUDO DE ROSSAMONDE (VALBOM, GONDOMAR)

O inventário dos pontos de água na área de Rossamonde (Valbom) foi constituído por dez pontos de amostragem, cinco dos quais são poços, duas bicas, um tanque, uma torneira e uma ribeira (figura 67 e anexo 1). De notar que o número de pontos de amostragem não foi maior, visto que muitos dos proprietários da área de Rossamonde não autorizaram o acesso aos seus pontos de água.

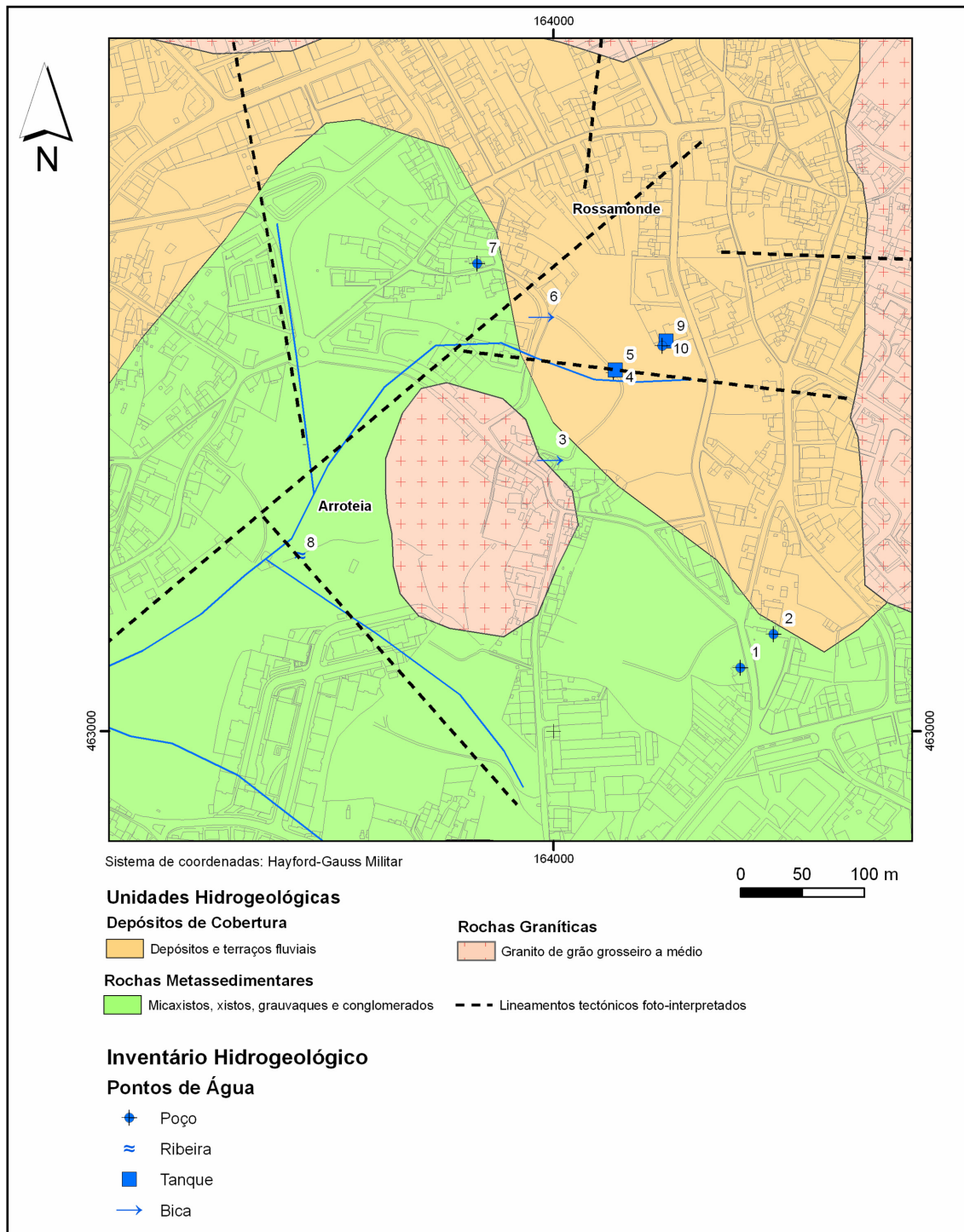


Figura 67 – Localização dos pontos de água na localidade de Rossamonde, Valbom.

CASO DE ESTUDO DE ESPINHAÇO (AVINTES, V.N.GAIA)

Na região de Espinhaço (Avintes), o inventário dos pontos de água foi constituído por cinco pontos de amostragem: quatro poços e um furo (figura 68 e anexo 1). De notar que, à semelhança de Rossamonde, o número de pontos de amostragem não foi maior, visto que muitos dos proprietários da área de Espinhaço não autorizaram o acesso aos seus pontos de água.

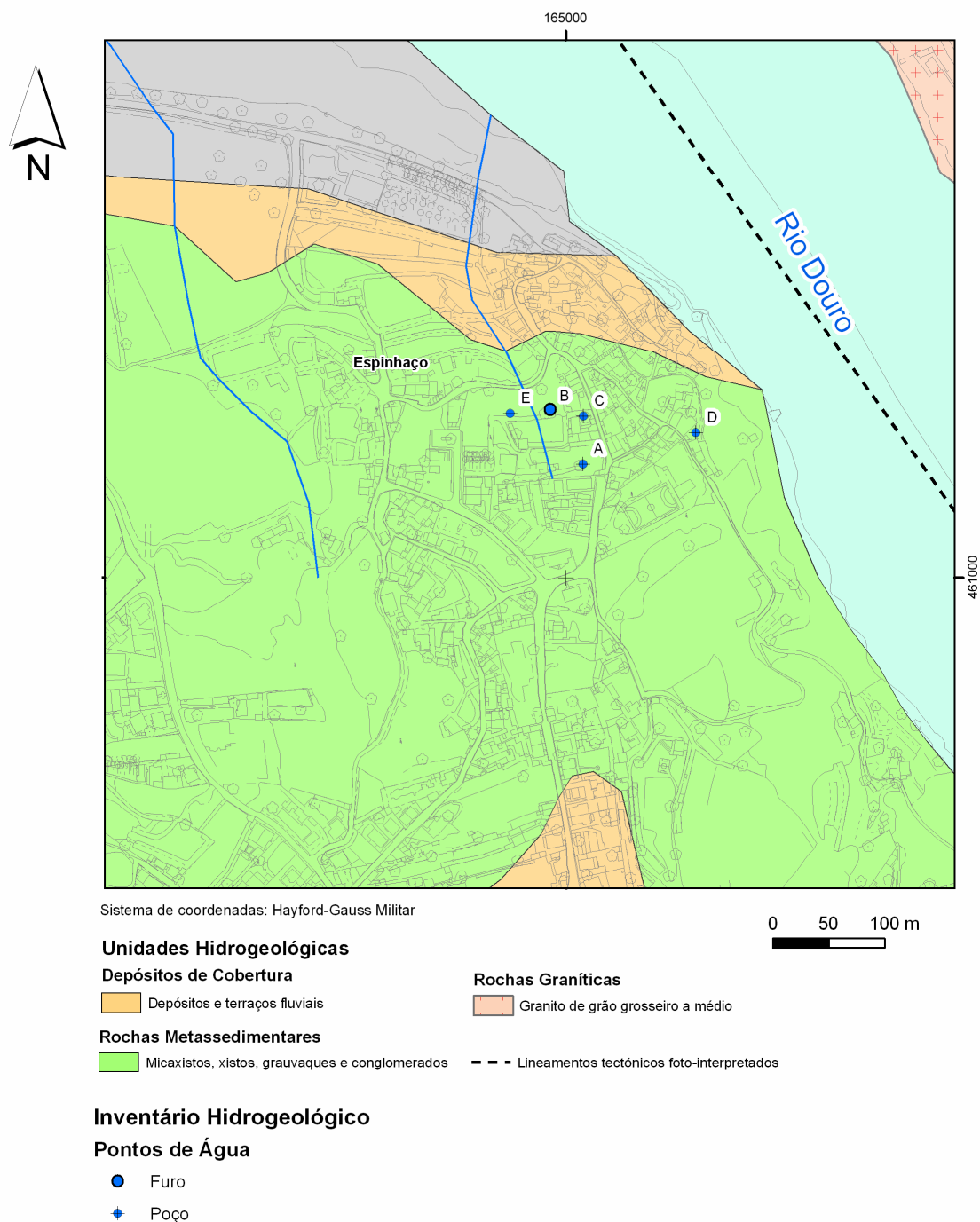


Figura 68 – Localização dos pontos de água na localidade de Espinhaço, Avintes.

3.3.7.1. Hidrogeoquímica

Para a caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas das duas áreas em estudo, Rossamonde e Espinhaço, procedeu-se a uma amostragem de água em pontos criteriosamente seleccionados. No momento das colheitas foram medidos sistematicamente *in situ* os seguintes parâmetros: temperatura, pH e condutividade eléctrica. Os resultados laboratoriais obtidos foram tratados analiticamente, nomeadamente os diagramas hidroquímicos, pelos programas *RockWorks* (1993-2001 da *RockWare Inc.*) e *AquaChem 5.1* da *Waterloo Hydrogeologic*.

CASO DE ESTUDO DE ROSSAMONDE (VALBOM, GONDOMAR)

A caracterização das águas da região de Rossamonde foi baseada em apenas dois pontos de amostragem, o poço da Quinta de Rossamonde (ponto de inventário nº4) que inclui duas colheitas realizadas em Março de 2006 (dados gentilmente cedidos pela Drª Maria José Afonso, ISEP, no âmbito da sua tese de doutoramento) e do poço do Sr. Serafim Ribeiro (ponto de inventário nº10) que incluiu cinco colheitas realizadas entre Outubro de 2005 e Junho de 2007. Nos quadros 13 e 14 apresentam-se os resumos das análises químicas resultantes das recolhas efectuadas.

Quadro 13 – Valores das análises químicas das águas do poço da Quinta de Rossamonde (ponto nº4).

PARÂMETRO	Data	
	02/03/06	09/03/06
Azoto Amoniacal (NH ₄)	-	0.17 mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃)	-	0
Cálcio total (Ca)	-	17 mg/L
Cloretos (Cl)	68 mg/L	67 mg/L
Condutividade eléctrica a 25°C (µS/cm)	502	493
Magnésio total (Mg)	-	9.9 mg/L
Nitratos (NO ₃)	82 mg/L	82 mg/L
Nitritos (µg/L NO ₂)	-	<13
Potássio total (K)	-	8.5 mg/L
Sílica (SiO ₂)	-	11 mg/L
Sódio total (Na)	-	47 mg/L
Sulfatos (SO ₄)	39 mg/L	41 mg/L
pH (E.Sorensen)	4.2	4.2
Alcalinidade total (CaCO ₃)	<5.0 mg/L	-
Ferro (µg/L Fe)	34	-
Alumínio (Al)	0.76 mg/L	0.59 mg/L
Fluoretos (F)	-	<0.20 mg/L
TAS - Taxa Adsorção de Sódio (meq/L)	-	2.242

Quadro 14 – Valores das análises químicas das águas do poço do Sr. Serafim Ribeiro (ponto nº 10).

PARÂMETRO	Data				
	14/10/05	02/03/06	09/03/06	09/03/07	04/06/07
Azoto Amoniacal (mg/L NH ₄)	0.14	-	<0.04	<0.10	<0.10
Bicarbonatos (mg/L HCO ₃)	18	34.2*	36	29.3*	31.7*
Cálcio total (mg/L Ca)	20.9	-	27	28	27
Cloretos (mg/L Cl)	43.5	48	49	49	45
Condutividade eléctrica a 25°C (µS/cm)	312	404	404	370	378
Magnésio total (mg/L Mg)	8.9	-	5.2	6.2	8.2
Nitratos (mg/L NO ₃)	66.4	53	50	39	50
Nitritos (µg/L NO ₂)	<0.01	-	<13	<13	<13
Potássio total (mg/L K)	4.5	-	10	4.6	4.2
Sílica (mg/L SiO ₂)	-	-	7.5	8.8	8.0
Sódio total (mg/L Na)	26.3	-	34	30	25
Sulfatos (mg/L SO ₄)	26.2	34	34	33	38
pH (E.Sorensen)	6.1	6.7	6.7	6.5	6.3
Alcalinidade total (mg/L CaCO ₃)	15	28	-	24	26
Ferro (µg/L Fe)	<50	34	-	-	-
Alumínio (mg/L Al)	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.10
Fluoretos (mg/L F)	-	-	0.59	0.38	0.35
TAS-Taxa Adsorção de Sódio (meq/L)	1.214	-	1.570	1.336	1.081

* Por cálculo a partir da alcalinidade, através da equação $HCO_3 (mg/L) = Alcalinidade (mg/L) * 1.22$

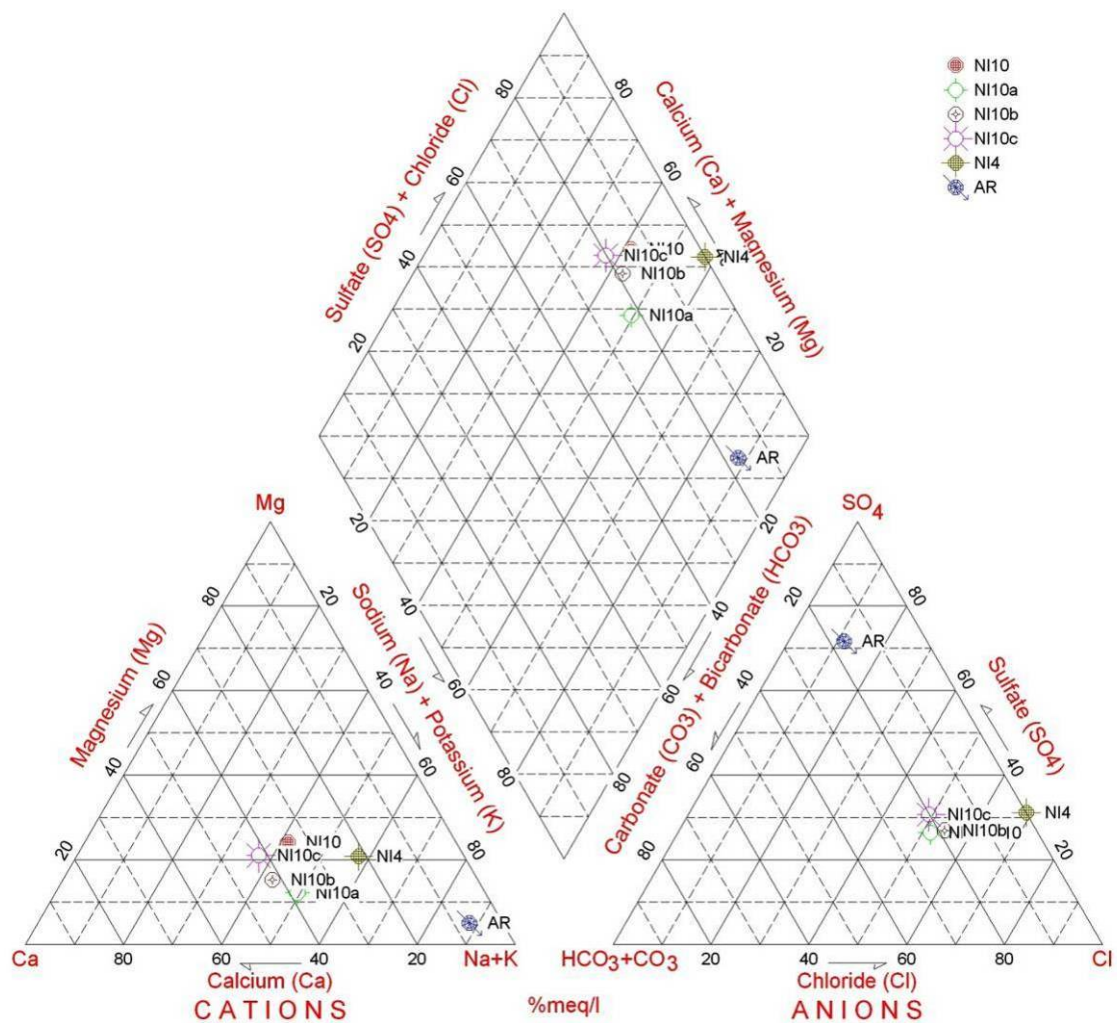
O quadro 15 resume a compilação bibliográfica das análises químicas efectuadas ao longo da história das Águas de Rossamonde.

Quadro 15 – Valores das análises químicas das águas minero-medicinais de Rossamonde.
(Fontes: Relatório inédito do Prof. Charles Lepierre, 1930, *in* Oliveira, 1932 e Acciaioli, 1952)

PARÂMETRO	Data		
	1930 (Oliveira, 1932)	1952 (Acciaioli, 1952)	Conversão mvals-mg/L
Sódio	36.0 a 45.1 mg/L*	2.290 mvals	52.7 mg/L
Cálcio	6.6 a 9.0 mg/L*	0.235 mvals	4.7 mg/L
Magnésio	2.9 a 10.0 mg/L*	0.173 mvals	2.1 mg/L
Potássio	31.2 a 33.3 mg/L*	0.737 mvals	28.8 mg/L
Alumínio	17.7 a 75.2 mg/L*	9.582 mvals	86.2 mg/L
Ferro	1.4 a 23.0 mg/L*	2.846 mvals	75.4mg/L
Bicarbonatos	-	2.699 mvals	164.7 mg/L
Cloretos	50 a 63.5 mg/L*	1.799 mvals	63.8 mg/L
Sulfatos	130,2 a 376,3 mg/L*	11.366 mvals	545.9 mg/L
Nitratos	1.2 a 4.3 mg/L*	-	-
Nitritos	0.0 mg/L	-	-
pH	1 a 3*	2.8	2.8
Sílica	16.0 a 57.0 mg/L*	74.8 mg/L	74.8 mg/L
Resíduo seco a 150º	288.2 a 656.0 mg/L*	975.6 mg/L	975.6 mg/L
TAS-Taxa Adsorção de Sódio (meq/L)	-	5.070	-

* Valores referentes aos teores mínimos e máximo das três nascentes de Rossamonde.

A caracterização da fácies hidroquímica de algumas amostras foi estabelecida através das projecções nos diagramas de Piper, de Stiff e de Wilcox, os quais se apresentam nas figuras 69, 70 e 71 respectivamente.



Legenda:





	NI10	→ Nº de Inventário 10 (14/10/2005)
	NI10a	→ Nº de Inventário 10 (09/03/2006)
	NI10b	→ Nº de Inventário 10 (09/03/2007)
	NI10c	→ Nº de Inventário 10 (04/06/2007)
	NI4	→ Nº de Inventário 4 (09/03/2007)
	AR	→ Águas de Rossamonde (Acciaiuoli, 1952)

Figura 69 – Diagrama de Piper relativo às águas subterrâneas de Rossamonde.

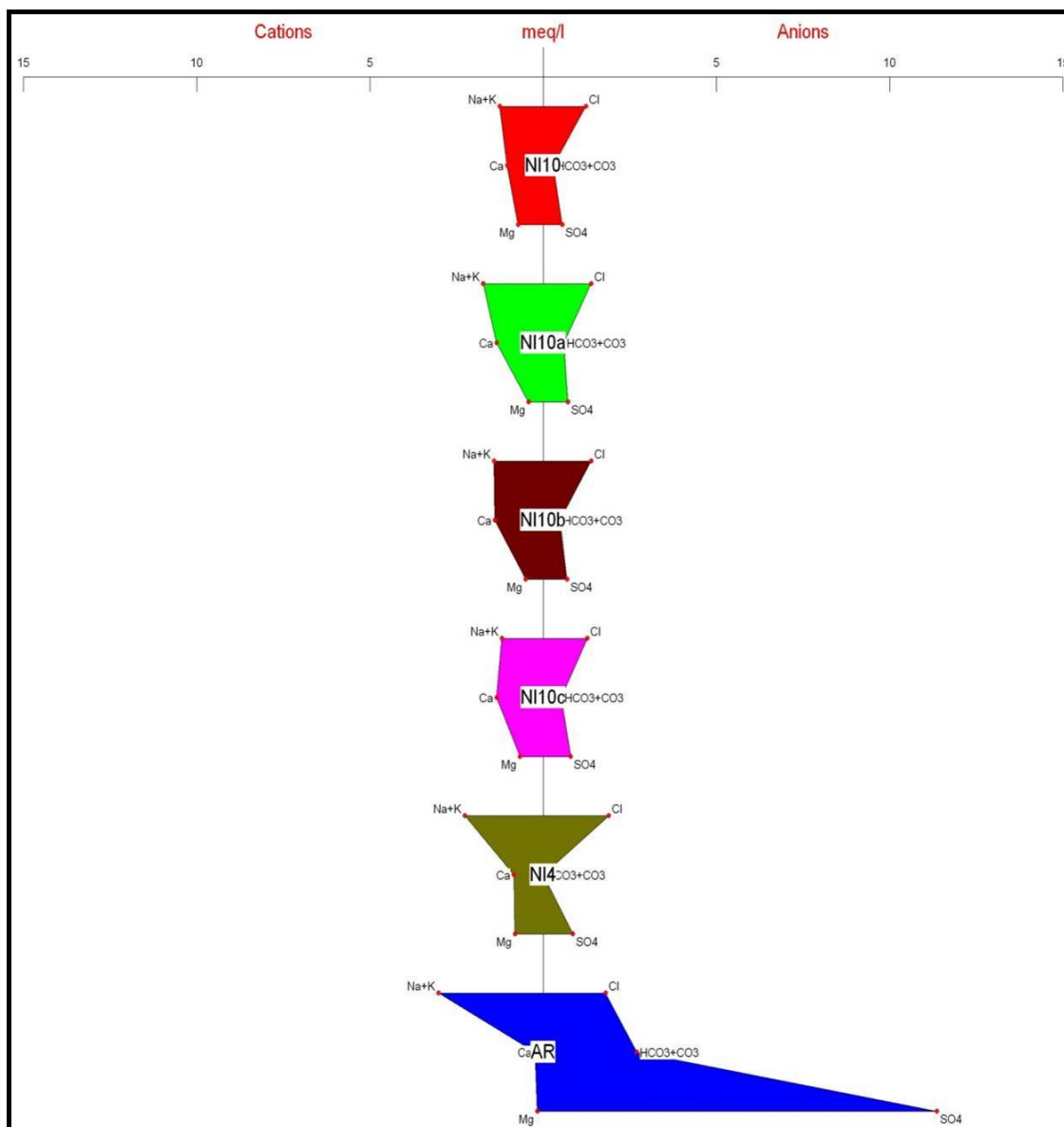


Figura 70 – Diagramas de Stiff relativos às águas subterrâneas de Rossamonde.

Observando os diagramas de Piper e de Stiff (figuras 69 e 70) podemos depreender facilmente dois aspectos: o primeiro aspecto é que as águas sujeitas a análise (amostras do poço do Sr. Serafim Ribeiro e do poço da Quinta de Rossamonde) são bastante idênticas na sua constituição química e o segundo aspecto é que essas mesmas águas não possuem as mesmas características das históricas águas minero-medicinais de Rossamonde.

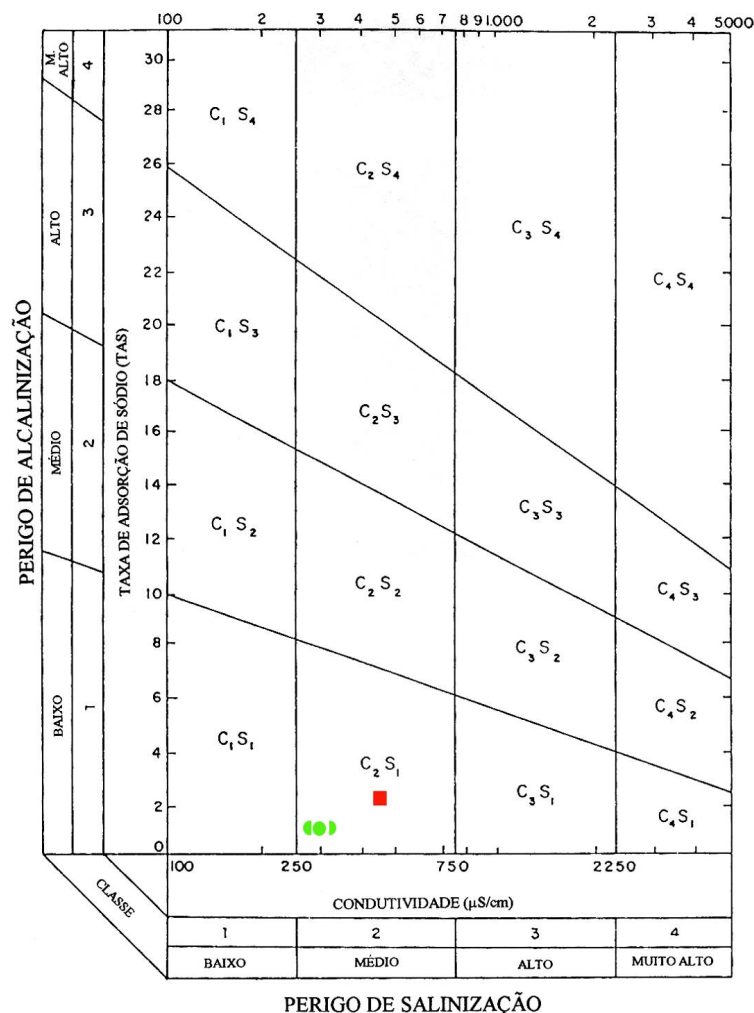
As amostras de água analisadas são caracterizadas, a nível catiónico, como águas sódicas e a nível de aniões como águas cloretadas. Por outro lado, as águas minero-medicinais de Rossamonde caracterizam-se por serem muito potássicas e muito sulfatadas.

Conclui-se, portanto, que apesar destes poços se encontrarem o mais próximo possível da hipotética nascente das ditas águas minero-medicinais de Rossamonde, as amostras recolhidas para análise não revelaram indícios da presença desse tipo de água rara.

Podemos concluir, ainda, que as várias amostras recolhidas no poço do Sr. Serafim Ribeiro entre 14 de Outubro de 2005 e 4 de Junho de 2007 não sofreram qualquer alteração significativa a nível da sua constituição química.

As águas monitorizadas na área de estudo são, sobretudo, utilizadas para irrigação dos campos agrícolas, sendo importante fazer uma análise química através do diagrama de Wilcox com o objectivo de classificar e comparar essas águas com base na condutividade eléctrica e na razão de adsorção de sódio (figura 71).

Fazendo a análise do diagrama de Wilcox, podemos concluir que as águas do Poço da Quinta de Rossamonde e as águas do Poço do Sr. Serafim Ribeiro são muito idênticas, pois possuem uma condutividade eléctrica e uma taxa de adsorção de sódio praticamente igual. Estas águas caracterizam-se por possuírem um perigo de salinização média e um perigo de alcalinização baixo.



Legenda:

- → Poço da Quinta de Rossamonde (NI4)
- → Poço do Sr. Serafim Ribeiro (NI10)

Figura 71 – Diagrama de Wilcox relativo às águas subterrâneas de Rossamonde.

CASO DE ESTUDO DE ESPINHAÇO (AVINTES, V.N.GAIA)

A caracterização hidrogeoquímica das águas da região de Espinhaço (Avintes) foi baseada em cinco pontos de amostragem, a saber: poço ESP1, o qual inclui duas colheitas realizadas em Fevereiro e Junho de 2007, Furo 1, Poço 1, Poço 2 e Poço 3, estes com colheitas efectuadas apenas em Fevereiro de 2007 (dados gentilmente cedidos pela Dr^a Maria José Afonso, ISEP, no âmbito da sua tese de doutoramento). No quadro 16 apresenta-se o resumo das análises químicas destas águas, provenientes das recolhas efectuadas nas datas respectivas.

Quadro 16 – Valores analíticos relativos às águas subterrâneas de Espinhaço (Avintes).

PARÂMETRO	ESP1 (Poço)	ESP1_(Poço)	Furo1 (Furo)	Poço1 (Poço)	Poço2 (Poço)	Poço3 (Poço)
	20-02-07	14-06-07	22-02-07	22-02-07	26-02-07	26-02-07
Azoto Amoniacal (mg/L NH ₄)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Bicarbonatos (mg/L HCO ₃)	19,5*	12,2*	12,2*	7,3*	11,4*	<6,1*
Cálcio total (mg/L Ca)	37	17	29	22	38	28
Cloretos (mg/L Cl)	27	33	54	54	19	118
Condutividade eléctrica a 25°C (µS/cm)	309	344	499	535	256	907
Magnésio total (mg/L Mg)	6,8	8,7	14	18	4,6	31
Nitratos (mg/L NO ₃)	58	72	125	154	28	259
Nitritos (µg/L NO ₂)	<13	<13	349	<13	<13	<13
Potássio total (mg/L K)	3,3	3,1	8,0	4,8	6,9	11
Sílica (mg/L SiO ₂)	18	20	27	21	12	18
Sódio total (mg/L Na)	65	29	68	58	24	71
Sulfatos (mg/L SO ₄)	33	33	25	18	46	11
pH (E.Sorensen)	6,4	6,0	5,5	5,3	5,9	5,2
Alcalinidade total (mg/L CaCO ₃)	16	10	10	6,0	9,3	<5,0
Alumínio (mg/L Al)	0,05	<0,05	<0,05	0,15	<0,05	0,12
Fluoretos (mg/L F)	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
TAS-Taxa Adsorção de Sódio (meq/L)	2,6	1,4	2,6	2,2	1,0	2,2

* Por cálculo a partir da alcalinidade, através da equação HCO₃ (mg/L) = Alcalinidade (mg/L) * 1.22

A caracterização da fácies hidroquímica destas águas foi estabelecida através da projecção nos diagramas de Piper, Stiff, Radial, Schoeller e Wilcox, os quais se apresentam nas figuras 72, 73, 74, 75 e 76 respectivamente.

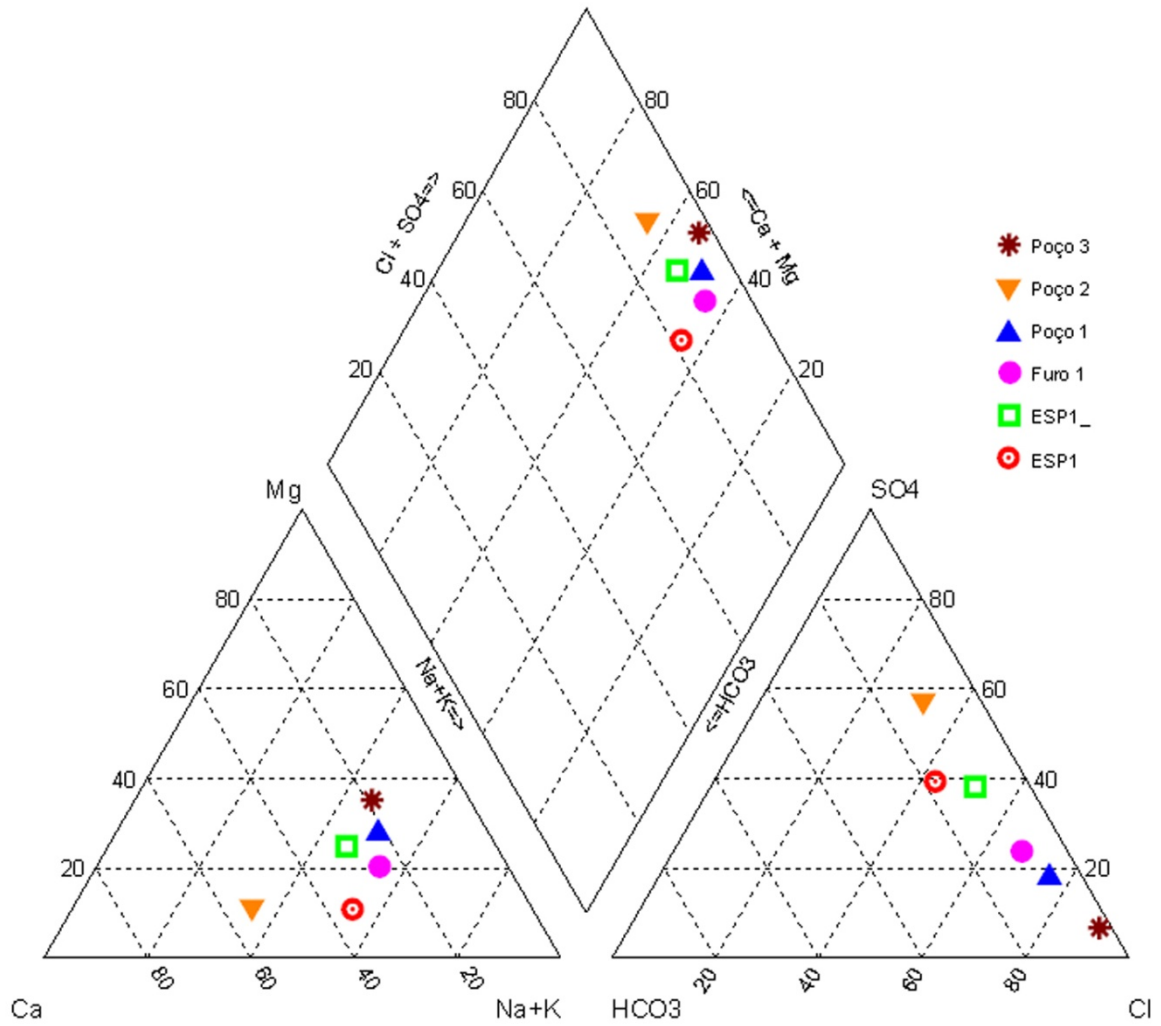


Figura 72 – Diagrama de Piper relativo às águas subterrâneas de Espinheiro.

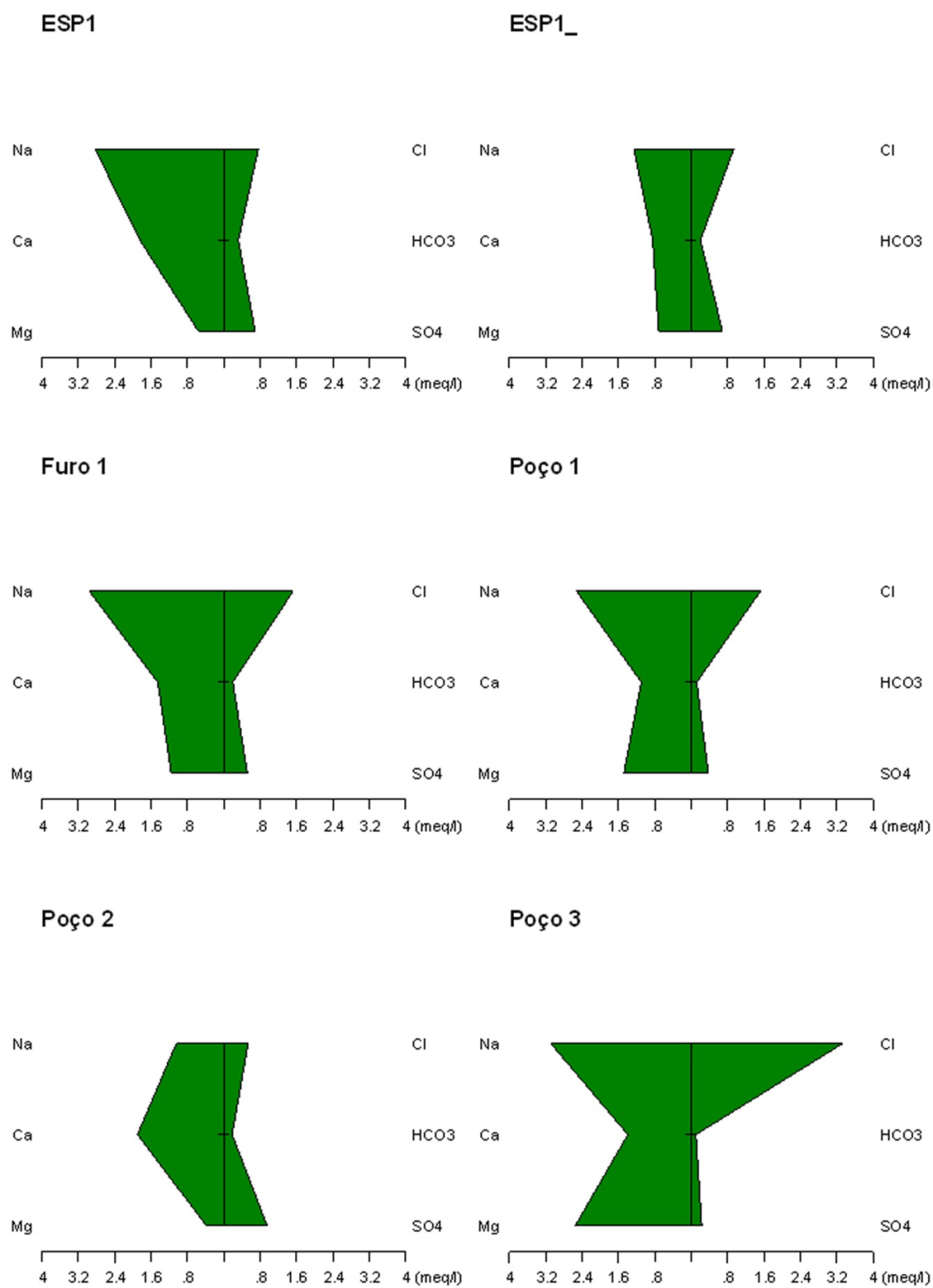


Figura 73 – Diagramas de Stiff relativos às águas subterrâneas de Espinhaço.

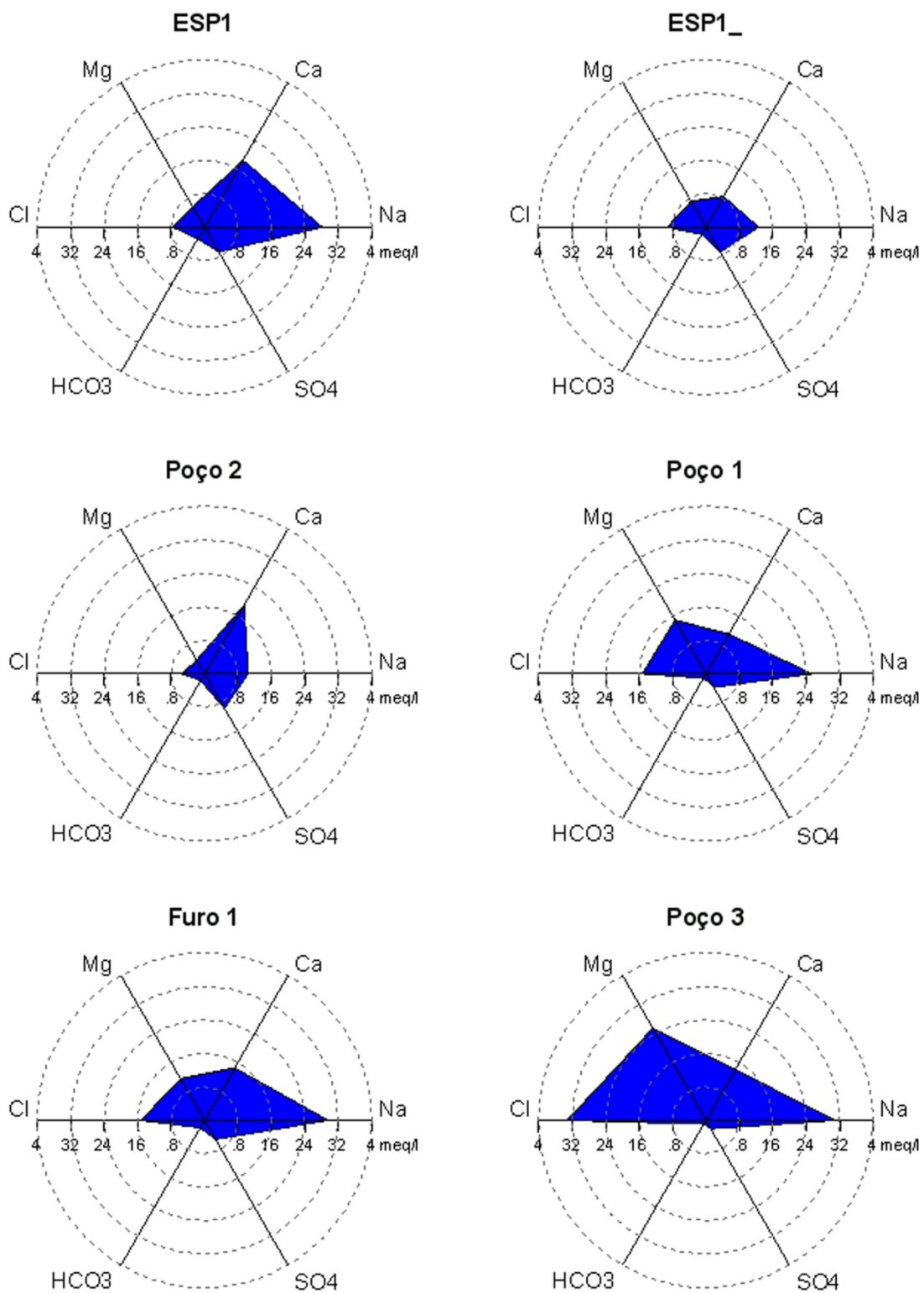


Figura 74 – Diagramas radiais relativos às águas subterrâneas de Espinhaço.

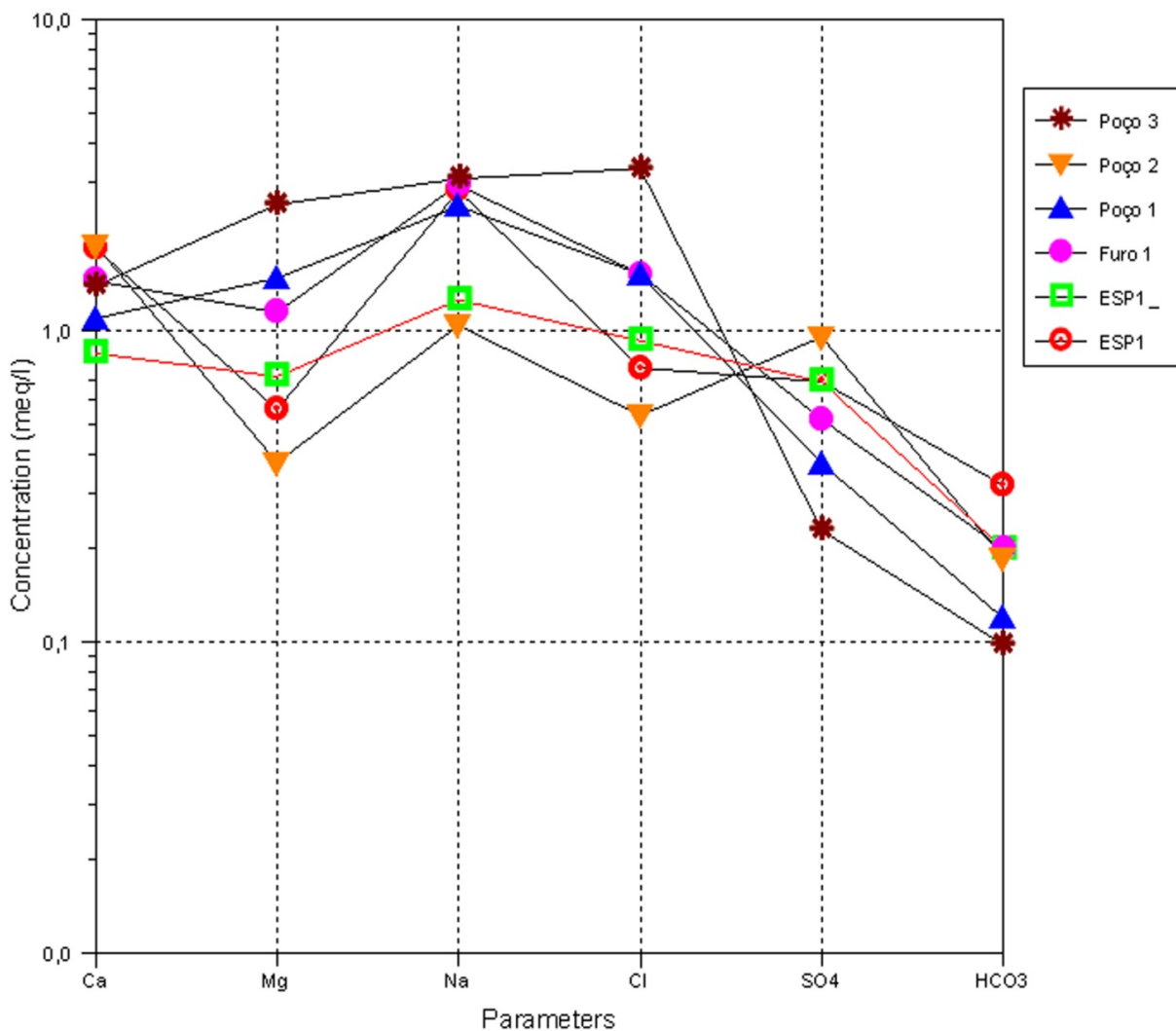


Figura 75 – Diagrama de Schoeller relativo às águas subterrâneas de Espinhaço.

Pela observação dos diagramas de Piper, Stiff, radiais e Schoeller (figuras 72, 73, 74 e 75) constata-se que as águas subterrâneas são bastante idênticas na sua constituição química, com exceção do Poço 2. As águas do poço ESP1, Poço 1, Poço 3 e do Furo 1 caracterizam-se, em termos aniônicos, essencialmente, como cloretadas e em termos catiónicos, como sódicas, classificando-se portanto como cloretadas sódicas; por outro lado a água do Poço 2 qualifica-se como sulfatada cálcica.

Pode-se ainda concluir que as duas amostras recolhidas no poço ESP1, em Fevereiro e Junho de 2007, não sofreram qualquer alteração significativa a nível da sua constituição química.

A análise do diagrama de Stiff permite ainda constatar que a água mais mineralizada é a do Poço 3 e a que apresenta uma mineralização mais baixa é a do poço ESP1 relativa à colheita de Junho de 2007.

As águas monitorizadas nesta área de estudo são, sobretudo, utilizadas para irrigação dos campos agrícolas, pelo que se recorreu ao diagrama de Wilcox para avaliar a sua adequabilidade para a rega. Através da análise deste diagrama (figura 76) pode-se concluir que estas águas se caracterizam por conferirem um perigo baixo de alcalinização e um perigo médio de salinização dos solos, com excepção da água do Poço 3 que confere um perigo elevado de salinização.

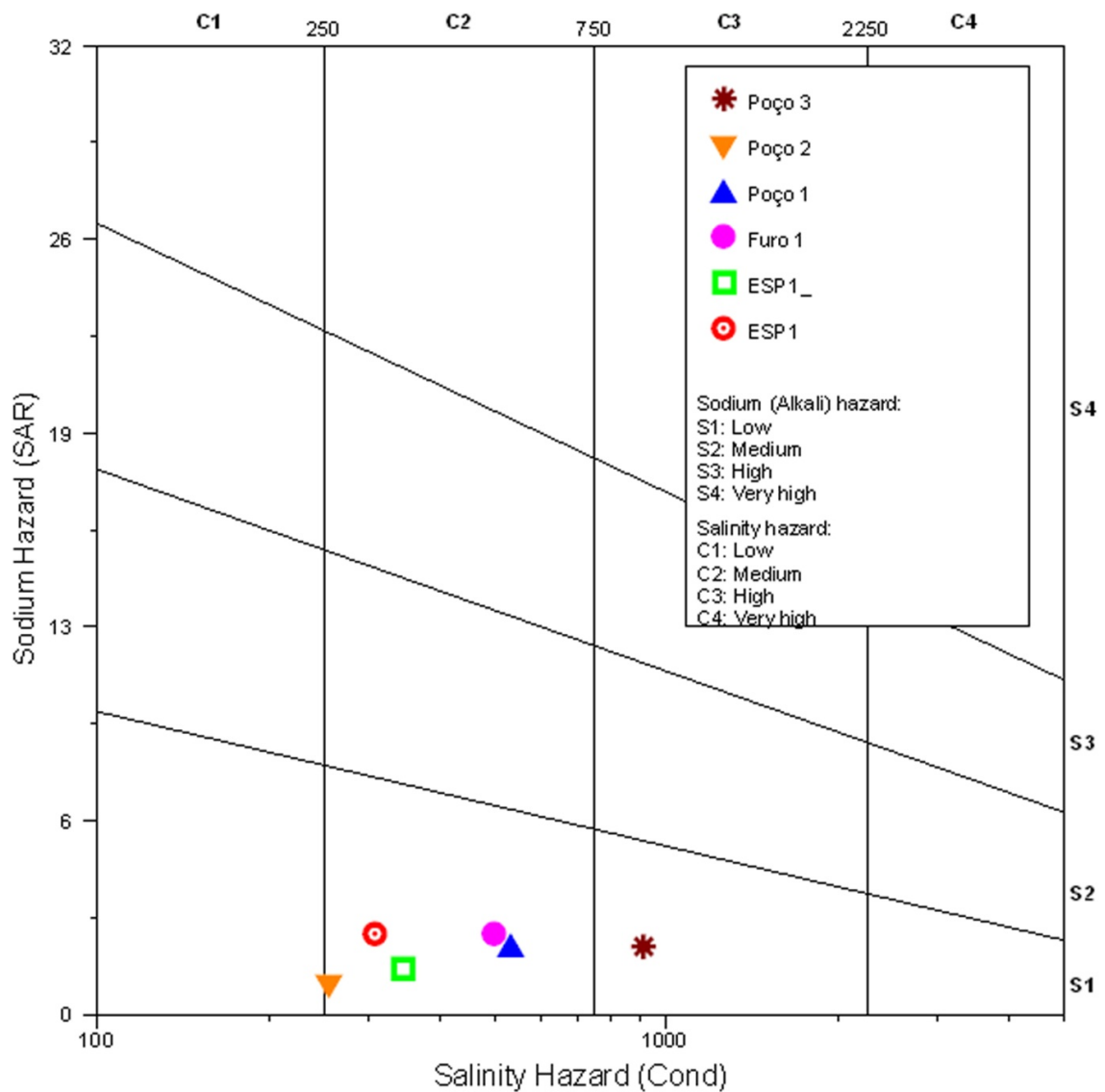


Figura 76 – Diagrama de Wilcox relativo às águas subterrâneas de Espinhaço.

3.3.7.2. Inventário das potenciais fontes de contaminação

A inventariação das potenciais fontes de contaminação foi realizada de acordo com o exposto no ponto 2.14 e recorrendo à ficha de inventário de campo apresentada na figura 51. No tópico “descrição sucinta da fonte de contaminação: tipo”, foi seguida uma listagem pré-elaborada (Zaporozec, 2004) para facilitar a catalogação das fontes no trabalho de campo (figura 77).

1. Poço/furo abandonado	22. Local de resíduos perigosos
2. Poço/furo privado	23. Sistema de irrigação (agrícola, golfe)
3. Depósito à superfície	24. Complexo industrial
4. Depósito subterrâneo (e.g., combustível)	25. Fonte de contaminação natural
5. Fertilizante de uso agrícola	26. Sistema de esgoto municipal
6. Pesticida/herbicida de uso agrícola	27. Conduta de gás ou hidrocarbonetos
7. Fertilizante/pesticida/herbicida de uso urbano	28. Estação de tratamento de águas residuais (ETAR)
8. Cemitério	29. Estação de tratamento de águas (ETA)
9. Estação de serviço	30. Matadouro
10. Oficina de automóveis	31. Picadeiro
11. Fossa séptica	32. Hospital
12. Produção ou armazenamento de produtos químicos	33. Clínica médica/ Unidade de saúde
13. Lixeira	34. Estabelecimentos de ensino
14. Jardim com lago e vegetação de grande porte	35. Edifícios de acção social
15. Jardim sem lago e vegetação de pequeno e grande porte	36. Instalações militares
16. Quintal	37. Lavandaria
17. Quinta	38. Lavadouro
18. Descampado	39. Lago artificial
19. Escombreira	40. Mictórios
20. Aterro (activo ou abandonado)	41. Balneários e Instalações sanitárias
21. Indústria	42. Óculos de ventilação
	43. Acesso a túneis (porta ou tampa)
	44. Outros

Figura 77 – Lista de potenciais fontes de contaminação (adaptado de Zaporozec, 2004).

CASO DE ESTUDO DE ROSSAMONDE (VALBOM, GONDOMAR)

O inventário das potenciais fontes de contaminação nesta região encontra-se representado na figura 78 e no anexo 3, tendo sido realizado ao longo da campanha de terreno realizada nos meses de Maio e Junho de 2007.

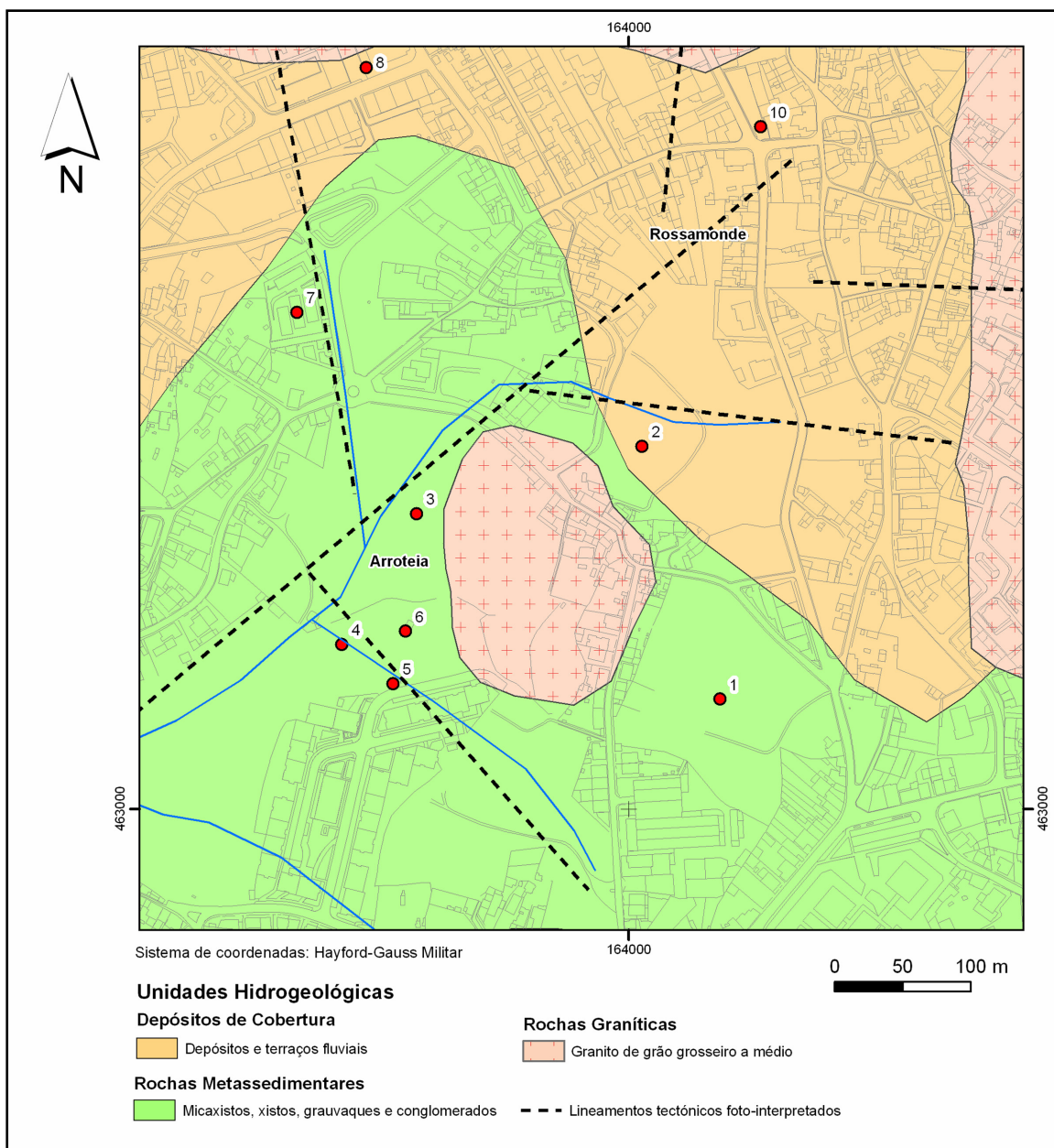


Figura 78 – Localização das potenciais fontes de contaminação (círculos vermelhos) da área de Rossamonde.

No total foram inventariadas dez fontes de contaminação, destacando-se o potencial dos terrenos da área em estudo para a agricultura e a sua susceptibilidade de contaminação por essa fonte (quadro 17).

Quadro 17 – Inventário das potenciais fontes de contaminação na localidade de Rossamonde (Valbom).

Nº de Inventário	Designação	Tipologia
C1	Quinta	Difusa
C2	Quinta	Difusa
C3	Quinta	Difusa
C4	Fossa Séptica	Pontual
C5	Caixa de Esgoto	Pontual
C6	Lavadouro	Pontual
C7	Piscinas	Pontual
C8	Depósito de Combustível	Pontual
C9	Serração	Pontual
C10	Armazém de Madeiras	Pontual

Os mapas de densidade são ferramentas eficientes para especificar concentrações de fontes pontuais ou lineares. O método utilizado para o cálculo da susceptibilidade à contaminação nesta região foi o de Kernel, o qual permite calcular a densidade de pontos (*features*) num determinado raio em volta desses mesmos pontos, distinguindo o cálculo de fontes pontuais do das fontes lineares (figura 79).

Para as fontes lineares é calculada a densidade nas vizinhanças de cada célula do *Raster* em unidades de comprimento por área, desenhando-se um círculo a partir do centro de cada célula, definido por um determinado raio.

Para as fontes pontuais é definido um raio de influência e o número de pontos que se encontrarem dentro dele são contabilizados e divididos pela área de influência.

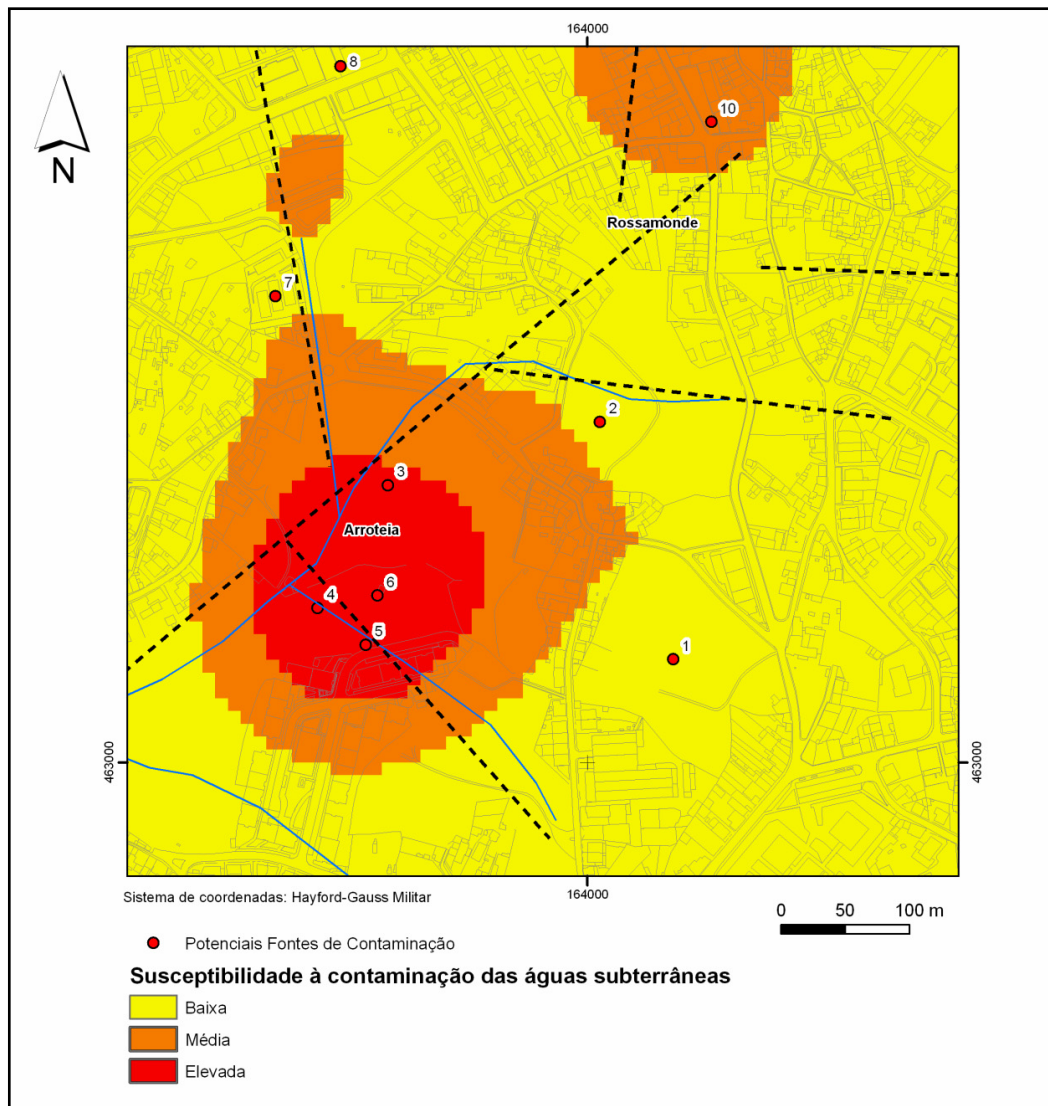


Figura 79 – Esboço de susceptibilidade à contaminação das águas subterrâneas na área de Rossamonde: uma abordagem preliminar (raio de influência de 50m).

CASO DE ESTUDO DE ESPINHAÇO (AVINTES, V.N.GAIA)

Foram inventariadas ao longo da campanha de terreno, realizada nos meses de Maio e Junho de 2008, nove fontes potenciais de contaminação, destacando-se o potencial dos terrenos da área em estudo para a agricultura e a sua susceptibilidade de contaminação por essa fonte (quadro 18). Não obstante terem sido inventariadas nove fontes, foram apenas mapeadas cinco (figura 80 e anexo 3), uma vez que as restantes se encontram numa área de influência bastante superior a 200m.

Quadro 18 – Inventário das fontes potenciais de contaminação na região de Espinhaço (Avintes).

Nº de Inventário	Designação	Tipologia
C-1A	Serração	Pontual
C-2A	Escola Primária	Pontual
C-3A	Associação Recreativa	Pontual
C-4A	Cemitério	Pontual
C-5A	Instalações Sanitárias	Pontual
C-6A	Hipermercado	Pontual
C-7A	Fábrica/Armazém	Pontual
C-8A	Bomba de Gasolina	Pontual
C-9A	Central de Camionagem	Pontual

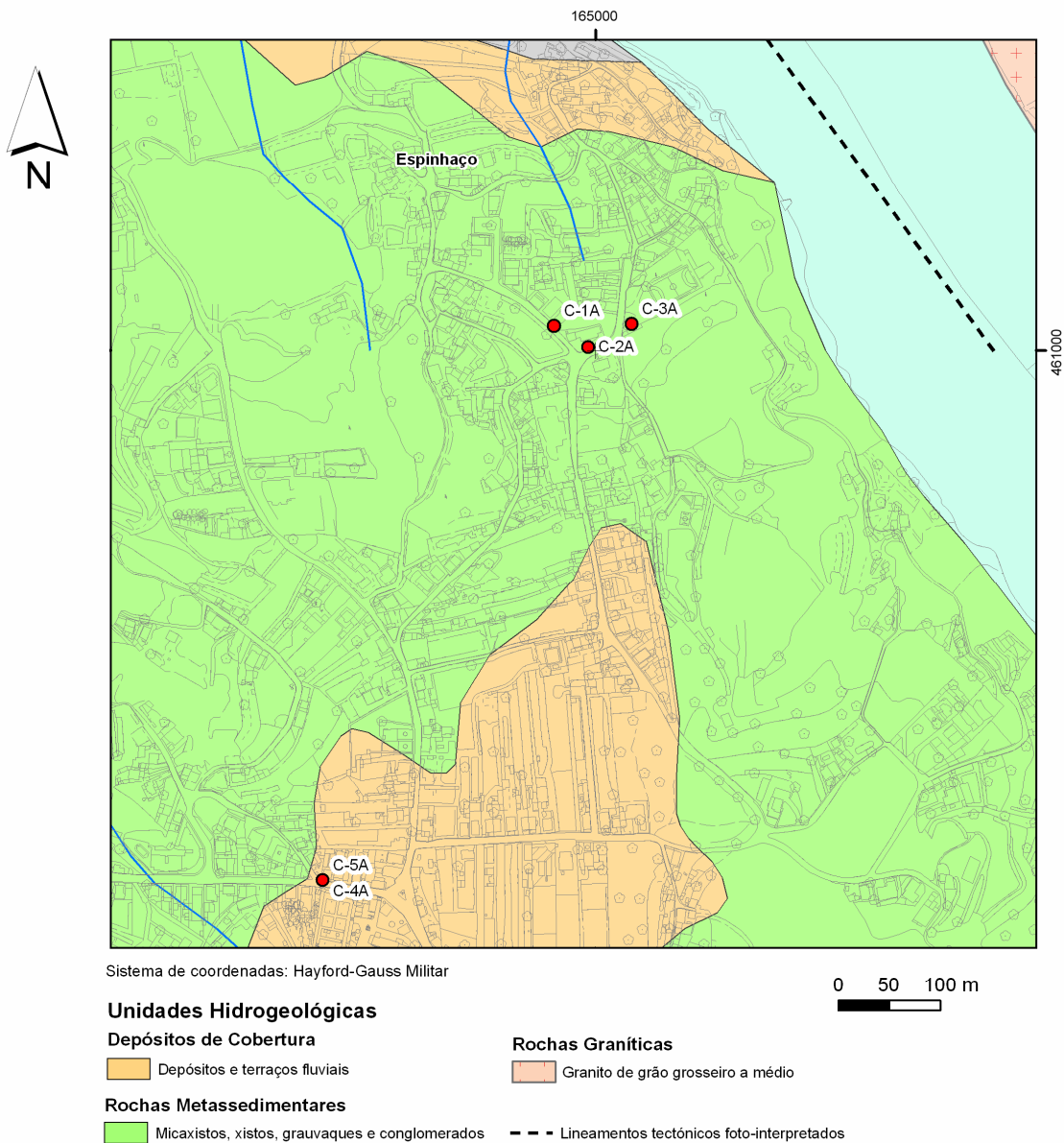


Figura 80 – Localização das potenciais fontes de contaminação (círculos vermelhos) da área de Espinhaço.

3.4. Avaliação da condutividade hidráulica do solo *in situ*

A condutividade hidráulica do solo foi estudada através dum método de campo, realizando ensaios de permeabilidade *in-situ* com recurso ao permeâmetro de carga constante (Permeâmetro de Guelph) e com tratamento de resultados laboratoriais e com ajuda de suporte informático. Foram utilizadas cargas hidráulicas sucessivas e crescentes de 5cm e 10cm, e com um orifício de 3cm de raio e 15cm de profundidade de acordo com a empresa de concepção e comercialização do equipamento.

A avaliação de campo indicou, em todos os casos, o valor de **a** (parâmetro de forma) como sendo igual a 0.12 cm^{-1} , logo as expressões apresentadas anteriormente assumem a seguinte forma:

- $K_{sc1} = 3,007 \times 10^{-3} A'R_1$ se $H=5\text{cm}$
- $K_{sc2} = 1,535 \times 10^{-3} A'R_2$ se $H=10\text{cm}$

em que,

$H \rightarrow$ Carga hidráulica materializada pelo nível constante da água no orifício cilíndrico aberto no solo.

$A' \rightarrow$ Área da secção do reservatório do permeâmetro.

R_1 e $R_2 \rightarrow$ Taxas de rebaixamento da água no reservatório do permeâmetro para cada carga hidráulica.

K_{sc1} e $K_{sc2} \rightarrow$ Condutividade hidráulica saturada de campo para cada carga hidráulica.

CASO DE ESTUDO DE ROSSAMONDE (VALBOM, GONDOMAR)

A condutividade hidráulica dos solos característicos da área de Rossamonde foi avaliada através da realização de seis ensaios de permeabilidade *in-situ* (figura 81 e anexo 5).

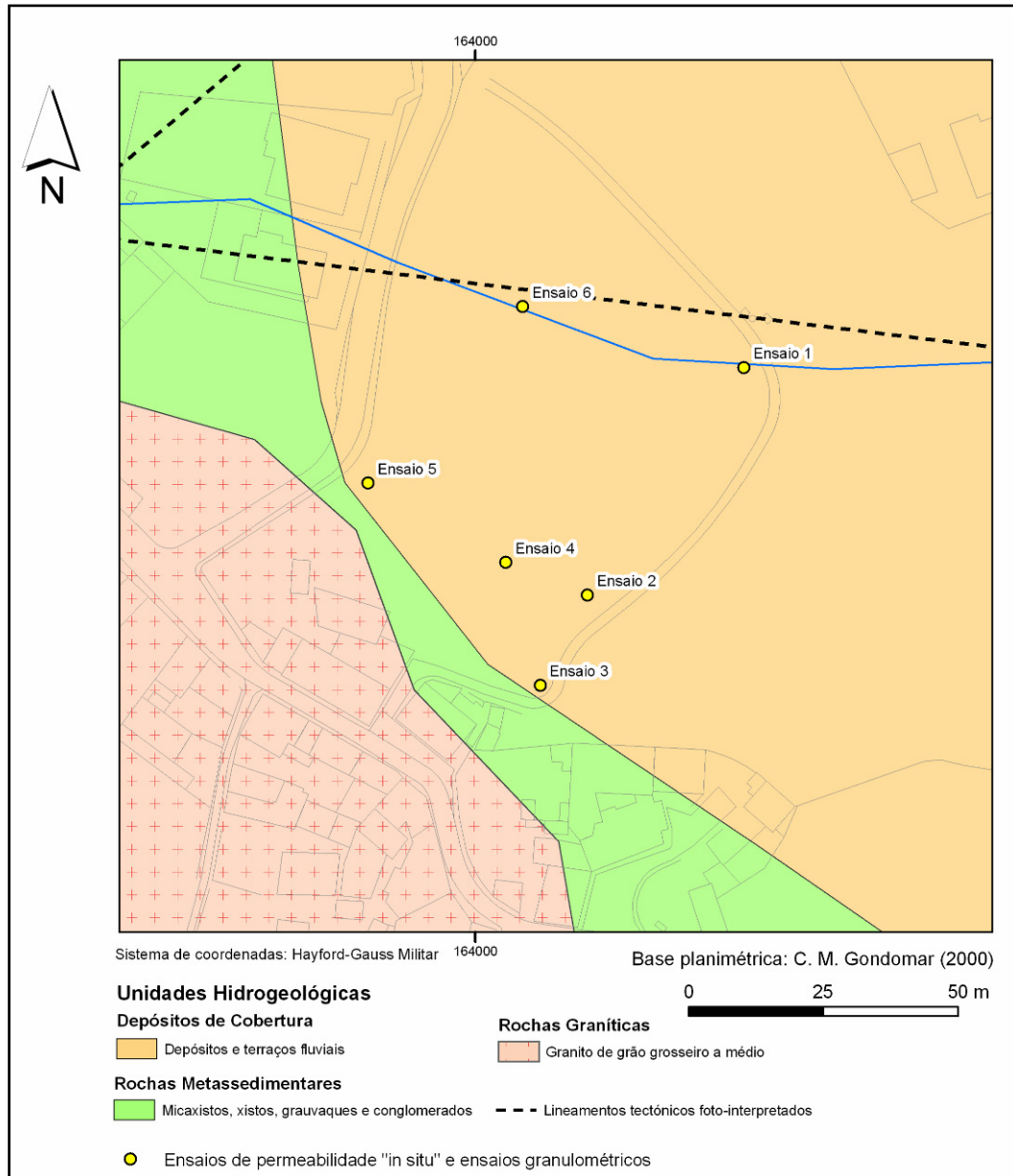


Figura 81 – Pontos de amostragem para o estudo granulométrico dos solos e dos ensaios de permeabilidade *in situ* (Quinta de Rossamonde, Valbom).

O resultado final de K_{sc} resultou da média de K_{sc1} e K_{sc2} , acordo com o procedimento descrito por Reynolds & Elrick (2002). No quadro 19 apresentam-se os resultados de K_{sc} obtidos (anexo 6), estimativas de K_s assumindo, de acordo com Bouwer (1978) e Reynolds & Elrick (1987), que $K_{sc} \approx 0,5 K_s$.

Quadro 19 – Resultados dos ensaios com permeâmetro de carga constante na área de Rossamonde.

Ensaio	K_{sc} média (cm/s)	K_{sc} média (cm/h)
1	0,0004062	1,462320
2	0,0002437	0,877320
3	0,0003789	1,364040
4	0,0002966	1,067760
5	0,0005957	2,144520
6	0,0004173	1,502280
Média	<i>0,0003897</i>	<i>1,403040</i>

Da análise dos resultados e considerando a média dos ensaios para cada ponto escolhido, verifica-se que o solo estudado tem permeabilidade moderadamente alta, ou seja, os valores de K_s estão compreendidos entre 0,36 e 3,6 cm/h, segundo o critério SSDS (1993). Desta mesma análise, verifica-se que o solo estudado pertence ao grupo hidrológico A, ou seja, os valores de K_s são maiores que 0.76 cm/h, o que significa que o solo é muito favorável á infiltração.

CASO DE ESTUDO DE ESPINHAÇO (AVINTES, V.N.GAIA)

A condutividade hidráulica do solo característico da área de Espinhaço foi avaliada através da realização de quatro ensaios de permeabilidade *in-situ* (figura 82 e anexo 5).

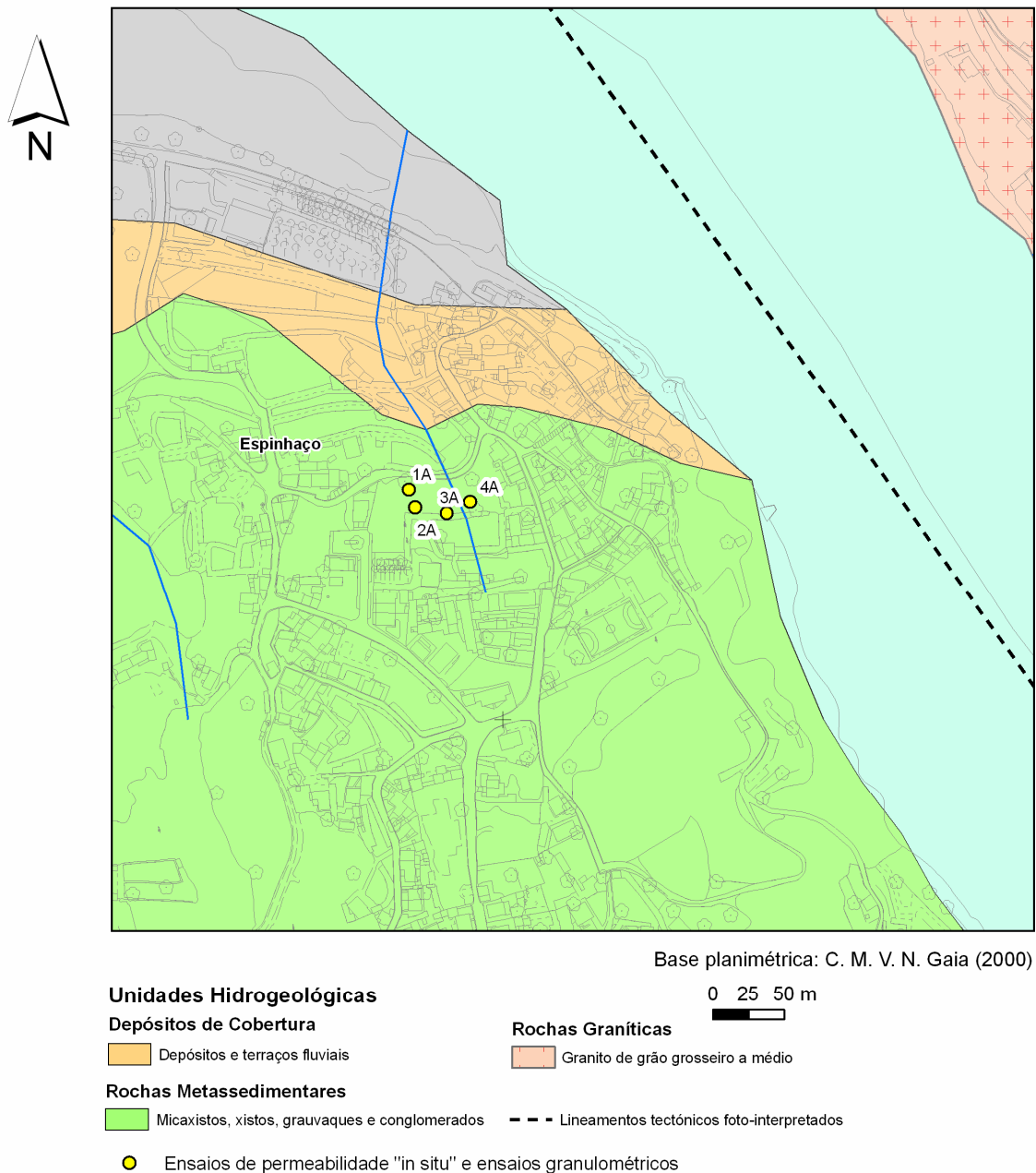


Figura 82 – Pontos de amostragem para o estudo granulométrico dos solos e dos ensaios de permeabilidade *in situ* (Espinhaço, Avintes).

O resultado final de K_{sc} resultou da média de K_{sc1} e K_{sc2} , acordo com o procedimento descrito por Reynolds & Elrick (2002). No quadro 20 apresenta os resultados de K_{sc} obtidos (anexo 6), estimativas de K_s assumindo, de acordo com Bouwer (1978) e Reynolds & Elrick (1987), que $K_{sc} \approx 0,5 K_s$.

Quadro 20 – Resultados dos ensaios com permeâmetro de carga constante na área de Espinhaço.

Ensaio	K_{sc} média (cm/s)	K_{sc} média (cm/h)
1A	0,0002008	0,723168
2A	0,0004468	1,608552
3A	0,0008468	3,048480
4A	0,0004459	1,605240
Média	0,0004851	1,746360

Da análise dos resultados e considerando a média dos ensaios para cada ponto escolhido, verifica-se que o solo estudado tem permeabilidade moderadamente alta, ou seja, os valores de K_s estão compreendidos entre 0,36 e 3,6 cm/h, segundo o critério SSDS (1993). Desta mesma análise, verifica-se que o solo estudado pertence ao grupo hidrológico A, ou seja, os valores de K_s são maiores que 0.76 cm/h, o que significa que o solo é muito favorável à infiltração.

3.5. Classificação granulométrica e caracterização mineralógica dos solos

A análise granulométrica por peneiração destina-se a fixar o modo de determinar quantitativamente a distribuição por tamanhos das partículas de um solo retidas no peneiro de 0,074 mm ($n^{\circ}200$) ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e a percentagem de material passada nesse peneiro. Os resultados obtidos das amostras de solo ensaiados foram registados e traçados as respectivas curvas granulométricas em escala semi-logarítmica (Anexo 7).

CASO DE ESTUDO DE ROSSAMONDE (VALBOM, GONDOMAR)

A análise granulométrica e mineralógica dos solos de Valbom foram avaliadas nos mesmos pontos nos quais se realizaram os ensaios de permeabilidade. A partir dos resultados obtidos, apresenta-se no quadro 21, com as percentagens, arredondadas às décimas, correspondentes às fracções granulométricas baseadas na dimensão das partículas que constituem os respectivos solos de Rossamonde.

Quadro 21 – Resultados dos ensaios granulométricos das amostras de solos de Rossamonde.

Designação (fracção)		Dimensão do Grão (mm)	Amostras (%)					
			1	2	3	4	5	6
Argila e Silte		< 0.07	12,5	13,0	14,2	17,8	17,3	19,9
Areia	Fina	0.07 a 0.2	9,5	9,9	13,7	15,1	13,2	18,1
	Média	0.2 a 0.8	19,7	27,8	33,8	32,1	26,7	26,2
	Grossa	0.8 a 2	14,1	19,3	14,5	19,7	14,4	13,2
Seixo	Fino	2 a 5	18,9	21,6	19,4	12,5	26,4	18,9
	Médio	5 a 25	25,3	8,4	4,4	2,8	2,0	3,7
	Grosso	25 a 50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calhau		50 a 150	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A análise granulométrica das 6 amostras revela que os solos são praticamente iguais, possuindo uma textura média a fina com ausência de calhaus e seixo grosso, pois é de referir que são solos agrícolas e encontravam-se lavrados (solos residuais). A observação das curvas granulométricas (anexo 7) e das respectivas percentagens de solo retidas em cada peneiro revelam que as 6 amostras possuem um solo bem graduado, pois os vários tamanhos das partículas têm percentagens muito idênticas.

Comparando as amostras, pode-se concluir que a amostra 1 possui menos percentagem de finos do que as restantes amostras. A totalidade das amostras de solo revela maiores proporções granulométricas coincidentes com a classificação das areias.

Uma vez que a análise granulométrica por peneiração não permite a distinção das fracções silte e argila, estas duas fracções foram separadas por sedimentação e pipetagem. O quadro 22 sintetiza os resultados desta análise.

Quadro 22 – Resultados da análise granulométrica por peneiração, da sedimentação e pipetagem das amostras de solo de Rossamonde.

Amostra	Massa (gr)	Elementos Grosseiros >2mm		Areia 2 a 0,02mm		Silte 0,02 a 0,002mm		Argila <0,002mm	
		Massa (gr)	%	Massa (gr)	%	Massa (gr)	%	Massa (gr)	%
1	1148	148	12,9	662	57,7	162	14,1	176	15,3
2	1151	151	13,1	696	60,5	159	13,8	145	12,6
3	1091	90	8,3	733	67,2	161	14,7	107	9,8
4	1106	105	9,5	650	58,8	177	16,0	174	15,7
5	1104	104	9,4	590	53,5	209	18,9	201	18,2
6	1095	94	8,6	636	58,1	192	17,5	173	15,8

A análise apresentada no quadro 22 permitiu classificar os solos de Rossamonde, com base na fracção inferior a 2mm, através do Diagrama Triangular de Classificação de Solos (figura 83). Como se pode verificar, as amostras 1, 2 e 4 classificam-se como areias silto-argilosas, as amostras 3 e 6 como areias siltosas e a amostra 5 como areia argilosa.

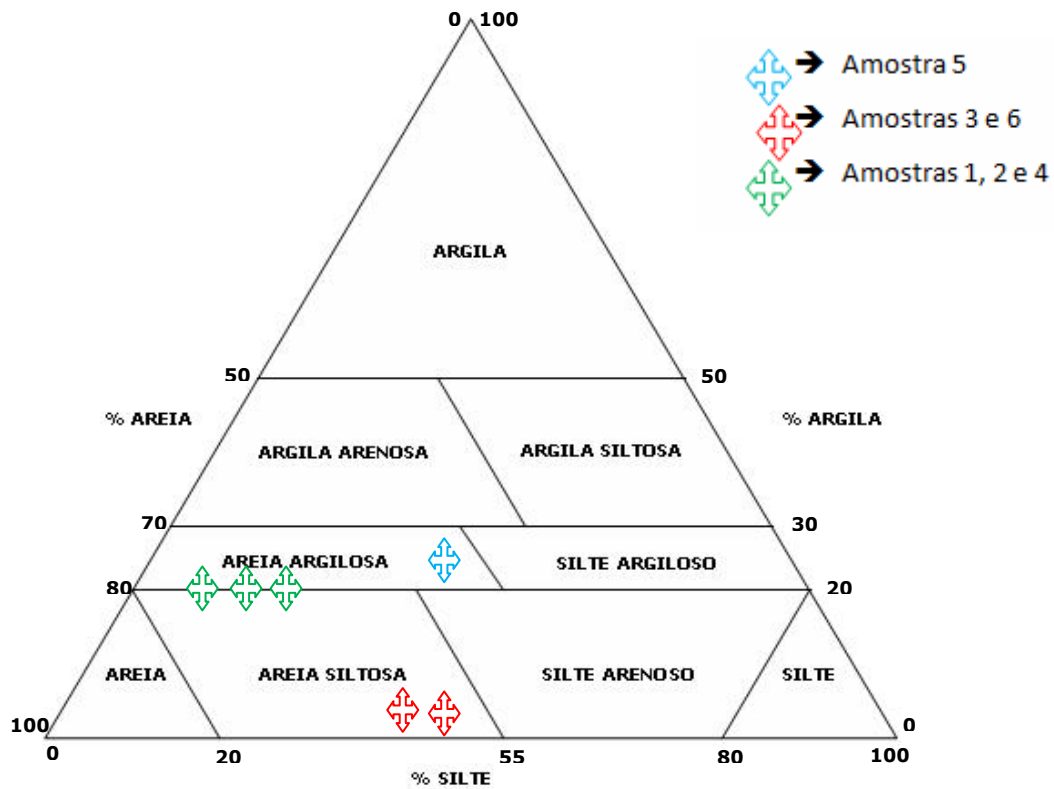


Figura 83 – Diagrama triangular de classificação de solos das amostras de Rossamonde.

Na figura 84 apresenta-se um exemplo de um difractograma de RX da fracção de Argila das 6 amostras de solo recolhidas em Rossamonde. Como se pode verificar a mineralogia desta fracção é principalmente constituída por vermiculite (V), caulinite (k), mica dioctaédrica (M), gibsite (Gb) e da goethite (Go).

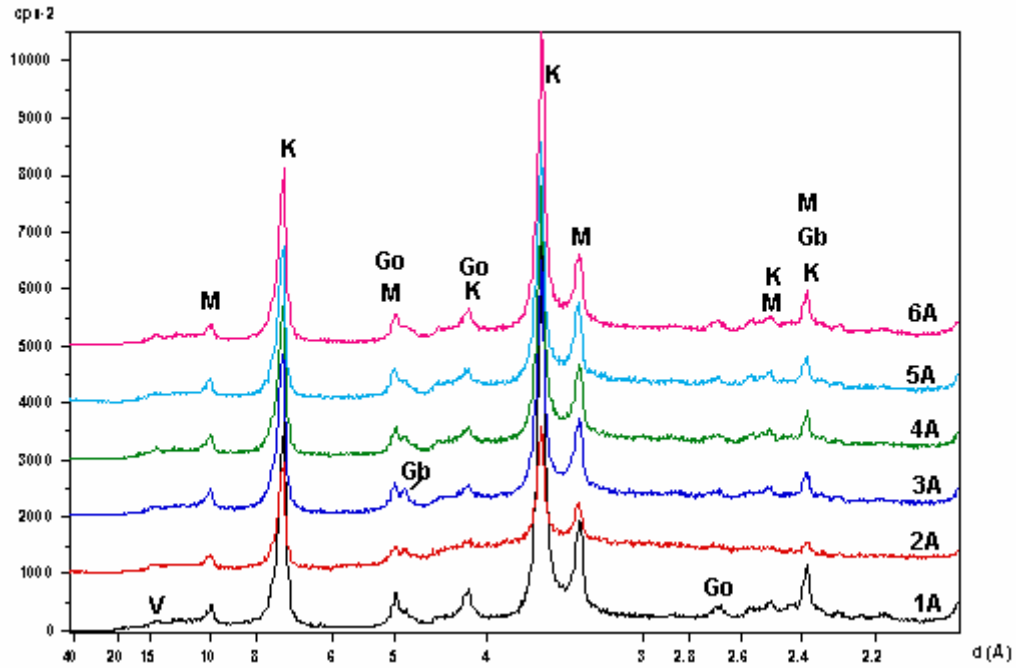


Figura 84 – Exemplo de um Difractograma de RX da fracção de Argila das 6 amostras secas ao ar.

CASO DE ESTUDO DE ESPINHAÇO (AVINTES, V.N.GAIA)

A análise granulométrica dos solos de Espinhaço foi avaliada nos mesmos pontos nos quais se realizaram os ensaios de permeabilidade. Esta análise encontra-se sintetizada no quadro 23, com as percentagens, arredondadas às décimas, correspondentes às fracções granulométricas baseadas na dimensão das partículas que constituem os respectivos solos de Avintes. A caracterização mineralógica não foi possível realizar nesta área de estudo, uma vez que os equipamentos não se encontravam disponíveis.

Quadro 23 – Resultados dos ensaios granulométricos das amostras de solos de Espinhaço.

Designação (fracção)		Dimensão do Grão (mm)	Amostras (%)			
			1A	2A	3A	4A
Argila e Silte		< 0.07	7,2	4,3	2,1	3,1
Areia	Fina	0.07 a 0.2	45,1	36,3	20,6	28,0
	Média	0.2 a 0.8	34,3	43,9	41,0	36,8
	Grossa	0.8 a 2	7,9	10,6	25,0	21,1
Seixo	Fino	2 a 5	3,4	4,5	10,6	6,2
	Médio	5 a 25	2,1	0,4	0,7	4,8
	Grosso	25 a 50	0,0	0,0	0,0	0,0
Calhau		50 a 150	0,0	0,0	0,0	0,0

A análise granulométrica das 4 amostras revela que os solos são muito idênticos, possuindo uma textura média a fina com ausência de calhaus e seixo grosso, pois é de referir que são solos cultivados. A observação das curvas granulométricas (Anexo 7) e das respectivas percentagens de solo retidas em cada peneiro revelam que as 4 amostras possuem um solo bem graduado. Podemos, também, afirmar que as fracções com mais percentagem de material retido são: areia fina (0.07 a 0.2mm) e areia média (0.2 a 0.8mm).

Comparando as amostras, podemos dizer que a amostra 1A possui mais percentagem de finos do que as restantes amostras. A totalidade das amostras de solo revela maiores proporções granulométricas coincidentes com a classificação das areias.

3.6. Análise de Custos

O presente trabalho enquadra-se em qualquer tipo de projecto aplicado de geoengenharia, mais concretamente de engenharia de recursos hídricos. Este estudo teve início recorrendo a uma extensa bibliografia e a um exaustivo trabalho de gabinete, que permitiu analisar a nível da geologia fundamental e aplicada os principais elementos a tratar. Foi realizada uma campanha de prospecção hidrogeológica, tendo-se procedido ao levantamento e inventário hidrogeológico dos pontos de água superficial e subterrânea existentes nas redondezas das áreas de estudo. Para uma avaliação hidroquímica das águas foram executados ensaios de campo, que consistiram na monitorização de parâmetros hidrogeológicos, tais como: temperatura, pH e condutividade eléctrica. Foi ainda efectuada uma inventariação das potenciais fontes de contaminação, com o intuito de identificar os principais focos de contaminação das águas da região. Para o reconhecimento teve que ser adquirido um sistema GPS, uma máquina fotográfica digital, um permeâmetro de Guelph e todo o equipamento geocientífico necessário para o registo de inventário. Recolhida a informação procedeu-se ao processamento e análise de dados, dos quais resultaram diversos mapas relativos à localização dos pontos de água e das potenciais fontes de contaminação na área. Por fim procedeu-se a um relatório final, onde foram compilados e redigidos todos os dados e documentação.

Nos quadros 24, 25 e 26 pretende-se esquematizar todas as considerações anteriormente enunciadas sobre uma estimativa, em termos de custos, para a realização deste trabalho com o estatuto de técnico júnior.

Desta forma e atendendo às recomendações quer da *Ordem dos Engenheiros* quer da *Associação Portuguesa de Geólogos* pode ser apontado o orçamento base de 19.450 Euros (€), sem IVA incluído, e com prazo de execução de 6 meses. Este valor corresponde aos custos orçamentados

para a execução do trabalho (5050 Euros) e os custos para a aquisição de equipamento geocientífico e informático diverso.

Quadro 24 – As fases constituintes do trabalho e respectivos custos (s/ IVA, €) associados ao Projecto.

Meses		1º	2º	3º	4º	5º	6º	Custos (€)
Recolha de bibliografia	Regional / Especialidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					350
Geologia Aplicada	Reconhecimento de campo	<input checked="" type="checkbox"/>						800
	Cartografia Aplicada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Hidrogeologia / Hidrogeotecnia	Levantamento hidrogeológico e hidropedológico		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				1400
	Representação e Tratamento de Dados				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Estudos complementares	Aquisição de Fotografia Aérea	<input checked="" type="checkbox"/>						300
	Vectorização de Mapas			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		700
Relatório Final	Redacção do relatório Técnico-científico						<input checked="" type="checkbox"/>	1500
Total								5050

Quadro 25 - Custos do equipamento associados ao Projecto.

Equipamento	Valor Comercial, S/IVA (€)
GPS	900
Máquina fotográfica digital	400
Software SIG da ESRI: ArcMap + Special Analyst + ArcPad	7500
Equipamento básico de geologia aplicada (bússola, martelo de geólogo, estereoscópio,...)	3000
Kit de hidrogeologia	600
Permeâmetro de Guelph	2000
Total	14.400

Quadro 26 – Custo total do projecto (sem IVA incluído).

Custo total do Projecto	19.450 €
--------------------------------	-----------------

4

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

4. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

As tarefas levadas a cabo incluíram diversos trabalhos de campo: reconhecimentos geológicos, geomorfológicos, hidropedológicos e hidrogeológicos, bem como a inventariação de pontos de água (seguindo-se a medição sistemática de determinados parâmetros hidrogeológicos em alguns desses pontos) e de fontes potenciais de contaminação, campanhas de amostragem de águas subterrâneas e superficiais para análise físico-química convencional, campanhas de amostragem de solos para estudo de propriedades físicas, campanha de estudo *in situ* da permeabilidade dos solos.

Este trabalho permitiu tecer algumas considerações, importando realçar os seguintes aspectos principais:

- Atendendo às suas características, as formações geológicas existentes nas áreas de Rossamonde (Valbom) e Espinhaço (Avintes) podem dividir-se em três unidades distintas, com características hidrogeológicas particulares: os depósitos de cobertura (aluviões que correspondem ao Holocénico e terraços fluviais correspondentes ao Plio-Plistocénico); as rochas metassedimentares de idade ante-Ordovícico e as rochas graníticas (desde granitos de grão grosseiro a grão fino, de duas micas e/ou biotíticos, até à ocorrência de uma fácies gnáissica);
- Para a realização deste trabalho, foi necessário realizar uma abordagem cartográfica integradora (geologia, geomorfologia e hidrogeologia) da área em estudo, recorrendo ao desenvolvimento de um projecto SIG. Dentro da área de prospecção, numa área circunscrita, foram inventariados pontos de água, onde, sempre que possível foi medido o pH, a condutividade eléctrica e a temperatura da água;
- Procedeu-se à colheita de amostras de água em pontos estrategicamente seleccionados nas localidades de Rossamonde e Espinhaço para análise hidroquímica. Foram igualmente compilados da bibliografia todas as análises físico-químicas das águas minero-medicinais de Rossamonde. As águas subterrâneas de Rossamonde são caracterizadas como cloretadas sódicas, enquanto que as águas minero-medicinais de Rossamonde se caracterizam por serem muito potássicas e muito sulfatadas. Relativamente às águas subterrâneas de Espinhaço, estas são, igualmente, cloretadas sódicas, com excepção da água do Poço 2 que se qualifica como sulfatada cálcica. A mineralização destas águas deverá estar essencialmente controlada pela concentração por evaporação da água da chuva, face à boa correlação entre os iões sódio e

cloreto. Estes dois elementos deverão ser de origem marinha, face à proximidade das áreas em estudo com o oceano Atlântico. Os teores por vezes elevados de sulfato podem igualmente ser atribuídos, pelo menos parcialmente, à concentração a partir da água da chuva, mas a sua origem antrópica deverá ser, igualmente, considerada.

- As águas monitorizadas nas duas áreas de estudo caracterizam-se por conferirem aos solos um perigo médio de salinização e um perigo baixo de alcalinização, com excepção das águas do Poço 3 na localidade de Espinhaço, as quais conferem um perigo elevado de salinização.
- Foram igualmente cartografadas todas as fontes de contaminação das áreas de Rossamonde e Espinhaço, destacando-se o potencial dos terrenos das áreas em estudo para a agricultura e a sua susceptibilidade de contaminação por essa fonte;
- Foi realizado um estudo granulométrico dos solos donde se destaca a textura média a fina com ausência de calhaus e seixo grosseiro, já que são solos agrícolas (i.e., solos residuais). A condutividade hidráulica dos solos característicos das áreas estudadas foi estudada através dum método de campo, realizando ensaios de permeabilidade *in-situ* com recurso ao permeâmetro de carga constante (Permeâmetro de Guelph). Constatou-se, nesta abordagem preliminar que, quer os solos de Rossamonde, quer os de Espinhaço têm permeabilidade moderadamente alta, ou seja, os valores de K_s estão compreendidos entre 0,36 e 3,6 cm/h, segundo o critério SSDS (1993). Desta mesma análise, verificou-se que os solos estudados pertencem ao grupo hidrológico A, ou seja, os valores de K_s são maiores que 0.76 cm/h, o que significa que estes solos são muito favoráveis à infiltração. Este facto, aliado aos valores médios de precipitação nesta região, revela-se importante para o favorecimento da recarga dos recursos hídricos subterrâneos.

Desta forma, e atendendo à série de pressupostos aqui enunciados não é descabido afirmar que este trabalho exploratório é um ponto de partida para a realização duma série de estudos complementares, bem como a retoma e o cruzamento dos presentes dados com outros elementos geológicos e hidrogeológicos. Como se referiu anteriormente, este trabalho terá de ser encarado, necessariamente, como um contributo ainda preliminar para o estudo de uma dada área, podendo ser encarado como um possível campo experimental do DEG-ISEP para ensaiar metodologias e técnicas, quer em terrenos rochosos quer terrosos, nas áreas da geoengenharia, da geotecnia e do geoambiente. Futuramente poderão ser ensaiadas outras metodologias de cariz geoambiental, tais como, aprofundar os estudos geológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos, hidropedológicos, ecotoxicológicos, etc.

Tendo sido este projecto executado num período relativamente curto, os inventários realizados, apesar de terem sido sistemáticos, assumem um carácter preliminar. Como se referiu

anteriormente o número de pontos de amostragem não foi maior do que seria expectável, visto que muitos dos proprietários das áreas de Rossamonde e Espinhaço não autorizaram o acesso aos seus pontos de água.

Em suma, através deste projecto pretendeu-se contribuir, tal como preconiza o JOCE - *Jornal Oficial das Comunidades Europeias* (1996), de modo a fornecer informações válidas para que seja possível garantir a protecção e a utilização das águas subterrâneas, mediante uma planificação integrada e uma gestão sustentável.

5
REFERÊNCIAS

5. REFERÊNCIAS

- Acciaiuoli, L. M. 1952. Le Portugal Hydromineral. Direction Generale des Mines et des Services Geologiques, Lisboa, I Volume.
- Afonso M. J., Chaminé H. I., Gomes A., Teixeira J., Araújo M. A., Fonseca P. E., Carvalho J. M., Marques J. M., Marques da Silva M. A., Rocha F. T. 2004. Cartografia geológica e geomorfológica estrutural da área metropolitana do Porto: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *Xeográfica, Revista de Xeografia, Território e Medio Ambiente*, Santiago de Compostela, 4: 101-115.
- Afonso, M. J. 2003. Hidrogeologia de rochas graníticas da região do Porto (NW de Portugal). *Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruña*, 28: 173-192.
- Almeida, A. 2001. Caracterização geoquímica e geocronológica do granito de duas micas sintectónico do Porto (NW de Portugal). In: Lago M., Arranz E. & Galé C. (eds), *Proceedings III^{er} Congreso Ibérico de Geoquímica/VIII Congreso de Geoquímica de España*. Instituto Tecnológico de Aragón, Zaragoza, pp. 311-315.
- Anon. 1978. World water balance and water resources of the earth. URSS. Commission for the International Hydrological Decade. Unesco. Paris
- Assaad, F.A.; LaMoreaux, P.E.; Hughes, T.H.; Wangfang, Z. & Jordan, H. (2004) *Field methods for geologists and hydrogeologists*. Springer-Verlag. 420 pp.
- Begonha, A. & Braga, M. A. S. 1995. A meteorização do granito do Porto. In: Borges, F. S. & Marques, M. (eds): *IV Congresso Nacional de Geologia*. Mem. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 4: 171-175.
- Begonha, A. J. S. 2001. Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto. Coleção monografias FEUP Edições, Porto, 2: 1-445. (Tese de doutoramento).
- Booth, B. 2000. Using ArcGIS™ 3D Analyst. GIS by ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc. 218 pp.
- Bouwer, H. 1978. *Groundwater Hydrology*. McGraw-Hill, Inc, New York, 480 pp
- Brown, E. T. 1991. Da teoria à prática em mecânica das rochas. *Ingenium, Revista da Ordem dos Engenheiros*, Ano IV (48): pp.9-29.
- Burke R., Napoleon E., Ormsby T., Groess C. & Feaster L. (2001). *Getting to Know ArcGIS Desktop: The Basics of ArcView, ArcEditor, and ArcInfo Updated for ArcGIS 9*. Getting to Know series. ESRI California. 550 pp.
- Cabral, J. 1995. Neotectónica em Portugal Continental. *Memórias Inst. Geol. Min.*, Lisboa, 31, pp. 1-265.
- Carrington da Costa, J. & Teixeira, C. 1957. Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000. Notícia explicativa da Folha 9-C (Porto). *Serv. Geol. Portg.*, Lisboa. 38 pp.
- Carvalho, J. M. & Chaminé, H. I. 2004. O papel da fracturação e da alteração profunda em estudos de prospecção hidrogeológica: os casos das regiões de Oliveira de Azeméis e de Fafe (Maciço Ibérico, NW de Portugal). *Geociências, Rev. Univ. Aveiro*, 16: 13-31.
- Carvalho, J. M. 2006. Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas. Universidade de Aveiro. 292 pp., 1 mapa. (Tese de doutoramento).
- Carvalho, J. M.; Plasência, N.; Chaminé, H. I.; Rodrigues, B. C.; Dias, A. G. & Silva, M. A. 2000. Recursos hídricos subterrâneos em formações cristalinas do Norte de Portugal. In: Samper, J.; Leitão, T.; Fernández, L. & Ribeiro, L., (eds.), *Jornadas Hispano-Lusas sobre 'Las Aguas Subterráneas en el Noroeste de la Península Ibérica'*. Textos de las Jornadas, Mesa Redonda y Comunicaciones, A Coruña. AIH-GE/APRH. Publicaciones ITGE, Madrid. pp. 163-171.
- Carvalho, J.M.; Chaminé, H.I.; Plasencia, N. 2003. Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos do maciço cristalino do Norte de Portugal: implicações para o desenvolvimento regional. in: Portugal Ferreira, M. (coord.), *A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos: recursos geológicos e formação*. Volume de Homenagem ao Prof. Doutor Coteló Neiva, Imprensa da Universidade, Série Investigação, Coimbra. volume 2, pp. 245-264.
- Chaminé, H. I. 2000. Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho –Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): implicações geodinâmicas. Universidade do Porto. 497 pp., 2 anexos, 3 mapas. (Tese de doutoramento).
- Chaminé, H. I., Gama Pereira, L. C., Fonseca, P. E., Noronha, F. & Lemos de Sousa, M. J. 2003. Tectonoestratigrafia da faixa de cisalhamento de Porto–Albergaria-a-Velha–Coimbra–Tomar, entre as Zonas Centro-Ibérica e de Ossa-Morena (Maciço Ibérico, W de Portugal). *Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruña*, 28: 37-78.
- Conde, L. E. N., 1983. Mapa de fracturas de Portugal (Memória Descritiva). EDP. 118 pp., 4 mapas à escala 1/500000. (Relatório inédito).

- Custodio, E. & Llamas, M. R. 2001. Hidrología subterránea. Ed. Omega, 2 tomos, Barcelona, 2359 pp.
- De Leenher, L & Van Hove, J. 1958. Determination de la teneur en carbone organique des sols. *Pédologie*, VIII: 39-77
- DGA/MA, 1999. Indústria e Ambiente - Indicadores de Integração. Direcção Geral do Ambiente, Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Domenico, P. A. & Schwartz, F. W. 1998. Physical and chemical hydrogeology. John Wiley & Sons. 506 pp.
- Elrick, D.E.; Reynolds, W.D. & Tan, K.A. 1989. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. *Groundwater Monit. Rev.*, 9: 184–193.
- EPA – Environmental Protection Agency 1977. The Report to Congress: Waste Disposal Practices and their Effects on Water. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Supply and Office of Solid Waste Management, Washington, DC, USA, 512 pp.
- EPA – Environmental Protection Agency 1991. Guide for Conducting Contaminant Source Inventories for Public Drinking Water Supplies: Technical Assistance Document. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, USA, 570/9-91-014, 3-22.pp.
- Espinha Marques J. 2007. Contribuição para o estudo hidrogeológico da Serra da Estrela. Universidade do Porto. (Tese de Doutoramento)
- Espinha Marques J., Duarte J. M., Constantino A. T., Martins A. A., Aguiar C., Rocha F. T., Inácio M., Marques J. M., Chaminé H. I., Teixeira J., Samper J., Borges F. S., Carvalho J. M. (2007). Vadose zone characterisation in a mountain hydrogeologic system: Serra da Estrela (Central Portugal) case study. In: Gh. de Marsily & L. Chery (Eds.), *Aquifer Systems Management, Selected papers on Hydrogeology*, IAH Special Publications. Taylor & Francis CRC Press.
- Fetter, C. W. 1993. Contaminant hydrogeology. Macmillan Publishing Comp., New York, NY, USA
- Fetter, C. W. 2001. Applied hydrogeology. 4th edition, Prentice-Hall. 598 pp.
- Fetter, C.W., 1999. Contaminant Hydrogeology. Prentice-Hall, New Jersey, 500 pp.
- Gardner, W.R., 1958. Some steady state solutions of unsaturated moisture flow equations with application to evaporation from a water table. *Soil Sci.*, 85:228-232.
- González de Vallejo, L. I.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C. [coords.] (2002). *Ingeniería geológica*. Prentice Hall, Madrid, 715 pp.
- Gross C. & Feaster L. (2001). Getting to Know ArcGIS Desktop: The Basics of ArcView, ArcEditor, and ArcInfo Updated for ArcGIS 9. Getting to Know series. ESRI California. 550 pp.
- Haslett, J.R. 1990. Geographic information systems: a new approach to habitat definition and the study of distributions. *TREE*, 5, 214-218.
- Heras, R. 1976. Hidrología y recursos hidráulicos. Dirección General de Obras Hidráulicas, Madrid, 120 (1): 839 pp.
- IGM - Instituto Geológico e Mineiro, 2001. Água Subterránea: Conhecer para Preservar o Futuro. Instituto Geológico e Mineiro, Versão Online no site do INETI.
- INAG – Instituto da Água, 2003. A água, a Terra e o Homem Ciclo da água, 20 pp.
- ISRM - International Society for Rock Mechanics (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics*. 15 (6): 319-368.
- ISRM- International Society for Rock Mechanics, 1981. Basic geotechnical description of rock masses. *Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, 18: 85-110.
- JOCE, 1996. Proposta de Decisão do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a um Programa de Acção para a Protecção e a Gestão Integrada das Águas Subterráneas, 96/C355/01, *Jornal Oficial das Comunidades Europeias* n.º 355, 19pp.
- Kovalevsky, V. S., Kruseman, G. P. & Rushton, K. R. 2004. An international guide for hydrogeological investigations. IHP-VI, Series on groundwater no.3. UNESCO, 430pp.
- Lencastre, A. & Franco, F. M. 1992. Lições de hidrologia. 3ª edição. Universidade Nova de Lisboa. 453 pp.
- LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1986) Introdução ao planeamento e gestão de recursos hídricos. 1 – Introdução à gestão dos recursos hídricos. Metodologias para a avaliação de políticas de recursos hídricos – MAPRH;
- Mendes, B. & Oliveira, J. F. S. 2004. Qualidade da água para consumo humano. Ed. Lidel. 626 pp.
- MMA, Ministério de Médio Ambiente, 2000. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Madrid, 809 pp., (Serie Monografias).
- Mualem, Y., 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resour. Res.*, 12: 513-522.

- Oliveira, Camilo. 1932. O Concelho de Gondomar (Apontamentos Monográficos), Porto, Volume I, 438 pp.
- Oliveira, J. T.; Pereira, E.; Ramalho, M.; Antunes, M. T. & Monteiro, J. H. [coords.], 1992. Carta Geológica de Portugal, escala 1/500000, 5ª edição. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. (2 folhas).
- OTA, 1984. Protecting the Nation's Groundwater from contamination. OTA-0-233, Office of Technology Assessment, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Pedrosa, M. Y. & Pereira, A. P. 1998. Carta de Fontes de Contaminação, Escala 1:100 00 – Folha do Alto Minho. Actas do V Congresso Nacional de Geologia, tomo 84 (2) Instituto Geol. e Mineiro. Lisboa, pp. E65
- Pedrosa, M. Y. 1999. Notícia explicativa da Carta Hidrogeológica de Portugal, escala 1/200000. Folha 1. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- Pedrosa, M.Y., Brites, J.A., Pereira, A.P. 2000 – Síntese de informação contida na Carta das Fontes e do Risco de Contaminação – Alto Minho, Escala 1:100.00. Jornadas Hispano-Lusas sobre as Águas Subterrâneas no Noroeste da Península Ibérica, Corunha. Inst. Geol. E Mineiro de Espanha. Madrid, 331-334.pp.
- Radcliffe, D. E. & Rasmussen, T. C., 2002. Soil water movement. In: A. W. Warrick, Ed., Soil physics companion. CRC Press, Boca Raton, p. 85-126.
- Raposo, J. R., 1996. A rega, dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 485 pp.
- Reynolds, W. D., 1993. Saturated hydraulic conductivity: field measurement. In: M. R. Carter, Ed., Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis Publ., Boca Raton, p. 599-613.
- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E., 1986. A method for simultaneous in situ measurement in the vadose zone of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity–pressure head relationship. Ground Water Monitoring Review, Winter. p.84–95.
- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E., 1987. A laboratory and numerical assessment of the Guelph permeameter method. Soil Sci., 144:282–299.
- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E., 2002. Constant head well permeameter (vadose zone). In: J. H. Dane & G. Clarke Topp, Eds, Methods of soil analysis, part 4, physical methods, p. 844-858. Soil Science Society of America, Inc., Wisconsin.
- Reynolds, W.D.; Elrick, D.E. & Topp, G.C., 1983. A reexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. Soil Sci., 136: 250-268.
- Schuurman N. 2001. GIS: a short introduction. Blackwell Publishing. 169 pp.
- Soilmoisture, 2005. Model 2800K1 Guelph permeameter operating instructions. Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, 51 pp.
- SSDS [Soil Survey Division Staff], 1993. Examination and description of soils. In: Soil Survey Manual (new edition). Agricultural Handbook No. 18, Chapter 3. Soil Conservation Service, Washington DC.
- Strahler, A. N. 1979. Geografía física. 4ª edición, Ediciones Omega, Barcelona, 767 pp.
- Teixeira, C. M. F. 2007. Prospecção hidrogeológica de uma área peri-urbana de Valbom (Gondomar): implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Relatório Final de Projecto/Estágio. Departamento de Engenharia Geotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 159 pp., 7 anexos. (Relatório Inédito).
- UNESCO, (1983) International legend for hydrogeological maps. Revised Edition, Unesco, Paris.
- Vallejo Luis I. González, Ferrer Mercedes, Ortuño Luis, Oteo Carlos, 2002. Ingeniería Geológica. Parte I, Fundamentos e Métodos.
- van Genuchten, M. T., (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., 44:892-898.
- White, I. & Sully, M.J., 1987. Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from field infiltration. Water Resour. Res. 23:1514-1522.
- Zaporozec A (ed.) 2004 Groundwater contamination inventory: a methodological guide with a model legend for groundwater contamination inventory and risk maps. IHP-VI, series on groundwater, 2. UNESCO, Paris, France

SITES DE PESQUISA

<http://abandonedwell.tamu.edu/Photos.htm>

<http://e-geo.ineti.pt>

http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx?Termo=Diagrama%20de%20Stiff

[http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx;](http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx)

http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm

<http://w3.ualg.pt/~anewton/docs/Teaching%20Material/MQAA2.pdf>

<http://www.ehponline.org/members/2004/112-5/focus.html>

<http://www.georoteiros.pt>

<http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp>

<http://www.industcards.com/crestuma-lever.jpg>

<http://www.smg.gov.mo/wwis/003/c00003.htm>

www.aguasandinas.cl

www.amna.pt

www.avintes.net

www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua_geral.asp

www.google-earth.com

www.markelink.com/directorios/Amb2006/aguas-gondomar.htm/

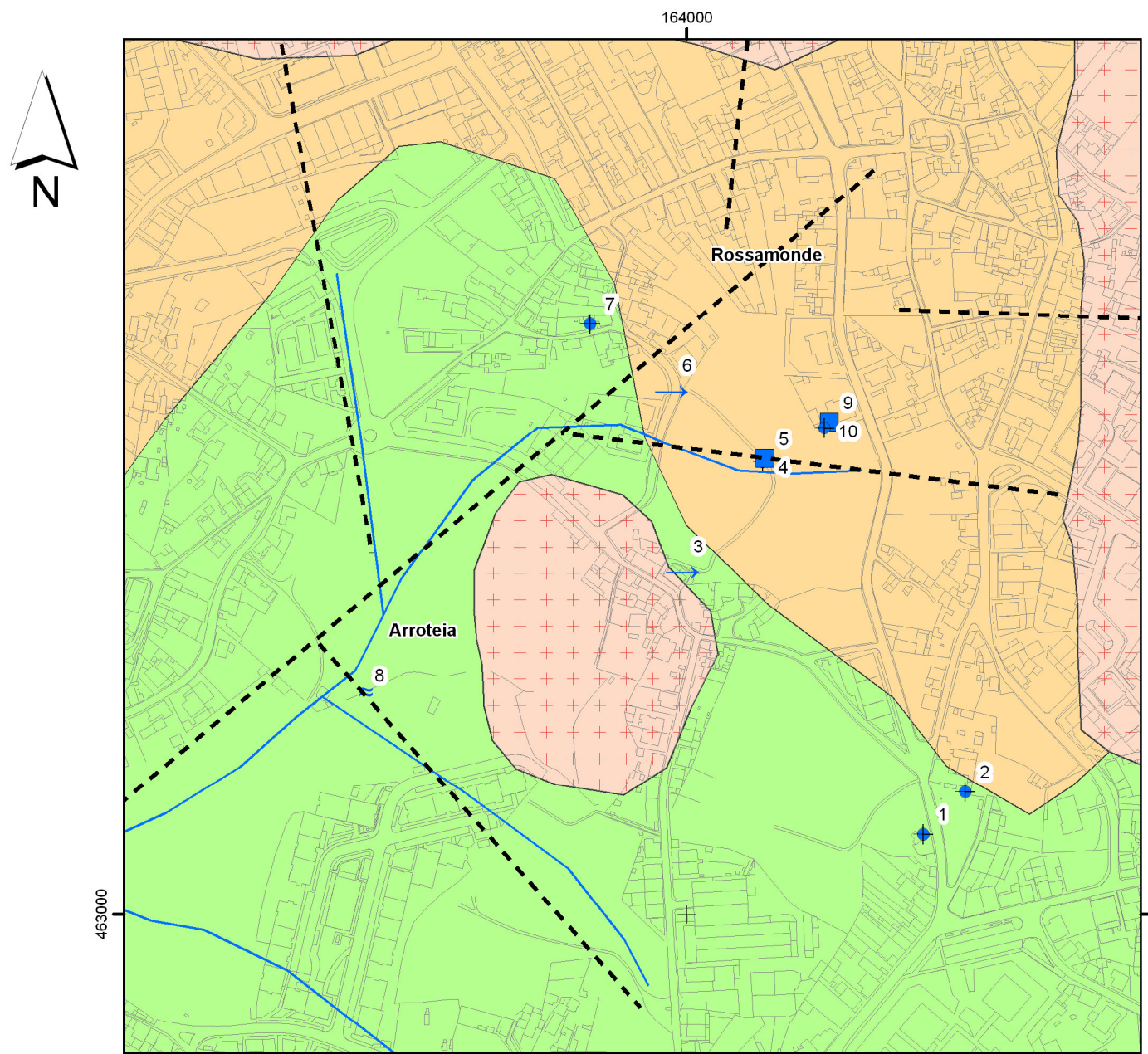
www.soilmoisture.com

www.wikipedia.org/wispring_water

6
ANEXOS

ANEXO 1

MAPAS DE INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO



Sistema de coordenadas: Hayford-Gauss Militar

Unidades Hidrogeológicas

Depósitos de Cobertura

Depósitos e terraços fluviais

Rochas Metassedimentares

Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

Rochas Graníticas

Granito de grão grosseiro a médio

Lineamentos tectónicos foto-interpretados

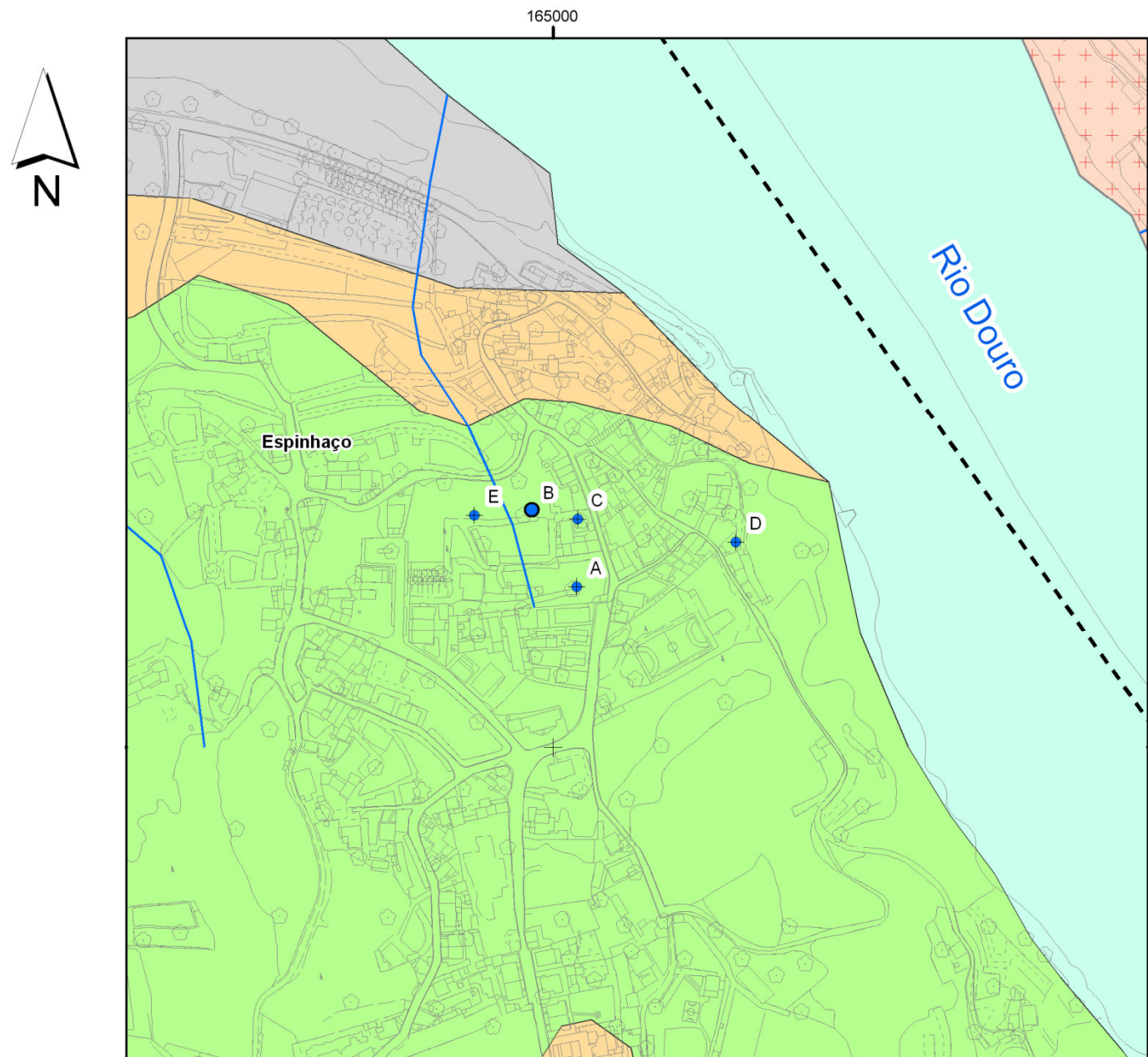


Inventário Hidrogeológico

Pontos de Água

- ◆ Poço
- ≈ Ribeira
- Tanque
- Bica

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP	
Autor: Cosme Teixeira	Rev.: HIC-MJA
Escala: 1:4000	
Data: 25/06/2008	
Desenho nº: 1	Folha nº: 1/1
Versão: Final	
Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos	
Mapa de Inventário Hidrogeológico de Rossamonde	



Sistema de coordenadas: Hayford-Gauss Militar

0 50 100 m

Unidades Hidrogeológicas

Depósitos de Cobertura

Depósitos e terraços fluviais

Rochas Metassedimentares

Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

Rochas Graníticas

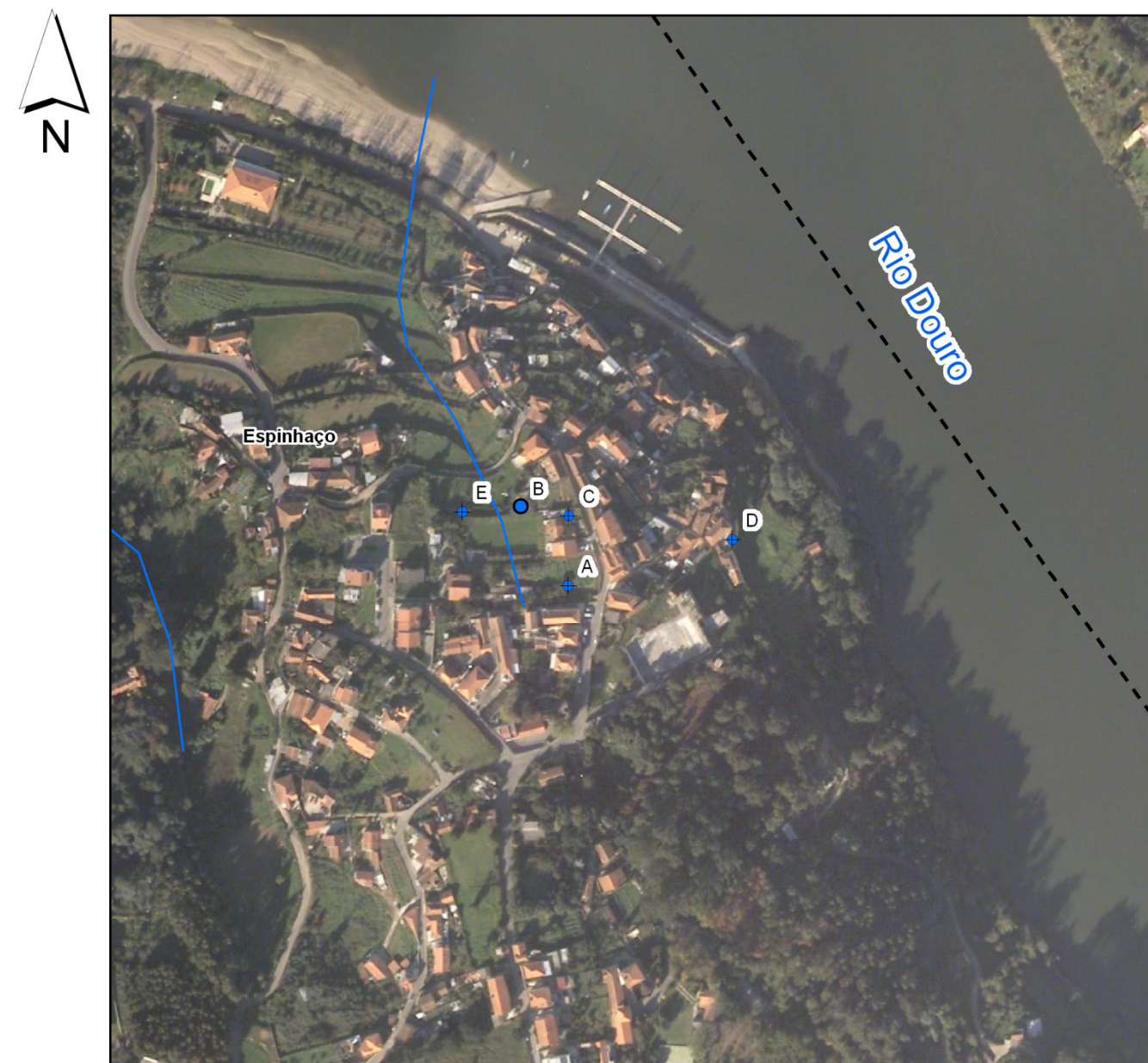
Granito de grão grosseiro a médio

--- Lineamentos tectónicos foto-interpretados

Inventário Hidrogeológico

Pontos de Água

- Furo
- ◆ Poço



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP	
Autor: Cosme Teixeira	Rev.: HIC-MJA
Escala: 1:4000	
Data: 25/06/2008	
Desenho nº: 2	Folha nº: 1/1
Versão: Final	
Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos	
Mapa de Inventário hidrogeológico de Espinheiro	

ANEXO 2

FICHAS DE INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO DAS ÁREAS DE ROSSAMONDE E ESPINHAÇO

Nº de Inventário: 1

Designação: Poço da Quinta do Sousa

Tipo: Poço



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -35848 P 163050

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 88.4

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Sousa

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Rochas metassedimentares

Litologia: Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

Armadilha hidrogeológica suposta: Contacto geológico

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 10:00 h

Cheiro: Não tem Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas animais algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 16.7 Temp. do ar (°C): ~20 pH: 4.8 Cond. eléctrica(µS/cm): 320

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: 1900 (?)

Profundidade (m): 15 Diâmetro(m): 1-1.5

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): 12 Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): > 12

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 2

Designação: Poço do Quintal da D. Isabel

Tipo: Poço



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -35822 P 163078

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 91.2

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro D. Isabel

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ____x____ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Rochas metassedimentares

Litologia: Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

Armadilha hidrogeológica suposta: Contacto geológico

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 10:10 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas

animais

algas

incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 16.6 Temp. do ar (°C): ≈20 pH: 4.98

Cond. eléct(µS/cm): 650

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data __/__/__ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: 1900 (?)

Profundidade (m): 15 Diâmetro(m): 1-1.5

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____

Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

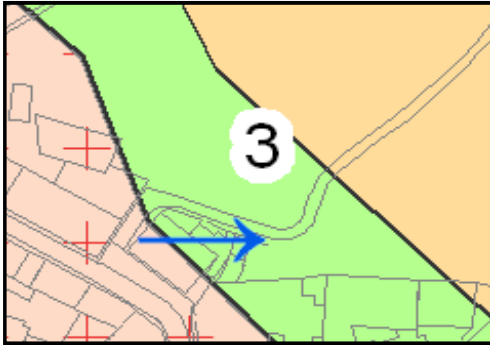
Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 3

Designação: Bica da Quinta Rossamonde

Tipo: Bica



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -36002 P 163218

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 80.0

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Apolónio

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Rochas Graníticas

Litologia: Granito de grão médio a grosseiro

Armadilha hidrogeológica suposta: Contacto geológico

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 10:20 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas animais

algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 20 Temp. do ar (°C): ≈22 pH: 4.10

Cond. eléct(µS/cm): 514

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): _____ Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 4 Designação: Poço da Quinta Rossamonde Tipo: Poço



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -35951 P 163289

Água normal Água mineral Reconhecida oficialmente

Cota (m): 83.3

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Apolónio

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Depósitos de cobertura

Litologia: Depósitos e terraços fluviais

Armadilha hidrogeológica suposta: Falha geológica

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 10:30 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas animais

algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 16.8 Temp. do ar (°C): ≈22 pH: 4.81

Cond. eléct(µS/cm): 497

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): 7 Diâmetro(m): 1-1.5

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____

Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

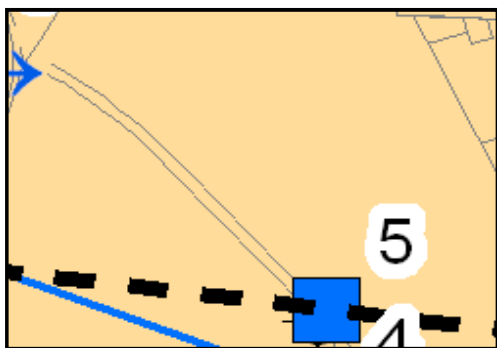
Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 5

Designação: Tanque da Quinta Rossamonde

Tipo: Tanque



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -35949 P 163291

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 83.9

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Apolónio

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Depósitos de cobertura

Litologia: Depósitos e terraços fluviais

Armadilha hidrogeológica suposta: Falha geológica

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 10:40 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas animais

algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 16.8 Temp. do ar (°C): ≈22 pH: 4.22

Cond. eléct(µS/cm): 438

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): 1 Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 6

Designação: Bica II da Quinta Rossamonde

Tipo: Bica



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -36009 P 163333

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 80.0

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Apolónio

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Depósitos de cobertura

Litologia: Depósitos e terraços fluviais

Armadilha hidrogeológica suposta: Contacto geológico

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 11:00 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas animais

algas incrustações

Caudal: 0.6 m³/H (medido com balde 5L)

Temp. da água (°C): 18.6 Temp. do ar (°C): ≈23 pH: 4.2

Cond. eléct(µS/cm): 486

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): _____ Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

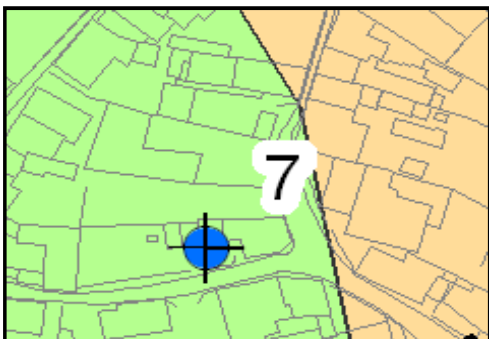
Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 7 Designação: Poço da D. Maria Flora Tipo: Poço



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

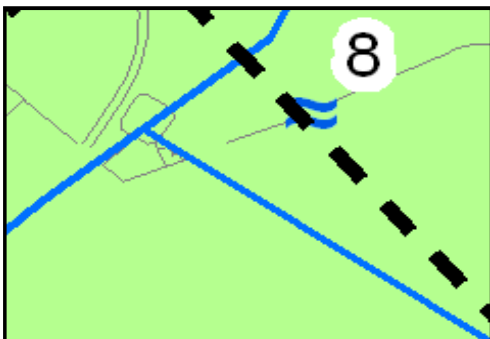
Coordenadas (m): M -36071 P 163377

Água normal Água mineral Reconhecida oficialmente
Cota (m): 81.2
Condições de acesso: Boas
Proprietário: Câmara Municipal Outro D. Maria da Flora
Descrição sucinta:
Uma única descarga Um grupo de nascentes Área de descarga: ___x___ m²
Nascente permanente Nascente temporária
A água emerge através de:
Tubo de diâmetro _____ Solo
Zona alagada Rocha
Geomorfologia
Planalto Encosta Talvegue Observações: _____
Enquadramento Geológico e hidrogeológico:
Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000
Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000
Nível estratigráfico: _____
Unidade hidrogeológica local ou regional: Rochas metassedimentares
Litologia: Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados
Armadilha hidrogeológica suposta: Contacto geológico
Qualidade da água e caudal
Data e hora 04/06/07 11:25 h
Cheiro: Não tem Cor: Limpida Turbidez: Limpida
Outras observações: plantas animais algas incrustações
Caudal: ___ m³/hora (medido com _____)
Temp. da água (°C): 17.8 Temp. do ar (°C): ≈23 pH: 4.4 Cond. eléct(µS/cm): 767
Amostra para análise laboratorial nº _____
Utilização
Consumo humano Animais Uso industrial Rega Doméstica
Estruturas de desenvolvimento
Construção antiga Construção recente
Data ___/___/___ Observações: _____
Furos/Poços
Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: 1900
Profundidade (m): 15 Diâmetro(m): 1-1.5
Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado
Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____
Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____
Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW
Tipo de caseta: _____
Observações: _____
Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 8

Designação: Ribeira de Abade

Tipo: Ribeira



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -36204 P 163141

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 57.3

Condições de acesso: Razoáveis

Proprietário: Câmara Municipal

Outro

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Rochas metassedimentares

Litologia: Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

Armadilha hidrogeológica suposta: Falha geológica

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 11:55 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas animais

algas

incrustações

Caudal: ___ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 21.5 Temp. do ar (°C): ≈25 pH: 6.7

Cond. eléct(µS/cm): 434

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): _____ Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____

Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

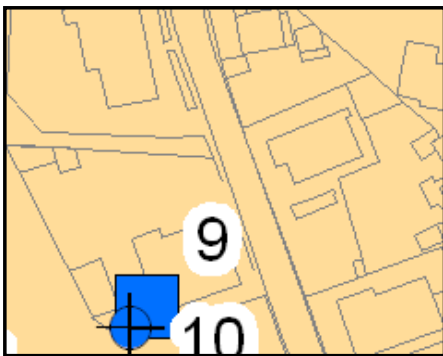
Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 9

Designação: Torneira do Sr. Serafim

Tipo: Torneira



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -35910 P 163312

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 90.0

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Serafim Ribeiro

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Depósitos de cobertura

Litologia: Depósitos e terraços fluviais

Armadilha hidrogeológica suposta: Falha geológica

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 13:55 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas

animais

algas

incrustações

Caudal: ___ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 18.8 Temp. do ar (°C): ~27 pH: 6.0

Cond. eléct(µS/cm): 387

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): _____

Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____

Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____

Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

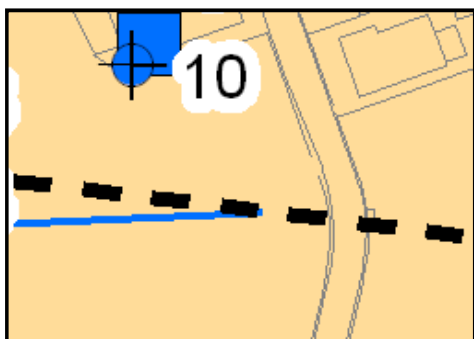
Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 04 Junho 2007

Nº de Inventário: 10

Designação: Poço do Sr. Serafim

Tipo: Poço



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: 122 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M -35910 P 163312

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): 90.0

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Serafim Ribeiro

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-C Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Depósitos de cobertura

Litologia: Depósitos e terraços fluviais

Armadilha hidrogeológica suposta: Falha geológica

Qualidade da água e caudal

Data e hora 04/06/07 14:10 h

Cheiro: Não tem

Cor: Limpida

Turbidez: Limpida

Outras observações: plantas

animais

algas

incrustações

Caudal: ___ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): 18.5 Temp. do ar (°C): ≈27 pH: 5.9

Cond. eléct(µS/cm): 408

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: 1982

Profundidade (m): ≈12 Diâmetro(m): 0,6-0,8

Entubado Tipo de entubamento: manilhas de cimento

Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça

Solo

Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: submersível

Profundidade (m): 11-12

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: Cosme Manuel Fernandes Teixeira

Data: 07 Junho 2008

Nº de Inventário: **A**

Designação: **ESP 1**

Tipo: **Poço**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-34984** P **161102**

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): **49,3**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Elói

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ____x____ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: **Rochas metassedimentares**

Litologia: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Qualidade da água e caudal

Data e hora **20/02/07 16:00 h**

Cheiro: **Não tem** Cor: **Límpida**

Turbidez: **Límpida**

Outras observações: plantas animais algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): **17.5** Temp. do ar (°C): _____ pH: **6.05** Cond. eléctrica(µS/cm): **325**

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data __/__/__ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): **15,9**

Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____

Desentubado

Nível estático (m): **12,2** Referido a: Cabeça

Solo

Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____

Profundidade (m): **> 12**

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

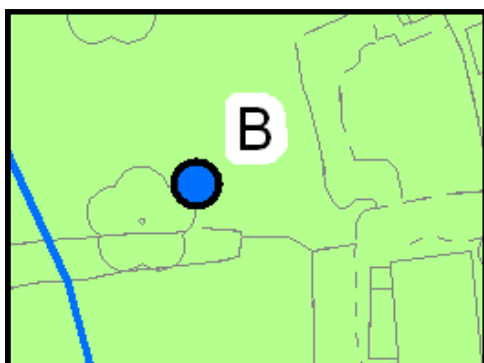
Preenchido por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **07 Junho 2008**

Nº de Inventário: **B**

Designação: **Furo 1**

Tipo: **Furo**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35013** P **161150**

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): **41,9**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Manuel Mourão

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ____x____ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: **Rochas metassedimentares**

Litologia: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Qualidade da água e caudal

Data e hora **22/02/07 13:20 h**

Cheiro: **Não tem**

Cor: **Límpida**

Turbidez: **Límpida**

Outras observações: plantas animais

algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): **17.3** Temp. do ar (°C): _____

pH: **5.45**

Cond. eléct(µS/cm): **370**

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data __/__/__ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): **175** Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

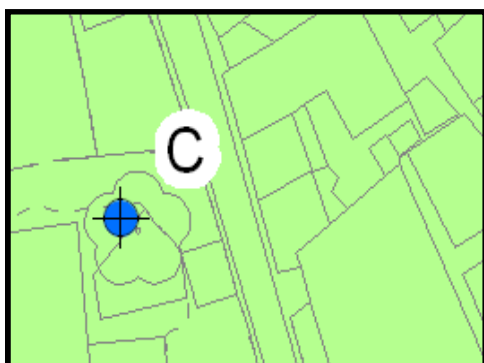
Preenchido por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **07 Junho 2008**

Nº de Inventário: **C**

Designação: **Poço 1**

Tipo: **Poço**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-34984** P **161144**

Água normal Água mineral Reconhecida oficialmente

Cota (m): **44,3**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: Câmara Municipal

Outro D. Zeza

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ____x____ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: **Rochas metassedimentares**

Litologia: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geológica**

Qualidade da água e caudal

Data e hora **22/02/07 13:40 h**

Cheiro: **Não tem**

Cor: **Límpida**

Turbidez: **Límpida**

Outras observações: plantas animais

algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): **16,1**

Temp. do ar (°C): _____

pH: **5.08**

Cond. eléct(µS/cm): **547**

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data __/__/__ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____

Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): **21,9**

Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____

Desentubado

Nível estático (m): **18,0** Referido a: Cabeça

Solo

Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____

Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **07 Junho 2008**

Nº de Inventário: **D**

Designação: **Poço 2**

Tipo: **Poço**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-34883** P **161129**

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): **29,8**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. António Rebelo

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ___x___ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: **Rochas metassedimentares**

Litologia: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Qualidade da água e caudal

Data e hora **26/02/07 17:21 h**

Cheiro: **Não tem**

Cor: **Límpida**

Turbidez: **Límpida**

Outras observações: plantas animais algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): **16,3** Temp. do ar (°C): _____ pH: **5,63** Cond. eléct(µS/cm): **260**

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): **16,6**

Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): **14,0** Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

Observações: _____

Preenchido por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **07 Junho 2008**

Nº de Inventário: **E**

Designação: **Poço 3**

Tipo: **Poço**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35049** P **161147**

Água normal

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): **41,2**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: Câmara Municipal

Outro Sr. Manuel Mourão

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ____x____ m²

Nascente permanente

Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações: _____

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: **Rochas metassedimentares**

Litologia: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Qualidade da água e caudal

Data e hora **26/02/07 18:30 h**

Cheiro: **Não tem**

Cor: **Límpida**

Turbidez: **Límpida**

Outras observações: plantas animais algas incrustações

Caudal: _____ m³/hora (medido com _____)

Temp. da água (°C): **13.8** Temp. do ar (°C): _____ pH: **4.9** Cond. eléct(µS/cm): **930**

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega

Doméstica

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data __/__/__ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: _____ Outra designação: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): _____ Diâmetro(m): _____

Entubado Tipo de entubamento _____ Desentubado

Nível estático (m): Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim Não Tipo: _____ Profundidade (m): _____

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

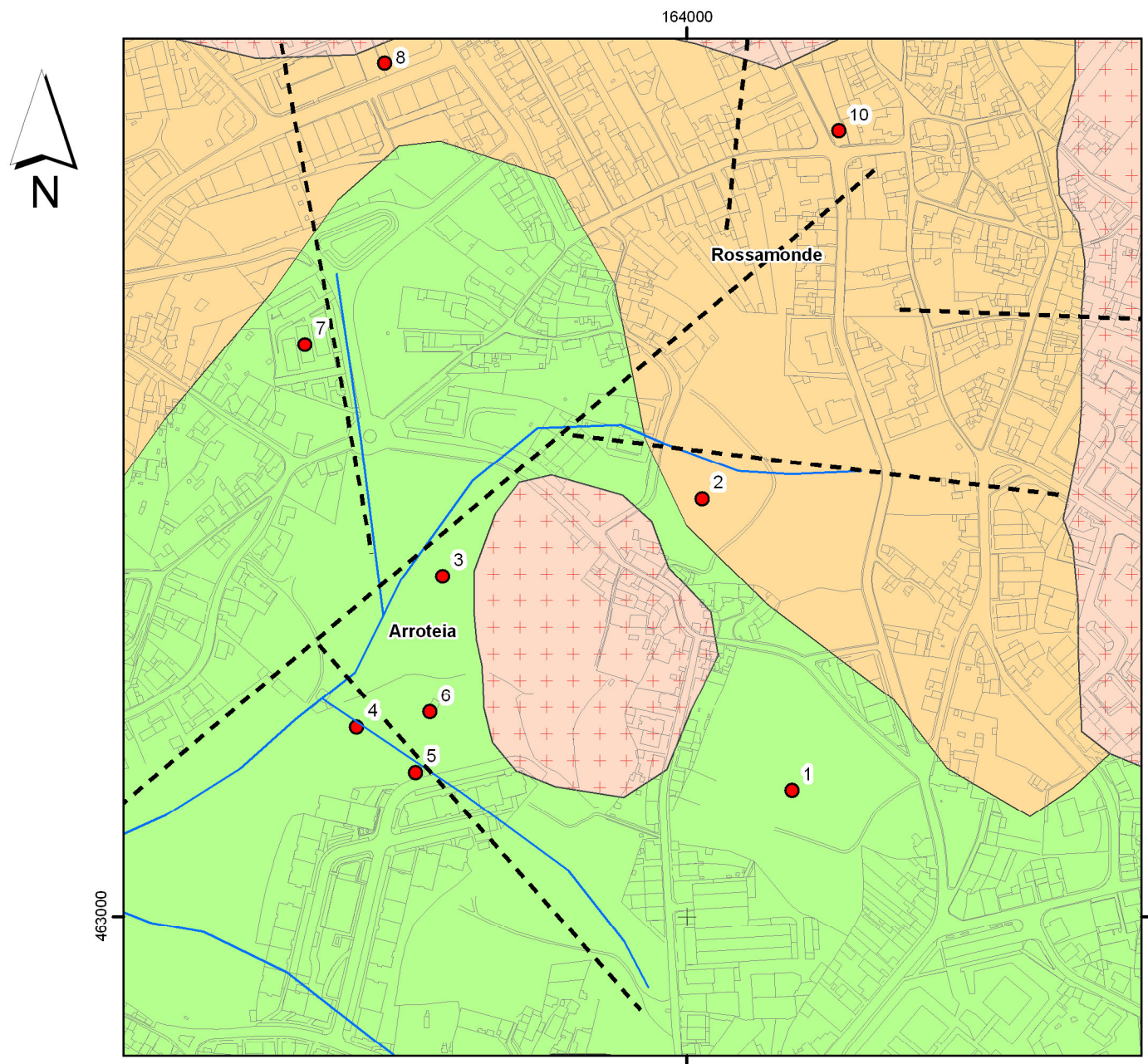
Observações: _____

Preenchido por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **07 Junho 2008**

ANEXO 3

MAPAS DE INVENTÁRIO DAS PONTENCIAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO



Sistema de coordenadas: Hayford-Gauss Militar

Unidades Hidrogeológicas

Depósitos de Cobertura

Depósitos e terraços fluviais

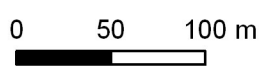
Rochas Metassedimentares

Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

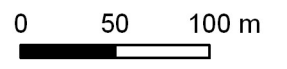
Rochas Graníticas

Granito de grão grosseiro a médio

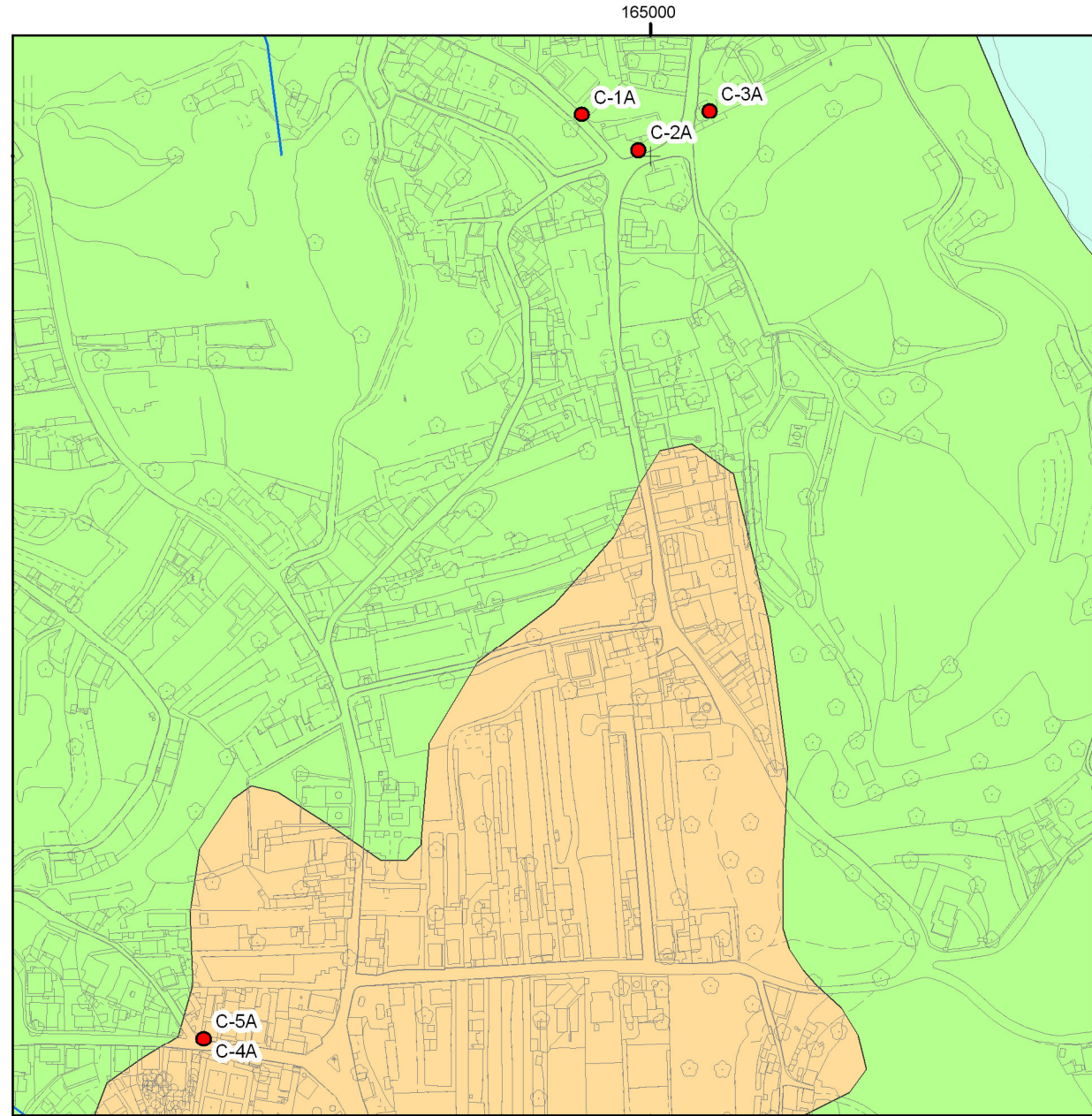
Lineamentos tectónicos foto-interpretados



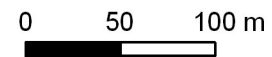
● Potenciais Fontes de Contaminação



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP	
Autor: Cosme Teixeira	Rev.: HIC-MJA
Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos	
Escala: 1:4000	
Data: 25/06/2008	
Desenho nº: 3	Folha nº: 1/1
Versão: Final	
Mapa de Inventário das Potenciais Fontes de Contaminação de Rossamonde	




Sistema de coordenadas: Hayford-Gauss Militar




Unidades Hidrogeológicas

Depósitos de Cobertura

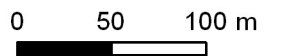
 Depósitos e terraços fluviais


Rochas Metassedimentares

 Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

 Lineamentos tectónicos foto-interpretados

 Potenciais Fontes de Contaminação



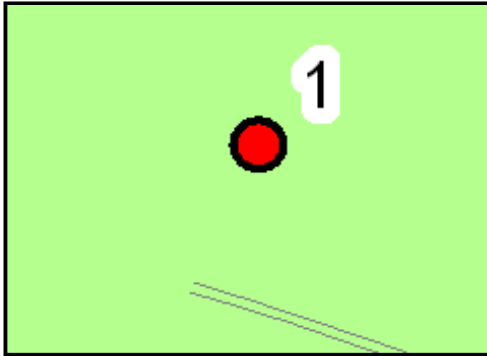
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP		Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos
Autor: Cosme Teixeira	Rev.: HIC-MJA	
Escala: 1:4000		
Data: 25/06/2008		
Desenho nº: 4	Folha nº: 1/1	Mapa de Inventário das Potenciais Fontes de Contaminação de Espinhaço
Versão: Final		

ANEXO 4

FICHAS DE INVENTÁRIO DAS POTENCIAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO
NAS ÁREAS DE ROSSAMONDE E ESPINHAÇO

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C1** Designação: **Quinta do Sousa** Tipologia: **Difusa**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35932**

P **163080**

Cota (m): **82.8**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Sr. Sousa**

Endereço: **Rua do Padrão**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __ Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Contacto geológico**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **17**

Características / aparência: **Cultura intensiva diversa (milho, batata, etc) / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Fertilizantes, pesticidas**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido, pulverizador**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

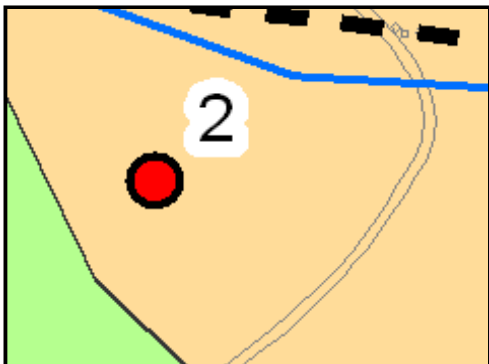
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C2** Designação: **Quinta Rossamonde** Tipologia: **Difusa**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica **1/25000**

Coordenadas (m): M **-35990**

P **163265**

Cota (m): **79.8**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Sr. Apolónio**

Endereço:

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Contacto geológico**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **17**

Características / aparência: **Cultura intensiva diversa (milho, batata, etc) / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Fertilizantes, pesticidas**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido, pulverizador**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

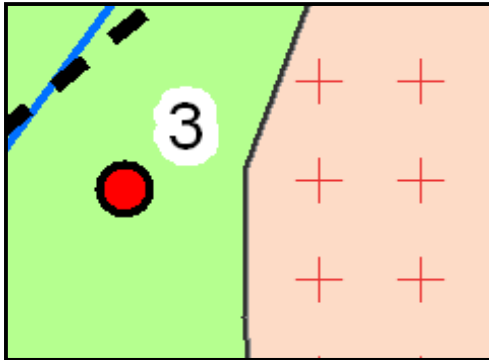
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C3** Designação: **Quinta Rossamonde II** Tipologia: **Difusa**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-36155**

P **163216**

Cota (m): **64.5**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Sr. Joaquim**

Endereço: _____

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __ Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Rochas Graníticas**

Litologia / grau de alteração: **Granito de grão médio a grosseiro**

Unidade hidrogeológica: **Rochas Graníticas**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Contacto geológico**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **17**

Características / aparência: **Cultura intensiva; Gado (vacas, cabras) / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Fertilizantes, pesticidas, dejectos de animais**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido, pulverizador**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

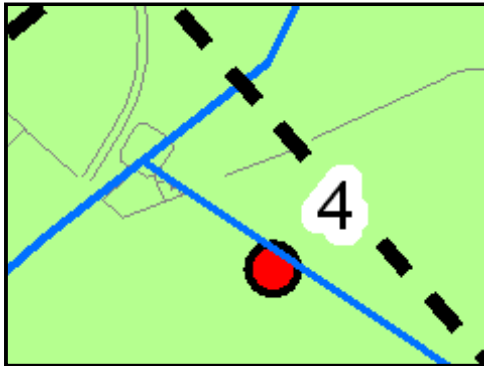
Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C4**

Designação: **Fossa Séptica**

Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-36210**

P **163120**

Cota (m): **57.4**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Sr. Joaquim**

Endereço: _____

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: ___ Encosta: ___ Linha de água próxima: Afastada: ___

Distância (m): **10**

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Depósitos de cobertura Plio-pleistocénico**

Litologia / grau de alteração: **Depósitos e terraços fluviais**

Unidade hidrogeológica: **Depósitos de cobertura**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha geológica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **11**

Características / aparência: **Dejectos humanos / Má**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Dejectos humanos**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido, líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº _____ ecotoxicológica nº _____ Outra nº _____

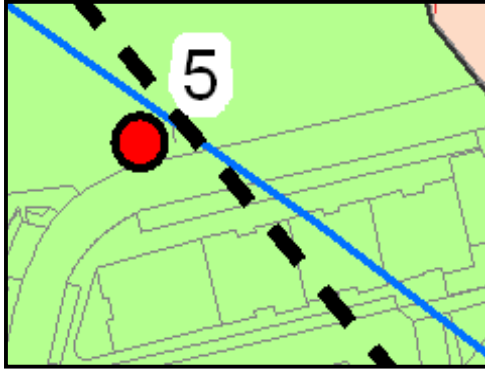
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C5** Designação: **Caixa de Esgoto Municipal** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-36172**

P **163091**

Cota (m): **62.9**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Câmara Municipal de Gondomar**

Endereço: _____

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada:

Distância (m): **60**

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Depósitos de cobertura Plio-pleistocénico**

Litologia / grau de alteração: **Depósitos e terraços fluviais**

Unidade hidrogeológica: **Depósitos de cobertura**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha geológica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **26**

Características / aparência: **Dejectos humanos / Boa**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Dejectos humanos e águas residuais**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido, líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

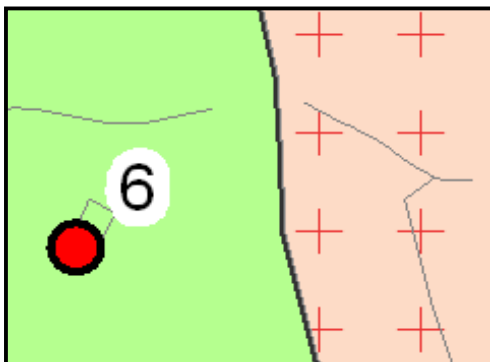
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C6** Designação: **Lavadouro** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica **1/25000**
Coordenadas (m): M **-36163** P **163130** Cota (m): **60.0**
Condições de acesso: **Razoáveis**
Proprietário: _____ Endereço: _____
Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: ___ Encosta: Linha de água próxima: ___ Afastada: ___
Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**
Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**
Unidade geológica e/ou geotécnica: **Depósitos de cobertura Plio-pleistocénico**
Litologia / grau de alteração: **Depósitos e terraços fluviais**
Unidade hidrogeológica: **Depósitos de cobertura**
Armadilha hidrogeológica suposta: **Contacto geológico**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **38**
Características / aparência: **Detergentes, sabão / Má (cor azulada)**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Detergentes**
Quantidade: _____
Tipo de descarga (e.g. sólido): **Líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____
Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**
Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____
Esforços de remediação: _____

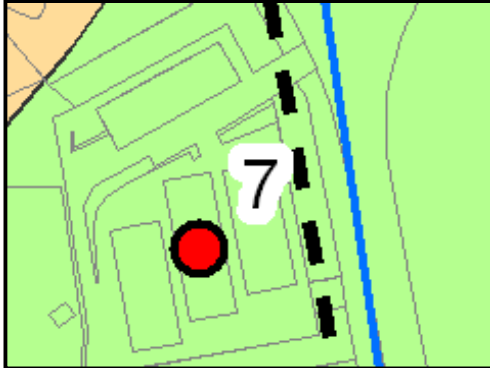
Amostra para análise: laboratorial nº ___ ecotoxicológica nº ___ Outra nº ___

Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira** Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C7** Designação: **Piscina de Valbom** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica **1/25000**

Coordenadas (m): M **-36242**

P **163364**

Cota (m): **72.0**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Câmara Municipal de Gondomar**

Endereço:

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m):

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Contacto geológico**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **41**

Características / aparência:

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Cloretos**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº

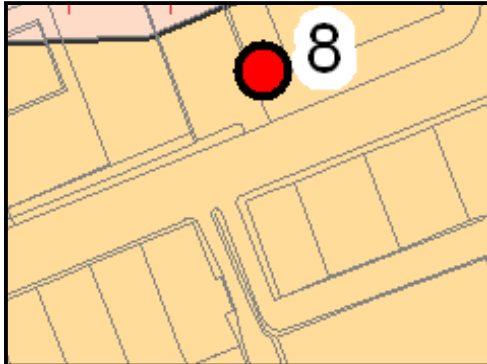
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C8** Designação: **Depósito de combustível** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica **1/25000**

Coordenadas (m): M **-36192**

P **163543**

Cota (m): **86.0**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Bombeiros Volunt. Valbom**

Endereço: **R. dos Bombeiros**

Voluntários

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: ___ Encosta: Linha de água próxima: ___ Afastada: ___

Distância (m):

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha geológica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **4**

Características / aparência: **Gasóleo**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Hidrocarbonetos**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ___ ecotoxicológica nº ___ Outra nº ___

Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C9** Designação: **Serração** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35950**

P **163593**

Cota (m): **88.4**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Sr. António de Sousa**

Endereço: **Rua da Escola Dramática**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: ___ Encosta: Linha de água próxima: ___ Afastada: ___

Distância (m):

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Depósitos de cobertura Plio-pleistocénico**

Litologia / grau de alteração: **Depósitos e terraços fluviais**

Unidade hidrogeológica: **Depósitos de cobertura**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha geológica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **21**

Características / aparência: **Madeiras e derivados / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo:

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ___ ecotoxicológica nº ___ Outra nº ___

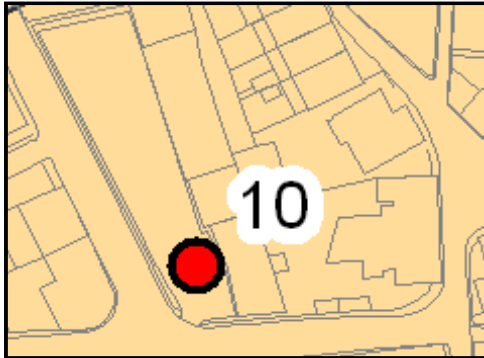
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C10** Designação: **Armazém de Madeiras** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35903**

P **163499**

Cota (m): **93.9**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Sr. António de Sousa Dramática**

Endereço: **Rua da Escola**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m):

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Depósitos de cobertura Plio-pleistocénico**

Litologia / grau de alteração: **Depósitos e terraços fluviais**

Unidade hidrogeológica: **Depósitos de cobertura**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha geológica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **21**

Características / aparência: **Madeiras e derivados / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo:

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

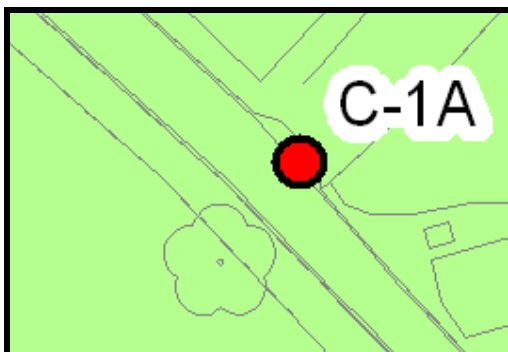
Data: **4 Junho 2007**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-1A**

Designação: **Serração**

Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35041**

P **161024**

Cota (m): **60,0**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário:

Endereço: **Rua da Quelha Velha**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __ Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **21**

Características / aparência: **Madeiras e derivados / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo:

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável** _____

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº _____ ecotoxicológica nº _____ Outra nº _____

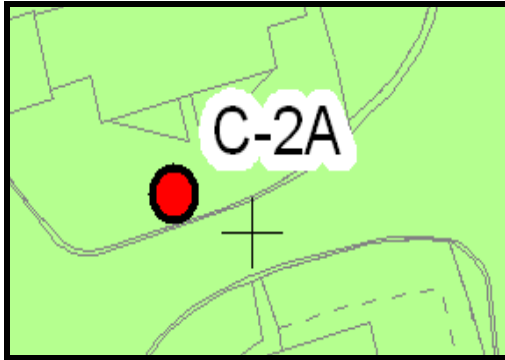
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-2A** Designação: **Escola Primária** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35007** P **161003** Cota (m): **61,6**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: _____ Endereço: **Rua do Gradouro**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **34**

Características / aparência: **Boa**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Saneamento**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólidos, Líquidos**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

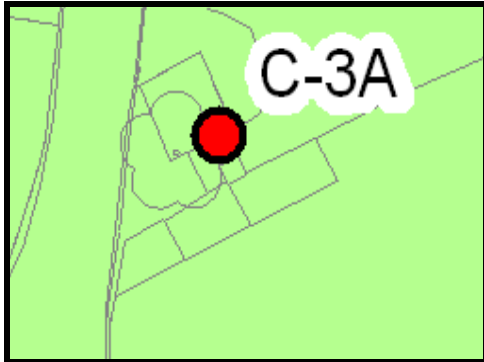
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-3^a** Designação: **Associação Recreativa** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica **1/25000**

Coordenadas (m): M **-34964**

P **161026**

Cota (m): **55,1**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: _____

Endereço: **Rua da Quinta**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m): __

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **44**

Características / aparência: **Degradado / Má**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: _____

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólidos, Líquidos**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº __ ecotoxicológica nº __ Outra nº __

Observações: _____

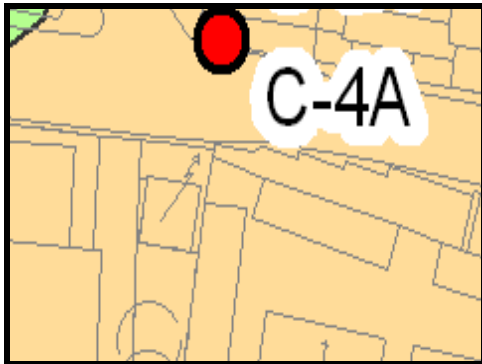
Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-4A** Designação: **Cemitério**

Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35267**

P **160470**

Cota (m): **90,0**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: _____

Endereço: **Rua da Escola Central**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: __ Linha de água próxima: Afastada: __

Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha geológica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **8**

Características / aparência: **Igreja e cemitério / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Matéria orgânica, Nitratos**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido, líquido, gasoso**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

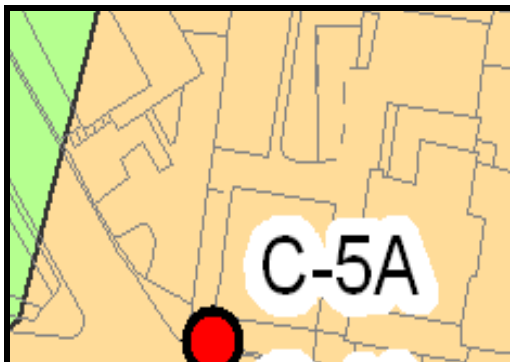
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-5A** Designação: **Instalações Sanitárias** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35267** P **160470** Cota (m): **90,0**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: **Câmara Municipal de Gaia** Endereço: **Rua da Escola Central**

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: Distância (m):

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha geológica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **41**

Características / aparência: **Dejectos humanos / Boa**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Dejectos humanos e águas residuais**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido, líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

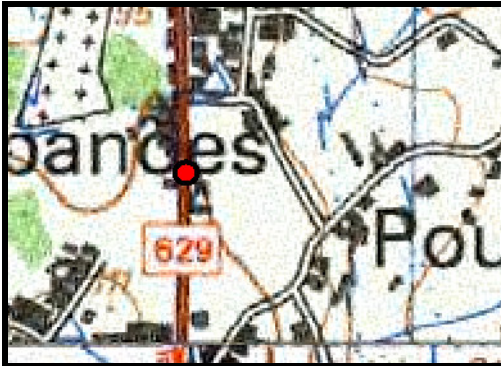
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-6A** Designação: **Hipermercado** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000
Coordenadas (m): M **-35165** P **160170** Cota (m): **100,5**
Condições de acesso: **Boas**
Proprietário: _____ Endereço: **Rua da Escola Central**
Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **44**

Características / aparência: **Construção Recente**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: _____

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólidos e Líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº _____ ecotoxicológica nº _____ Outra nº _____

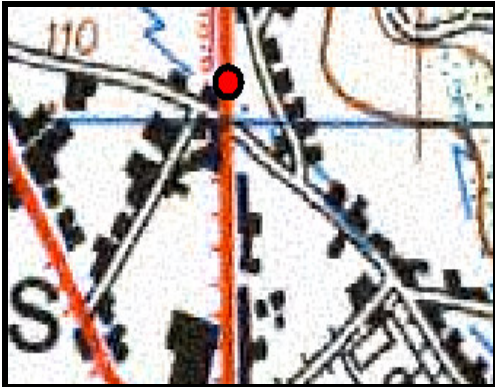
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-7A** Designação: **Armazém Calçado** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000
Coordenadas (m): M **-35169** P **159927** Cota (m): **102,0**
Condições de acesso: **Boas**
Proprietário: **ARA** Endereço: **Rua da Mesericórdia**
Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m):

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **21**

Características / aparência:

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo:

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólidos e Líquidos**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

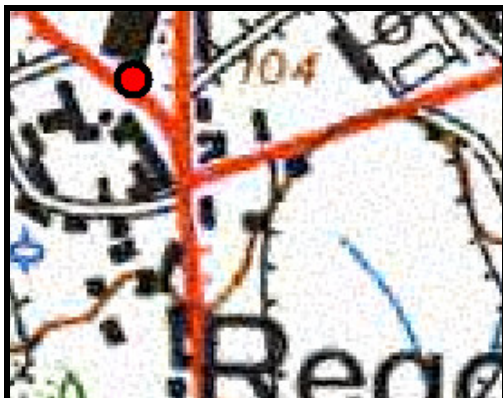
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-8A** Designação: **Bomba de Gasolina** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica **1/25000**
Coordenadas (m): M **-35204** P **159672** Cota (m): **103,0**
Condições de acesso: **Boas**
Proprietário: **CEPSA** Endereço: _____
Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **9**

Características / aparência: **Gasóleo**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **Hidrocarbonetos**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Líquido**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº _____ ecotoxicológica nº _____ Outra nº _____

Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

FICHA DE INVENTÁRIO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

Nº de inventário: **C-9A** Designação: **Central de Camionagem** Tipologia: **Pontual**



Planta de localização



Fotografia

Folha nº: **122** da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m): M **-35204**

P **159672**

Cota (m): **103,0**

Condições de acesso: **Boas**

Proprietário: _____

Endereço: _____

Pessoa de contacto: _____ Nº de telefone: _____

Enquadramento geomorfológico:

Talude: __ Encosta: Linha de água próxima: __ Afastada: __

Distância (m): _____

Enquadramento Geológico e Hidrogeológico:

Carta Geológica: **9-C** Escala: **1/50000**

Carta Hidrogeológica: **Folha 1** Escala: **1/200000**

Unidade geológica e/ou geotécnica: **Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício**

Litologia / grau de alteração: **Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados**

Unidade hidrogeológica: **Rochas metassedimentares**

Armadilha hidrogeológica suposta: **Falha Geologica**

Descrição sucinta da fonte de contaminação:

Tipo (e.g. 1) **44**

Características / aparência: **Suja / Razoável**

Descrição do(s) contaminante(s):

Tipo: **óleos**

Quantidade: _____

Tipo de descarga (e.g. sólido): **Sólido e Líquidos**

Medidas protectoras: _____

Problemas aparentes: _____

Historial de descargas ou incidentes de contaminação: **Não observável**

Área(s) afectada(s) pela contaminação: _____

Esforços de remediação: _____

Amostra para análise: laboratorial nº ____ ecotoxicológica nº ____ Outra nº ____

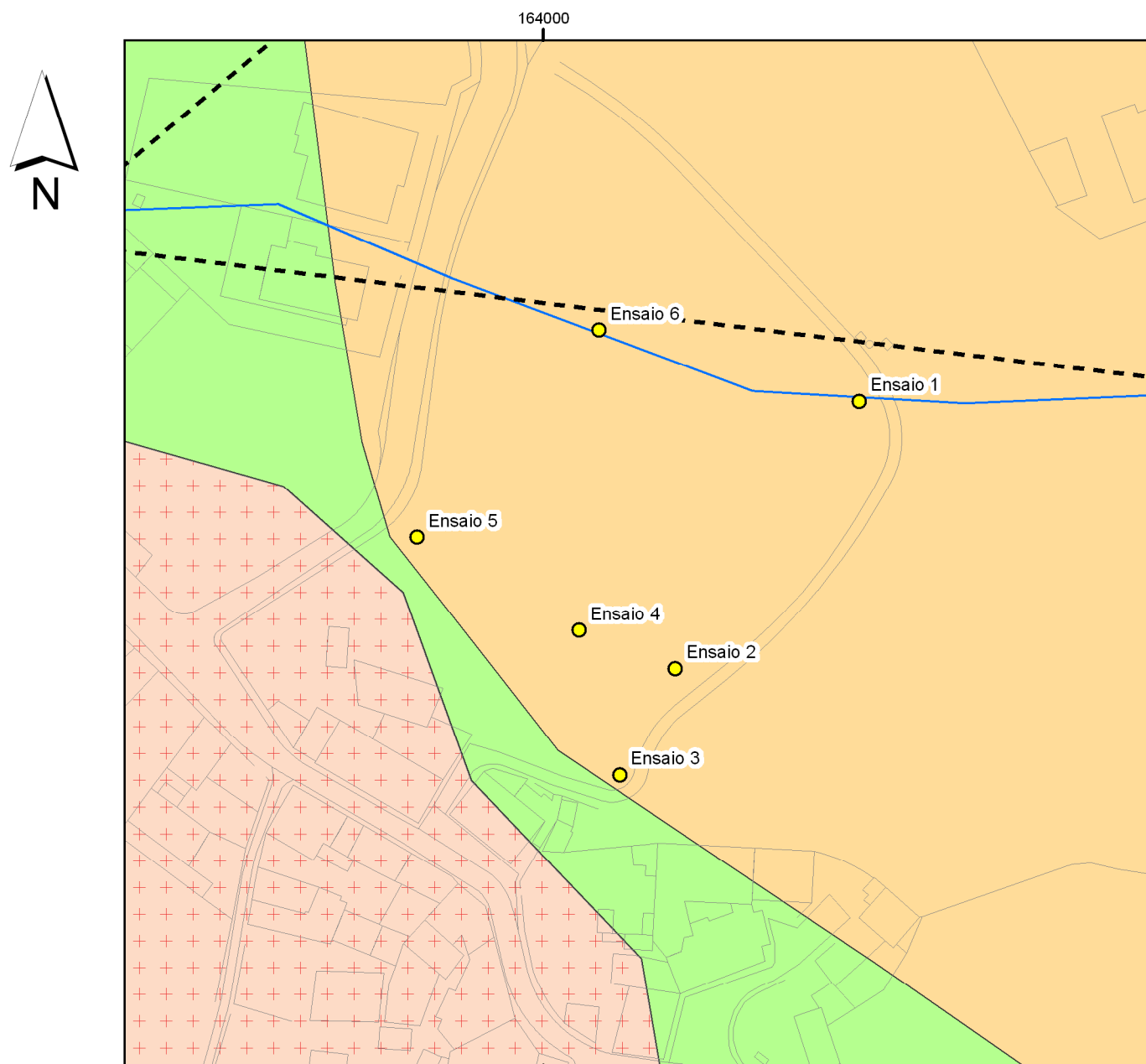
Observações: _____

Elaborado por: **Cosme Manuel Fernandes Teixeira**

Data: **7 Junho 2008**

ANEXO 5

MAPA DE PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA O ESTUDO GRANULOMÉTRICO
DOS SOLOS E DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE “IN SITU”



Sistema de coordenadas: Hayford-Gauss Militar 164000 Base planimétrica: C. M. Gondomar (2000)

Unidades Hidrogeológicas

Depósitos de Cobertura

Depósitos e terraços fluviais

Rochas Metassedimentares

Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados

Ensaio 1 Ensaio 2 Ensaio 3 Ensaio 4 Ensaio 5 Ensaio 6

Rochas Graníticas

Granito de grão grosseiro a médio

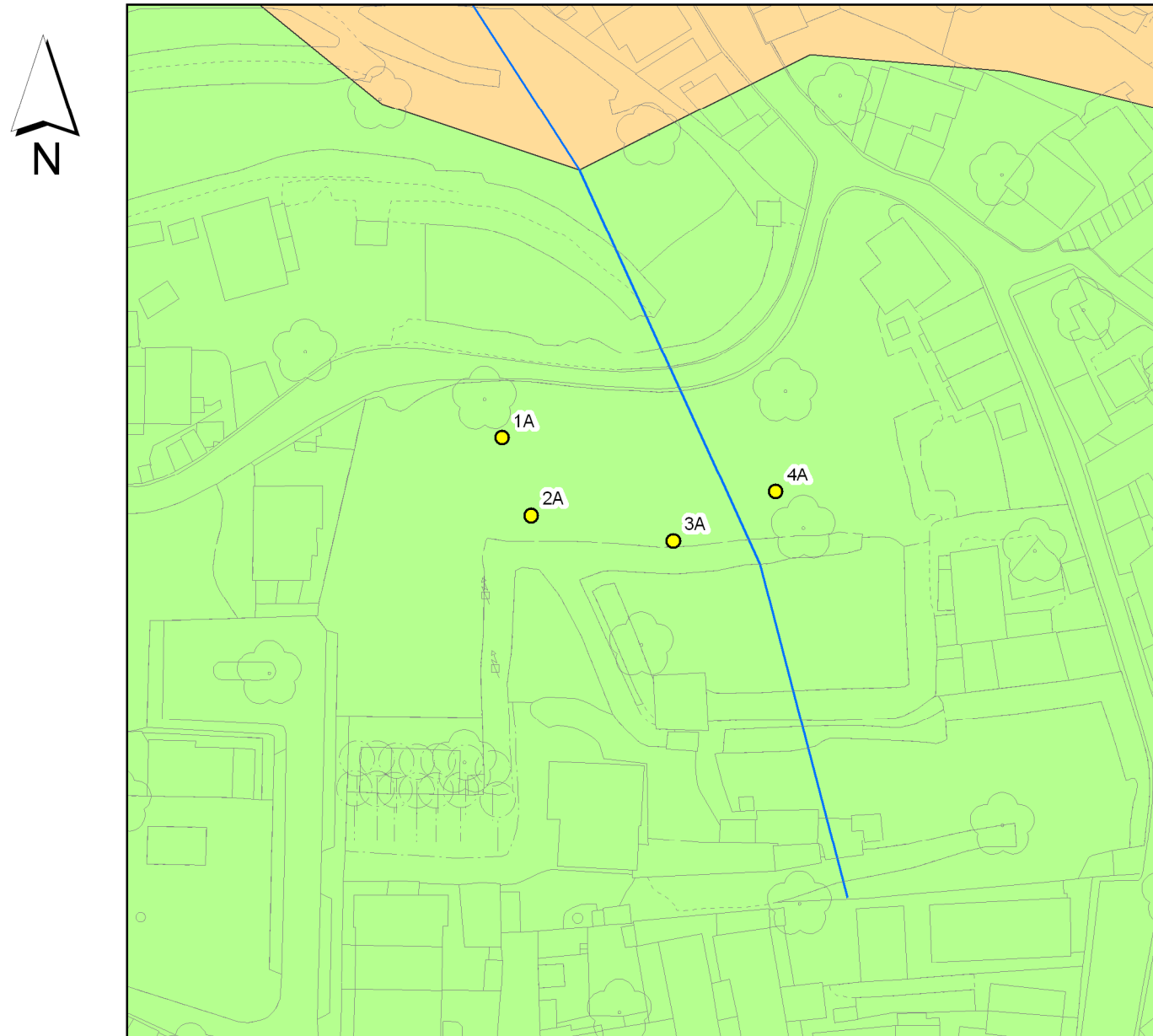
Lineamentos tectónicos foto-interpretados

0 25 50 m

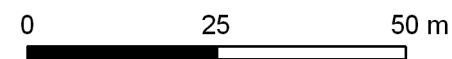


0 25 50 m

ISEP		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP	
Autor: Cosme Teixeira	Rev.: HIC-MJA	Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos	
Escala: 1:1000	Data: 25/06/2008		
Desenho nº: 5	Folha nº: 1/1	Mapa de localização dos pontos de amostragem para o estudo granulométrico dos solos e dos ensaios de permeabilidade "in situ" de Rossamonde	
Versão: Final			




Base planimétrica: C. M. V. N. Gaia (2000)





Unidades Hidrogeológicas

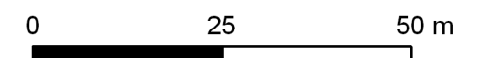
Depósitos de Cobertura


 Depósitos e terraços fluviais

Rochas Metassedimentares

 Micaxistos, xistos, grauvaques e conglomerados - - - Lineamentos tectónicos foto-interpretados

 Ensaios de permeabilidade "in situ" e ensaios granulométricos



 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA, ISEP		Estudo hidrogeológico e hidropedológico das áreas peri-urbanas de Valbom e Avintes: implicações na gestão dos recursos hídricos subterrâneos
Autor: Cosme Teixeira	Rev.: HIC-MJA	
Escala: 1:1000		
Data: 25/06/2008		
Desenho nº: 6	Folha nº: 1/1	Mapa de localização dos pontos de amostragem para o estudo granulométrico dos solos e dos ensaios de permeabilidade "in situ" de Espinhaço
Versão: Final		

ANEXO 6

FICHAS DE REGISTO DE ENSAIOS COM O PERMEÂMETRO DE GUELPH
NAS ÁREAS DE ROSSAMONDE E ESPINHAÇO

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 27-06-07 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 1
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²	<input type="checkbox"/>	

Coordenadas (m): M -35951

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	2.0	-	-
2	1	1	2.0	0	0
3	2	1	2.1	0.10	0.10
4	3	1	2.2	0.10	0.10
5	5	2	2.7	0.50	0.25
6	7	2	3.0	0.30	0.15
7	9	2	3.3	0.30	0.15
8	11	2	3.7	0.40	0.20
9	13	2	4.0	0.30	0.15
10	15	2	4.2	0.20	0.10
11	17	2	4.5	0.30	0.15
12	19	2	4.9	0.40	0.20
13					
14					
15					

P 163281

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	8.1	-	-
2	2	2	9.4	1.3	0.65
3	4	2	10.7	1.3	0.65
4	6	2	11.9	1.2	0.60
5	8	2	13.0	1.1	0.55
6	10	2	14.2	1.2	0.60
7	12	2	15.4	1.2	0.60
8	14	2	16.5	1.1	0.55
9	16	2	17.9	1.4	0.70
10	18	2	19.0	1.1	0.55
11					
12					
13					
14					
15					

Cálculos

R₁ Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = 0.15833 / 60 = 2.638x10⁻³ cm/seg

R₂ Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = 0.59166 / 60 = 9.861x10⁻³ cm/seg

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: K_{sc1} = 0.003007 x (X ou Y) x R₁ = 2.794x10⁻⁴ cm/seg

H = 10 cm: K_{sc2} = 0.001535 x (X ou Y) x R₂ = 5.331x10⁻⁴ cm/seg

K_{sc} média = 4.062x10⁻⁴ cm/seg

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 27-06-07 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados X: 35.22 cm² **Ensaio: 2**

Reservatório interno Y: 2.15 cm²

Coordenadas (m): M -35980

P 163239

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.8	-	-
2	2	2	2.1	0.3	0.15
3	4	2	2.4	0.3	0.15
4	6	2	2.6	0.2	0.10
5	8	2	2.9	0.3	0.15
6	10	2	3.0	0.1	0.05
7	12	2	3.2	0.2	0.10
8	14	2	3.4	0.2	0.10
9	16	2	3.7	0.3	0.15
10	18	2	4.0	0.3	0.15
11	20	2	4.2	0.2	0.10
12	22	2	4.4	0.2	0.10
13					
14					
15					

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	7.5	-	-
2	2	2	7.9	0.4	0.20
3	4	2	8.8	0.9	0.45
4	6	2	9.4	0.6	0.30
5	8	2	10.1	0.7	0.35
6	10	2	10.7	0.6	0.30
7	12	2	11.4	0.7	0.35
8	14	2	12.1	0.5	0.25
9	16	2	12.9	0.8	0.40
10	18	2	13.5	0.6	0.30
11	20	2	14.1	0.6	0.30
12					
13					
14					
15					

Cálculos

R_1 Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = 0.11666 / 60 = 1.944x10⁻³ cm/seg

R_2 Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = 0.31250 / 60 = 5.208x10⁻³ cm/seg

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: $K_{sc1} = 0.003007 \times (X \text{ ou } Y) \times R_1 = 2.059 \times 10^{-4}$ cm/seg

H = 10 cm: $K_{sc2} = 0.001535 \times (X \text{ ou } Y) \times R_2 = 2.815 \times 10^{-4}$ cm/seg

K_{sc} média = 2.437x10⁻⁴ cm/seg

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 27-06-07 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 3
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²		

Coordenadas (m): M -35988

P 163222

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Variação no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.8	-	-
2	2	2	2.3	0.5	0.25
3	4	2	2.7	0.4	0.20
4	6	2	3.0	0.3	0.15
5	8	2	3.5	0.5	0.25
6	10	2	3.9	0.4	0.20
7	12	2	4.4	0.5	0.25
8	14	2	4.8	0.4	0.20
9	16	2	5.2	0.4	0.20
10	18	2	6.4	0.6	0.30
11	20	2	6.1	0.3	0.15
12					
13					
14					
15					

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Variação no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	9.5	-	-
2	2	2	10.2	0.5	0.25
3	4	2	11.0	0.8	0.40
4	6	2	11.8	0.8	0.40
5	8	2	12.6	0.8	0.40
6	10	2	13.4	0.8	0.40
7	12	2	14.1	0.7	0.35
8	14	2	14.9	0.8	0.40
9	16	2	15.7	0.8	0.40
10	18	2	16.6	0.9	0.45
11	20	2	17.4	0.8	0.40
12					
13					
14					
15					

Cálculos

$$R_1 \quad \text{Taxa estável do fluxo da Tabela 1} \quad = \quad 0.21666 / 60 = \quad 3.611 \times 10^{-3} \quad \text{cm/seg}$$

$$R_2 \quad \text{Taxa estável do fluxo da Tabela 2} \quad = \quad 0.41666 / 60 = \quad 6.944 \times 10^{-3} \quad \text{cm/seg}$$

Condutividade hidráulica saturada de campo

$$H = 5 \text{ cm: } K_{sc1} = 0.003007 \times (X \text{ ou } Y) \times R_1 \quad = \quad 3.824 \times 10^{-4} \quad \text{cm/seg}$$

$$H = 10 \text{ cm: } K_{sc2} = 0.001535 \times (X \text{ ou } Y) \times R_2 \quad = \quad 3.754 \times 10^{-4} \quad \text{cm/seg}$$

$$K_{sc} \text{ média} \quad = \quad 3.789 \times 10^{-4} \quad \text{cm/seg}$$

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 27-06-07 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 4
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²		

Coordenadas (m): M -35995

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Variação no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.7	-	-
2	2	2	2.2	0.5	0.25
3	4	2	2.4	0.2	0.10
4	6	2	2.6	0.2	0.10
5	8	2	2.9	0.3	0.15
6	10	2	3.2	0.3	0.15
7	12	2	3.4	0.2	0.10
8	14	2	3.6	0.2	0.10
9	16	2	3.8	0.2	0.10
10					
11					
12					
13					
14					
15					

P 163245

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Variação no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	7.0	-	-
2	2	2	7.6	0.6	0.30
3	4	2	8.7	0.9	0.45
4	6	2	9.6	0.9	0.45
5	8	2	10.5	0.9	0.45
6	10	2	11.4	0.9	0.45
7	12	2	12.4	1.0	0.50
8	14	2	13.3	0.9	0.45
9	16	2	14.3	1.0	0.50
10	18	2	15.2	0.9	0.45
11	20	2	16.1	0.9	0.45
12					
13					
14					
15					

Cálculos

R₁ Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = 0.10000 / 60 = 1.666x10⁻³ **cm/seg**

R₂ Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = 0.46250 / 60 = 7.708x10⁻³ **cm/seg**

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: K_{sc1} = 0.003007 x (X ou Y) x R₁ = 1.765x10⁻⁴ **cm/seg**

H = 10 cm: K_{sc2} = 0.001535 x (X ou Y) x R₂ = 4.167x10⁻⁴ **cm/seg**

K_{sc} média = 2.966x10⁻⁴ **cm/seg**

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 27-06-07 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 5
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²	<input type="checkbox"/>	

Coordenadas (m): M -36020

P 163260

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.5	-	-
2	2	2	2.1	0.6	0.30
3	4	2	2.7	0.6	0.30
4	6	2	3.1	0.4	0.20
5	8	2	3.7	0.6	0.30
6	10	2	4.2	0.5	0.25
7	12	2	4.7	0.5	0.25
8	14	2	5.3	0.6	0.30
9	16	2	5.8	0.5	0.25
10	18	2	6.3	0.5	0.25
11					
12					
13					
14					
15					

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	10.0	-	-
2	2	2	12.1	2.1	1.05
3	4	2	13.9	1.8	0.90
4	6	2	15.7	1.8	0.90
5	8	2	17.6	1.9	0.95
6	10	2	19.2	1.6	0.80
7	12	2	20.8	1.6	0.80
8	14	2	22.7	1.9	0.95
9	16	2	24.2	1.5	0.75
10	18	2	25.9	1.7	0.85
11	20	2	27.5	1.6	0.80
12					
13					
14					
15					

Cálculos

R₁ Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = 0.26666 / 60 = 4.444x10⁻³ cm/seg

R₂ Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = 0.80000 / 60 = 1.333x10⁻³ cm/seg

Conductividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: K_{sc1} = 0.003007 x (X ou Y) x R₁ = 4.707x10⁻⁴ cm/seg

H = 10 cm: K_{sc2} = 0.001535 x (X ou Y) x R₂ = 7.208x10⁻⁴ cm/seg

K_{sc} média = 5.957x10⁻⁴ cm/seg

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 27-06-07 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 6
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²	<input type="checkbox"/>	

Coordenadas (m): M -35992

P 163293

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.5	-	-
2	2	2	2.1	0.6	0.30
3	4	2	2.5	0.4	0.20
4	6	2	2.8	0.3	0.15
5	8	2	3.1	0.3	0.15
6	10	2	3.5	0.4	0.20
7	12	2	4.1	0.6	0.15
8	14	2	4.5	0.4	0.20
9	16	2	4.8	0.3	0.15
10	18	2	5.1	0.3	0.15
11					
12					
13					
14					
15					

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	8.4	-	-
2	2	2	9.3	0.9	0.45
3	4	2	10.4	1.1	0.55
4	6	2	11.6	1.2	0.60
5	8	2	12.8	1.2	0.60
6	10	2	14.0	1.2	0.60
7	12	2	15.3	1.3	0.65
8	14	2	16.5	1.2	0.60
9	16	2	17.8	1.3	0.65
10	18	2	18.9	1.1	0.55
11					
12					
13					
14					
15					

Cálculos

R₁ Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = 0.16666 / 60 = 2.777x10⁻³ cm/seg

R₂ Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = 0.60000 / 60 = 1.0x10⁻² cm/seg

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: K_{sc1} = 0.003007 x (X ou Y) x R₁ = 2.941x10⁻⁴ cm/seg

H = 10 cm: K_{sc2} = 0.001535 x (X ou Y) x R₂ = 5.406x10⁻⁴ cm/seg

K_{sc} média = 4.173x10⁻⁴ cm/seg

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 07-06-08 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 1A
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²	<input type="checkbox"/>	

Coordenadas (m): M -35066

P 161161

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.7	-	-
2	1	1	1.8	0.10	0.10
3	2	1	1.8	0.10	0.10
4	4	2	2.0	0.20	0.10
5	6	2	2.2	0.20	0.10
6	8	2	2.4	0.20	0.10
7	10	2	2.6	0.20	0.10
8	12	2	2.8	0.20	0.10
9	14	2	3.1	0.30	0.15
10	16	2	3.3	0.20	0.10
11	18	2	3.5	0.20	0.10
12	20	2	3.7	0.20	0.10
13					
14					
15					

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	7.1	-	-
2	2	2	7.5	0.4	0.20
3	4	2	8.1	0.6	0.30
4	6	2	8.6	0.5	0.25
5	8	2	9.2	0.4	0.20
6	10	2	9.6	0.4	0.20
7	12	2	10.2	0.6	0.30
8	14	2	10.7	0.5	0.25
9	16	2	11.2	0.5	0.25
10	18	2	11.7	0.5	0.25
11	20	2	12.2	0.5	0.25
12					
13					
14					
15					

Cálculos

R_1 Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = $0.10000 / 60 = 1.666 \times 10^{-3}$ cm/seg

R_2 Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = $0.25000 / 60 = 4.166 \times 10^{-3}$ cm/seg

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: $K_{sc1} = 0.003007 \times (X \text{ ou } Y) \times R_1 = 1.765 \times 10^{-4}$ cm/seg

H = 10 cm: $K_{sc2} = 0.001535 \times (X \text{ ou } Y) \times R_2 = 2.252 \times 10^{-4}$ cm/seg

K_{sc} média = 2.0088×10^{-4} cm/seg

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 07-06-08 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 2A
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²	<input type="checkbox"/>	

Coordenadas (m): M -35061

P 161148

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.7	-	-
2	2	2	2.1	0.4	0.20
3	4	2	2.5	0.4	0.20
4	6	2	2.8	0.3	0.15
5	8	2	3.2	0.4	0.20
6	10	2	3.6	0.4	0.20
7	12	2	3.8	0.2	0.10
8	14	2	4.2	0.4	0.20
9	16	2	4.6	0.4	0.20
10	18	2	5.0	0.4	0.20
11	20	2	5.4	0.4	0.20
12					
13					
14					
15					

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	9.2	-	-
2	2	2	10.4	1.2	0.60
3	4	2	11.6	1.2	0.60
4	6	2	12.9	1.3	0.65
5	8	2	14.0	1.1	0.55
6	10	2	15.1	1.1	0.55
7	12	2	16.3	1.2	0.60
8	14	2	17.6	1.3	0.65
9	16	2	18.7	1.1	0.55
10	18	2	19.9	1.2	0.60
11	20	2	21.1	1.2	0.60
12	22	2	22.3	1.2	0.60
13					
14					
15					

Cálculos

R_1 Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = $0.20000 / 60 = 3.333 \times 10^{-3}$ cm/seg

R_2 Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = $0.60000 / 60 = 1.000 \times 10^{-2}$ cm/seg

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: $K_{sc1} = 0.003007 \times (X \text{ ou } Y) \times R_1 = 3.530 \times 10^{-4}$ cm/seg

H = 10 cm: $K_{sc2} = 0.001535 \times (X \text{ ou } Y) \times R_2 = 5.406 \times 10^{-4}$ cm/seg

K_{sc} média = 4.468×10^{-4} cm/seg

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 07-06-08 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 3A
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²	<input type="checkbox"/>	

Coordenadas (m): M -35039

P 161144

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	2.5	-	-
2	2	2	3.6	1.1	0.55
3	4	2	4.5	0.9	0.45
4	6	2	5.5	1.0	0.50
5	8	2	6.6	1.1	0.55
6	10	2	7.5	0.9	0.45
7	12	2	8.5	1.0	0.50
8	14	2	9.5	1.0	0.50
9	16	2	10.5	1.0	0.50
10	18	2	11.3	0.8	0.40
11	20	2	12.3	1.0	0.50
12	22	2	13.4	1.1	0.55
13	24	2	14.4	1.0	0.50
14	26	2	15.4	1.0	0.50
15	28	2	16.4	1.0	0.50

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	21,0	-	-
2	2	2	22.3	1.2	0.60
3	4	2	24.0	1.7	0.85
4	6	2	25,6	1.6	0.80
5	8	2	27.3	1.7	0.85
6	10	2	29.0	1.7	0.85
7	12	2	30.7	1.7	0.85
8	14	2	32.3	1.6	0.80
9	16	2	34.2	1.9	0.95
10	18	2	36.0	1.8	0.90
11	20	2	37.8	1.8	0.90
12	22	2	39.6	1.8	0.90
13					
14					
15					

Cálculos

R₁ Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = 0.50000 / 60 = 8.333x10⁻³ cm/seg

R₂ Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = 0.90000 / 60 = 1.500x10⁻² cm/seg

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: K_{sc1} = 0.003007 x (X ou Y) x R₁ = 8.826x10⁻⁴ cm/seg

H = 10 cm: K_{sc2} = 0.001535 x (X ou Y) x R₂ = 8.109x10⁻⁴ cm/seg

K_{sc} média = 8.468x10⁻⁴ cm/seg

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph

Data: 07-06-08 **Investigador:** Cosme Teixeira **Profundidade do orifício:** 15cm

Nota: o raio padrão é de 3.0cm

Constantes do reservatório

Reservatórios combinados	X: 35.22 cm ²	<input checked="" type="checkbox"/>	Ensaio: 4A
Reservatório interno	Y: 2.15 cm ²	<input type="checkbox"/>	

Coordenadas (m): M -35023

P 161152

Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	1.9	-	-
2	2	2	2.3	0.4	0.20
3	4	2	2.7	0.4	0.20
4	6	2	3.2	0.5	0.25
5	8	2	3.9	0.7	0.35
6	10	2	4.4	0.5	0.25
7	12	2	4.8	0.4	0.20
8	14	2	5.3	0.5	0.25
9	16	2	5.8	0.5	0.25
10	18	2	6.3	0.5	0.25
11	20	2	6.8	0.5	0.25
12					
13					
14					
15					

Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm

Número da Leitura	Tempo (min)	Intervalo De tempo (min)	Nível da água No reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	-	-	10.5	-	-
2	2	2	11.5	1.0	0.50
3	4	2	12.7	1.2	0.60
4	6	2	14.0	1.3	0.65
5	8	2	15.0	1.0	0.50
6	10	2	16.0	1.0	0.50
7	12	2	17.0	1.0	0.50
8	14	2	18.0	1.0	0.50
9	16	2	19.0	1.0	0.50
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Cálculos

R₁ Taxa estável do fluxo da Tabela 1 = 0.25000 / 60 = 4.1666x10⁻³ cm/seg

R₂ Taxa estável do fluxo da Tabela 2 = 0.50000 / 60 = 8.3333x10⁻³ cm/seg

Condutividade hidráulica saturada de campo

H = 5 cm: K_{sc1} = 0.003007 x (X ou Y) x R₁ = 4.4127x10⁻⁴ cm/seg

H = 10 cm: K_{sc2} = 0.001535 x (X ou Y) x R₂ = 4.5052x10⁻⁴ cm/seg

K_{sc} média = 4.4590x10⁻⁴ cm/seg

ANEXO 7

FICHAS DE REGISTO E RESPECTIVAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS
NAS ÁREAS DE ROSSAMONDE E ESPINHAÇO

Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

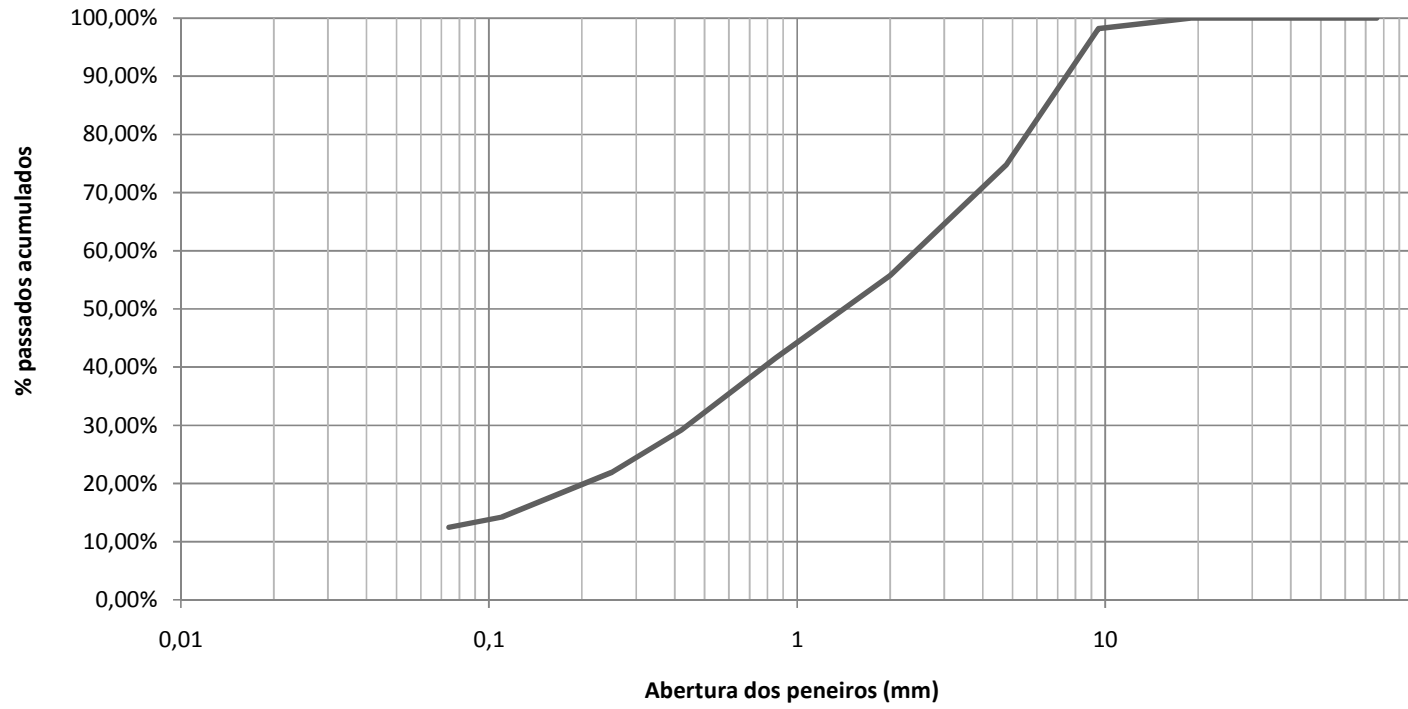
Amostra Nº 1

Massa Total da Amostra (gr)	1204
Massa Retida no Peneiro Nº 10 (gr)	532,5
Massa Passada no Peneiro Nº 10 (gr)	541,08
Massa de Água (gr)	130,42

Fracção Retida no Peneiro Nº 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
76,00		0,00	0,00	0,00	100,00
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		22,00	1,83	1,83	98,17
4,75	4	282,10	23,43	25,26	74,74
2,00	10	228,40	18,97	44,23	55,77
<2,00		671,5			
TOTAL		1204,00			

Fracção Passada no Peneiro Nº 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
0,85	20	170,40	14,15	58,38	41,62
0,42	40	149,70	12,43	70,82	29,18
0,25	60	87,00	7,23	78,04	21,96
0,11	140	92,70	7,70	85,74	14,26
0,07	200	21,20	1,76	87,50	12,50
<0,074		20,08			
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 1



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

Amostra N° 2

Massa Total da Amostra (gr)	1210
-----------------------------	------

Massa Retida no Peneiro N° 10 (gr)	363,2
------------------------------------	-------

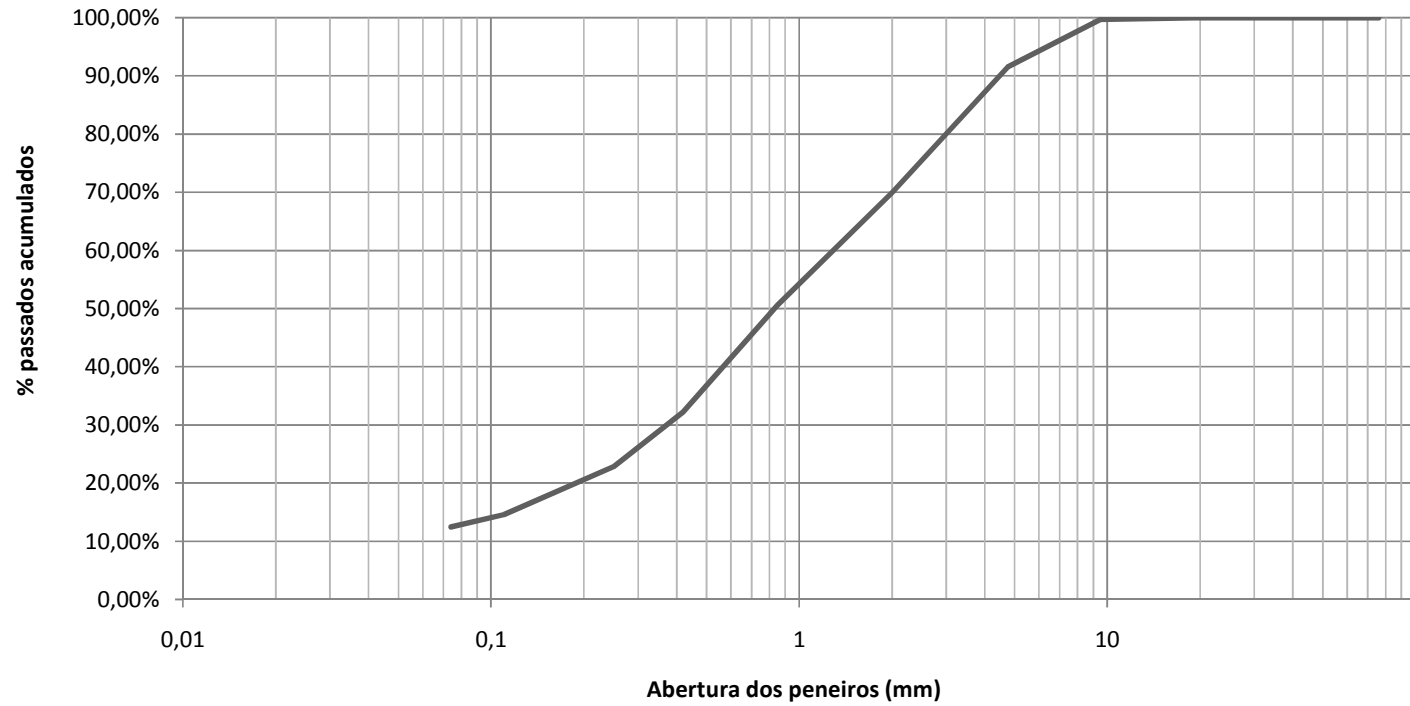
Massa Passada no Peneiro N° 10 (gr)	715,2
-------------------------------------	-------

Massa de Água (gr)	131,6
--------------------	-------

Fracção Retida no Peneiro N° 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
76,00		0,00	0,00	0,00	100,00
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		3,60	0,30	0,30	99,70
4,75	4	98,50	8,14	8,44	91,56
2,00	10	261,10	21,58	30,02	69,98
<2,00		846,8			
TOTAL		1210,00			

Fracção Passada no Peneiro N° 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
0,85	20	233,80	19,32	49,34	50,66
0,42	40	222,70	18,40	67,75	32,25
0,25	60	113,10	9,35	77,09	22,91
0,11	140	100,50	8,31	85,40	14,60
0,07	200	19,70	1,63	87,03	12,97
<0,074		25,40			
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 2



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

Amostra Nº 3

Massa Total da Amostra (gr)	1112
-----------------------------	------

Massa Retida no Peneiro Nº 10 (gr)	264,9
------------------------------------	-------

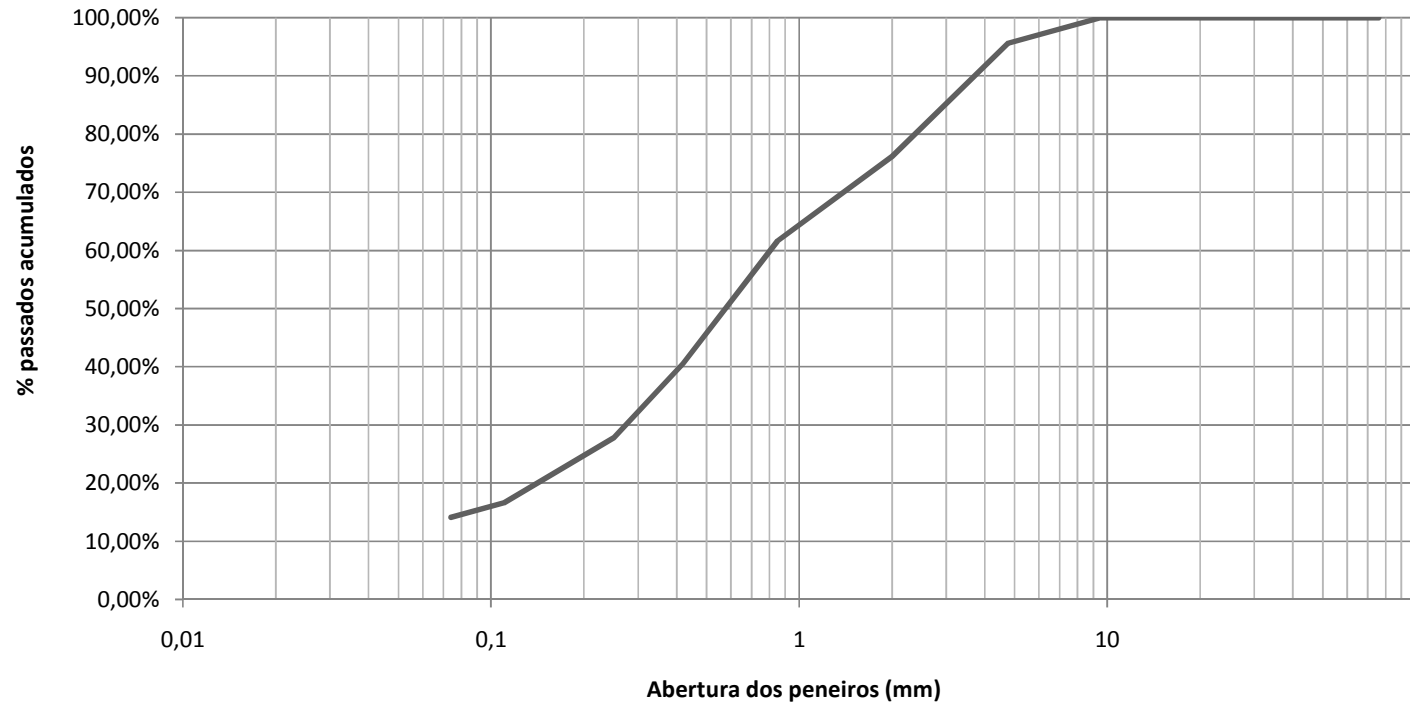
Massa Passada no Peneiro Nº 10 (gr)	719,6
-------------------------------------	-------

Massa de Água (gr)	127,5
--------------------	-------

Fracção Retida no Peneiro Nº 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
76,00		0,00	0,00	0,00	100,00
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	4	48,70	4,38	4,38	95,62
2,00	10	216,20	19,44	23,82	76,18
<2,00		847,1			
TOTAL		1112,00			

Fracção Passada no Peneiro Nº 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
0,85	20	161,70	14,54	38,36	61,64
0,42	40	234,90	21,12	59,49	40,51
0,25	60	141,00	12,68	72,17	27,83
0,11	140	124,90	11,23	83,40	16,60
0,07	200	27,70	2,49	85,89	14,11
<0,074		29,40			
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 3



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

Amostra N° 4

Massa Total da Amostra (gr)	1115
-----------------------------	------

Massa Retida no Peneiro N° 10 (gr)	170,5
------------------------------------	-------

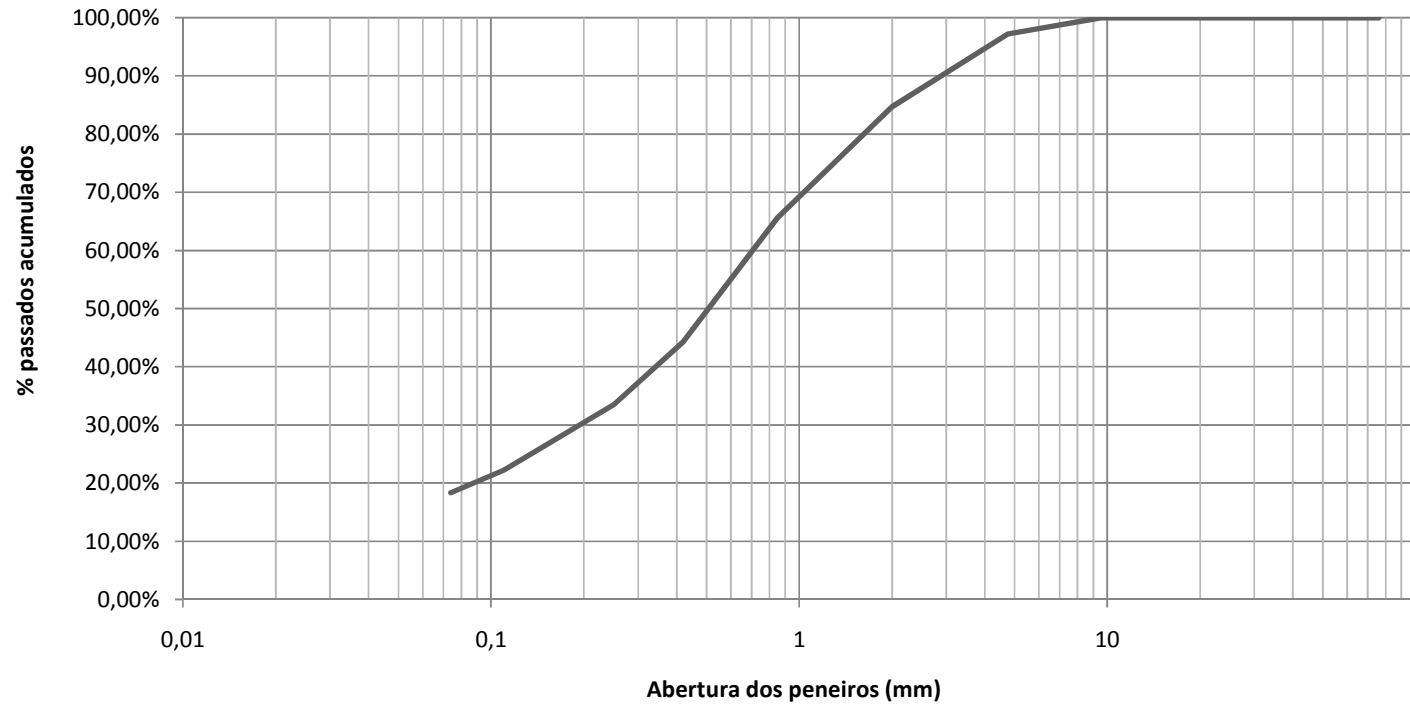
Massa Passada no Peneiro N° 10 (gr)	789,2
-------------------------------------	-------

Massa de Água (gr)	155,3
--------------------	-------

Fracção Retida no Peneiro N° 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
76,00		0,00	0,00	0,00	100,00
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	4	31,00	2,78	2,78	97,22
2,00	10	139,50	12,51	15,29	84,71
<2,00		944,5			
TOTAL		1115,00			

Fracção Passada no Peneiro N° 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
0,85	20	212,60	19,07	34,36	65,64
0,42	40	238,20	21,36	55,72	44,28
0,25	60	119,90	10,75	66,48	33,52
0,11	140	125,70	11,27	77,75	22,25
0,07	200	43,00	3,86	81,61	18,39
<0,074		49,80			
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 4



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

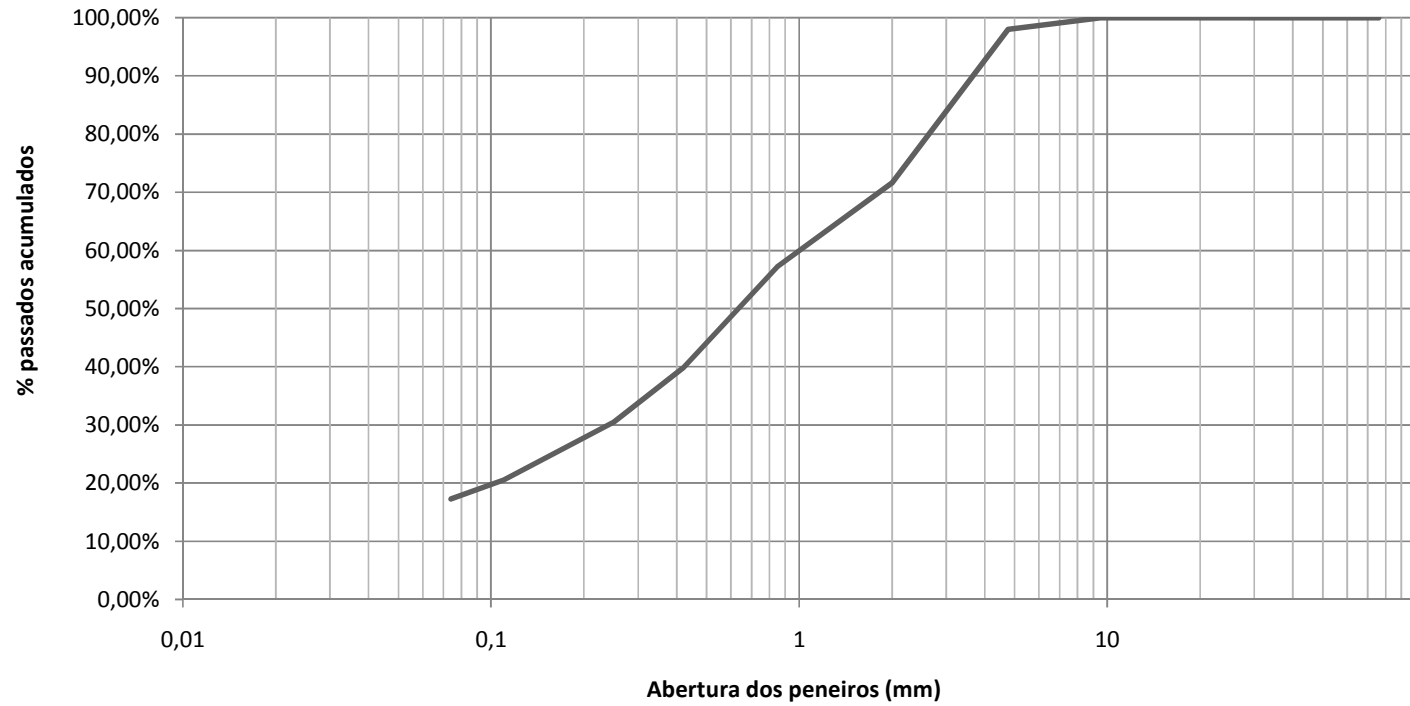
Amostra N° 5

Massa Total da Amostra (gr)	1110
Massa Retida no Peneiro N° 10 (gr)	315
Massa Passada no Peneiro N° 10 (gr)	643,7
Massa de Água (gr)	151,3

Fracção Retida no Peneiro N° 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
76,00		0,00	0,00	0,00	100,00
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	4	22,30	2,01	2,01	97,99
2,00	10	292,70	26,37	28,38	71,62
<2,00		795			
TOTAL		1110,00			

Fracção Passada no Peneiro N° 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
0,85	20	159,50	14,37	42,75	57,25
0,42	40	193,50	17,43	60,18	39,82
0,25	60	103,20	9,30	69,48	30,52
0,11	140	110,80	9,98	79,46	20,54
0,07	200	36,10	3,25	82,71	17,29
<0,074		40,60			
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 5



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

Amostra N° 6

Massa Total da Amostra (gr)	1116
-----------------------------	------

Massa Retida no Peneiro N° 10 (gr)	252,2
------------------------------------	-------

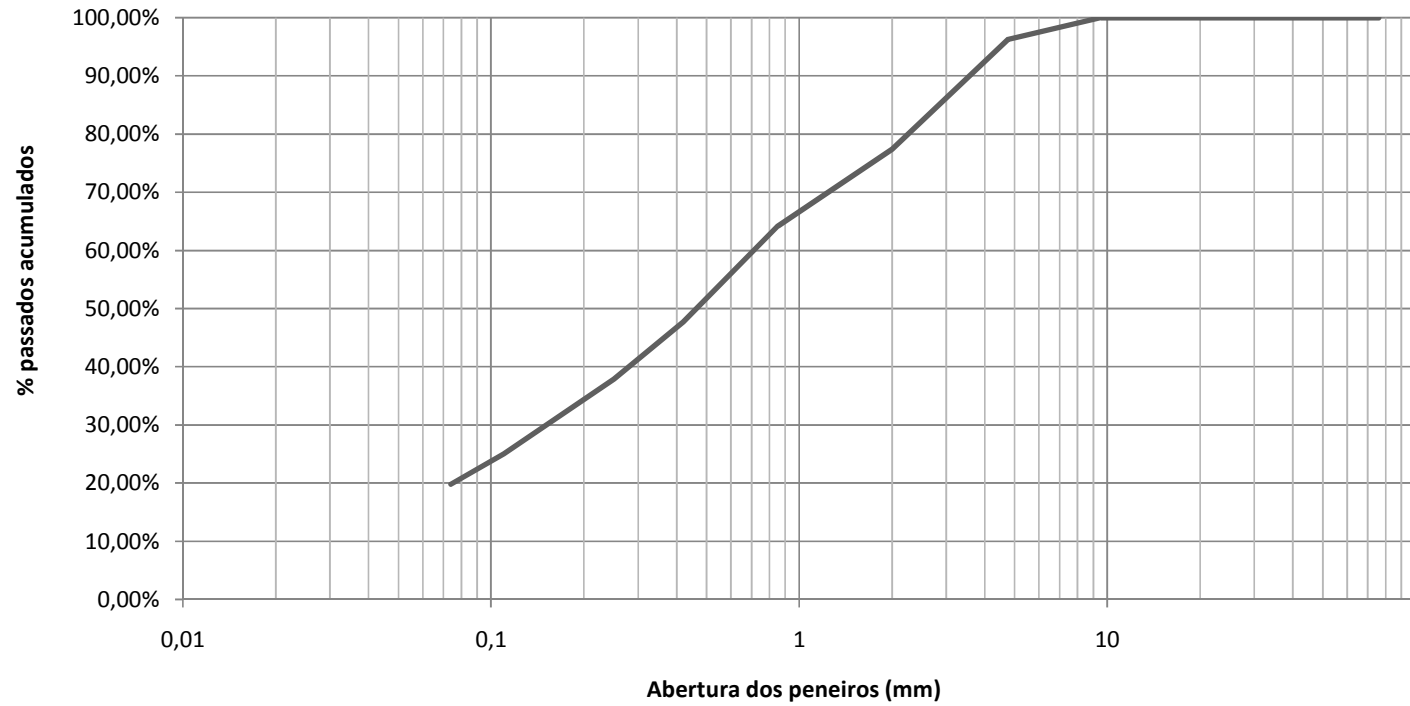
Massa Passada no Peneiro N° 10 (gr)	715,5
-------------------------------------	-------

Massa de Água (gr)	148,3
--------------------	-------

Fracção Retida no Peneiro N° 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
76,00		0,00	0,00	0,00	100,00
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	4	41,70	3,74	3,74	96,26
2,00	10	210,50	18,86	22,60	77,40
<2,00		863,8			
TOTAL		1116,00			

Fracção Passada no Peneiro N° 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
0,85	20	147,80	13,24	35,84	64,16
0,42	40	183,90	16,48	52,32	47,68
0,25	60	108,80	9,75	62,07	37,93
0,11	140	143,60	12,87	74,94	25,06
0,07	200	58,30	5,22	80,16	19,84
<0,074		73,10			
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 6



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

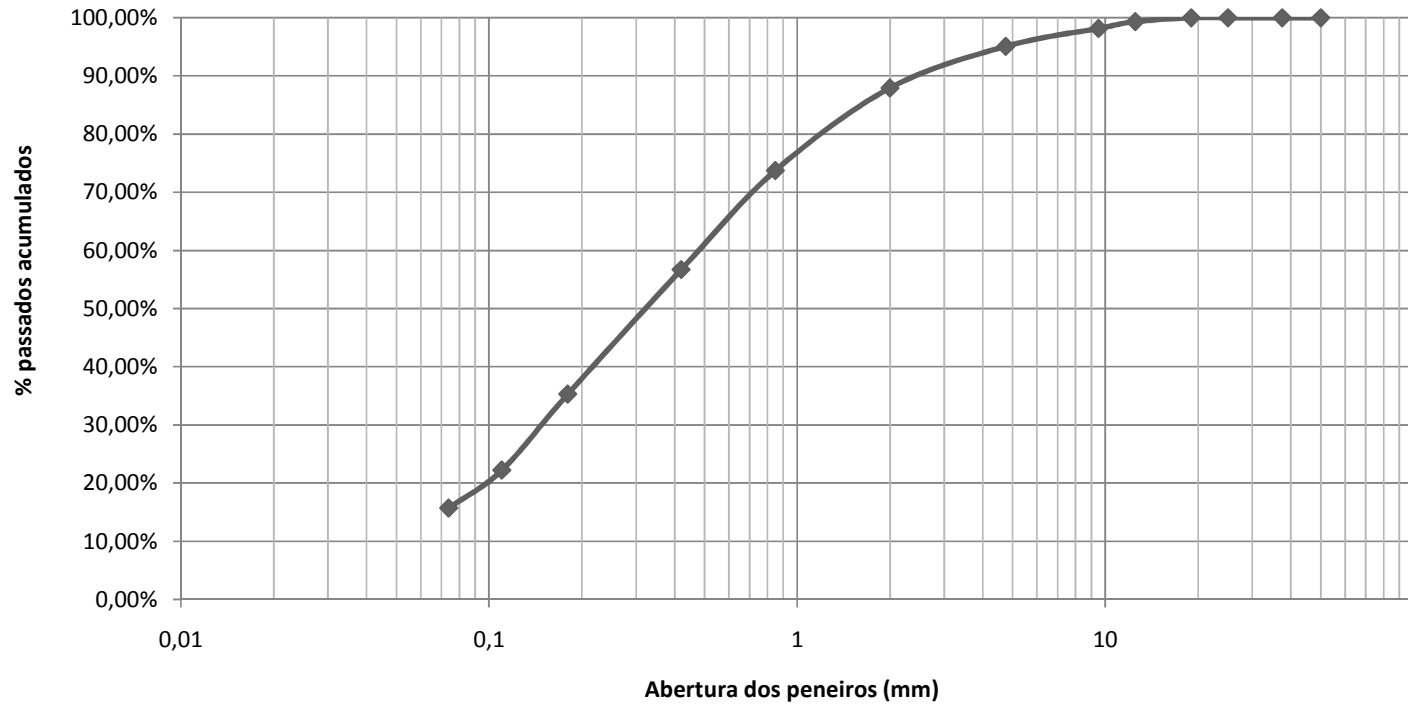
Amostra Nº 1A

Massa Total da Amostra (gr)	1691
Massa Retida no Peneiro Nº 10 (gr)	205
Massa Passada no Peneiro Nº 10 (gr)	1331
Massa de Água (gr)	155

Fracção Retida no Peneiro Nº 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
12,50		11,00	0,65	0,65	99,35
9,50		21,00	1,24	1,83	98,17
4,75	4	52,00	3,08	4,91	95,09
2,00	10	121,00	7,16	12,06	87,94
<2,00		1331,00			
TOTAL		1536,00			

Fracção Passada no Peneiro Nº 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
0,85	20	240,00	14,19	26,25	73,75
0,42	40	288,00	17,03	43,28	56,72
0,18	80	362,00	21,41	64,69	35,31
0,11	140	221,00	13,07	77,76	22,24
0,07	200	110,00	6,51	84,27	15,73
<0,074		110,00			
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 1A



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

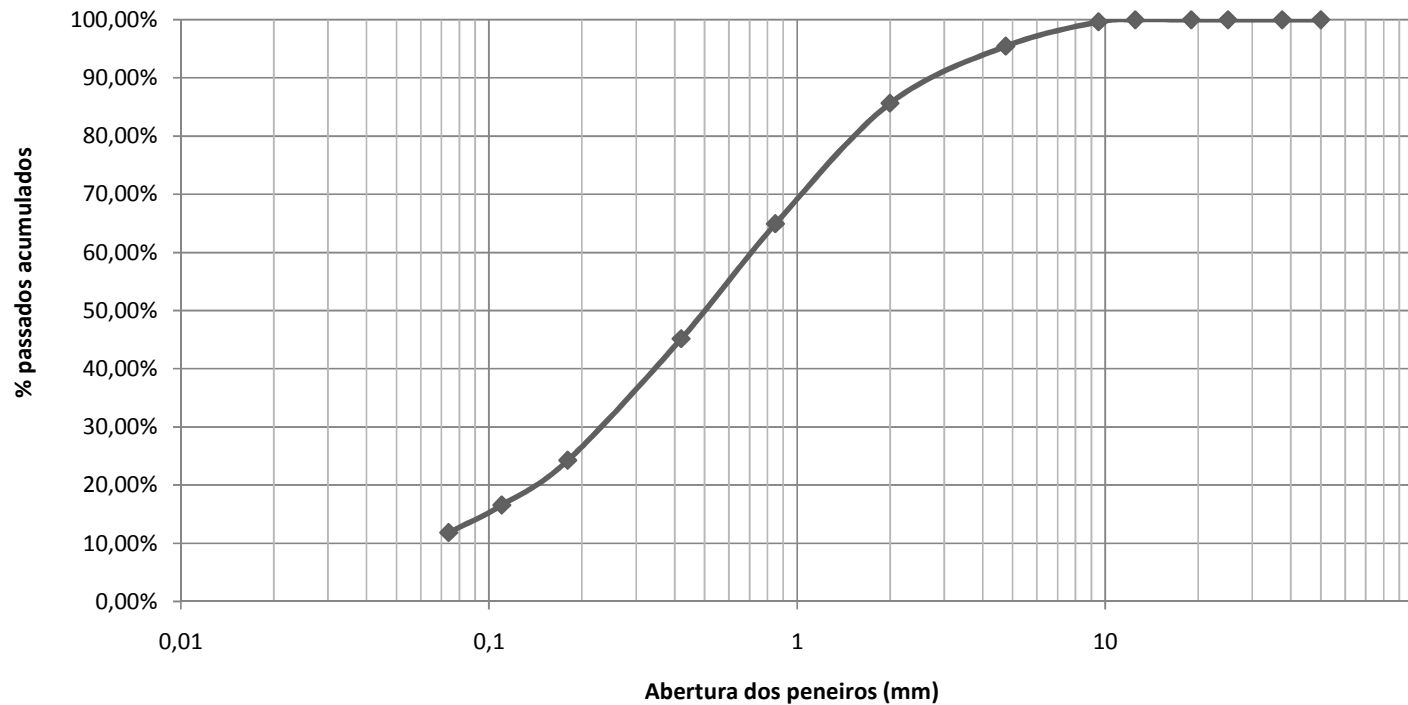
Amostra Nº 2A

Massa Total da Amostra (gr)	1675
Massa Retida no Peneiro Nº 10 (gr)	240
Massa Passada no Peneiro Nº 10 (gr)	1303
Massa de Água (gr)	132

Fracção Retida no Peneiro Nº 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
12,50		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		6,00	0,36	0,36	99,64
4,75	4	70,00	4,18	4,54	95,46
2,00	10	164,00	9,79	14,33	85,67
<2,00		1303,00			
TOTAL		1543,00			

Fracção Passada no Peneiro Nº 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
0,85	20	347,00	20,72	35,05	64,95
0,42	40	331,00	19,76	54,81	45,19
0,18	80	350,00	20,90	75,70	24,30
0,11	140	129,00	7,70	83,40	16,60
0,07	200	79,00	4,72	88,12	11,88
<0,074		67,00	4,00		
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 2A



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

Amostra Nº 3A

Massa Total da Amostra (gr)	2269
-----------------------------	------

Massa Retida no Peneiro Nº 10 (gr)	769
------------------------------------	-----

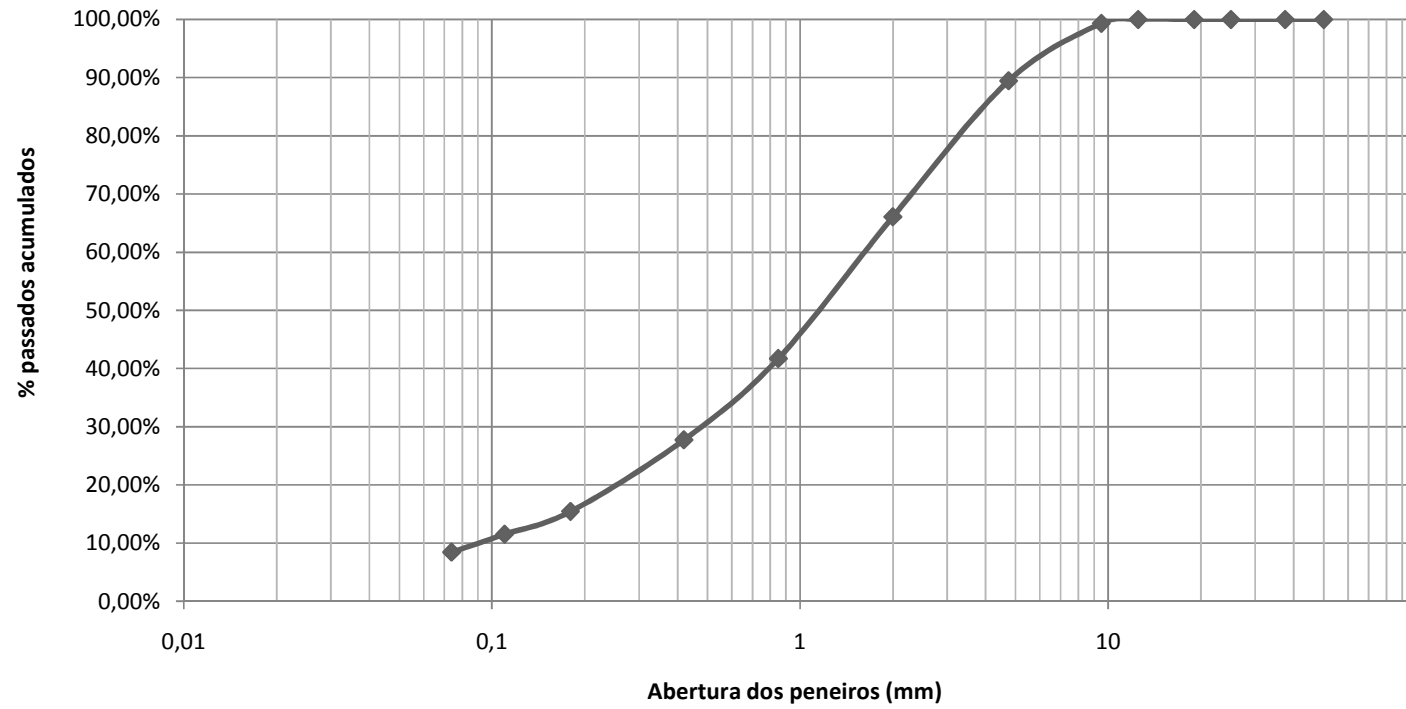
Massa Passada no Peneiro Nº 10 (gr)	1353
-------------------------------------	------

Massa de Água (gr)	147
--------------------	-----

Fracção Retida no Peneiro Nº 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
12,50		0,00	0,00	0,00	100,00
9,50		15,00	0,66	0,66	99,34
4,75	4	224,00	9,87	10,53	89,47
2,00	10	530,00	23,36	33,89	66,11
<2,00		1353,00			
TOTAL		2122,00			

Fracção Passada no Peneiro Nº 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	Nº				
0,85	20	553,00	24,37	58,26	41,74
0,42	40	317,00	13,97	72,23	27,77
0,18	80	279,00	12,30	84,53	15,47
0,11	140	89,00	3,92	88,45	11,55
0,07	200	70,00	3,09	91,54	8,46
<0,074		45,00	1,98		
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 3A



Análise Granulométrica por Peneiração

E 239 - 1970

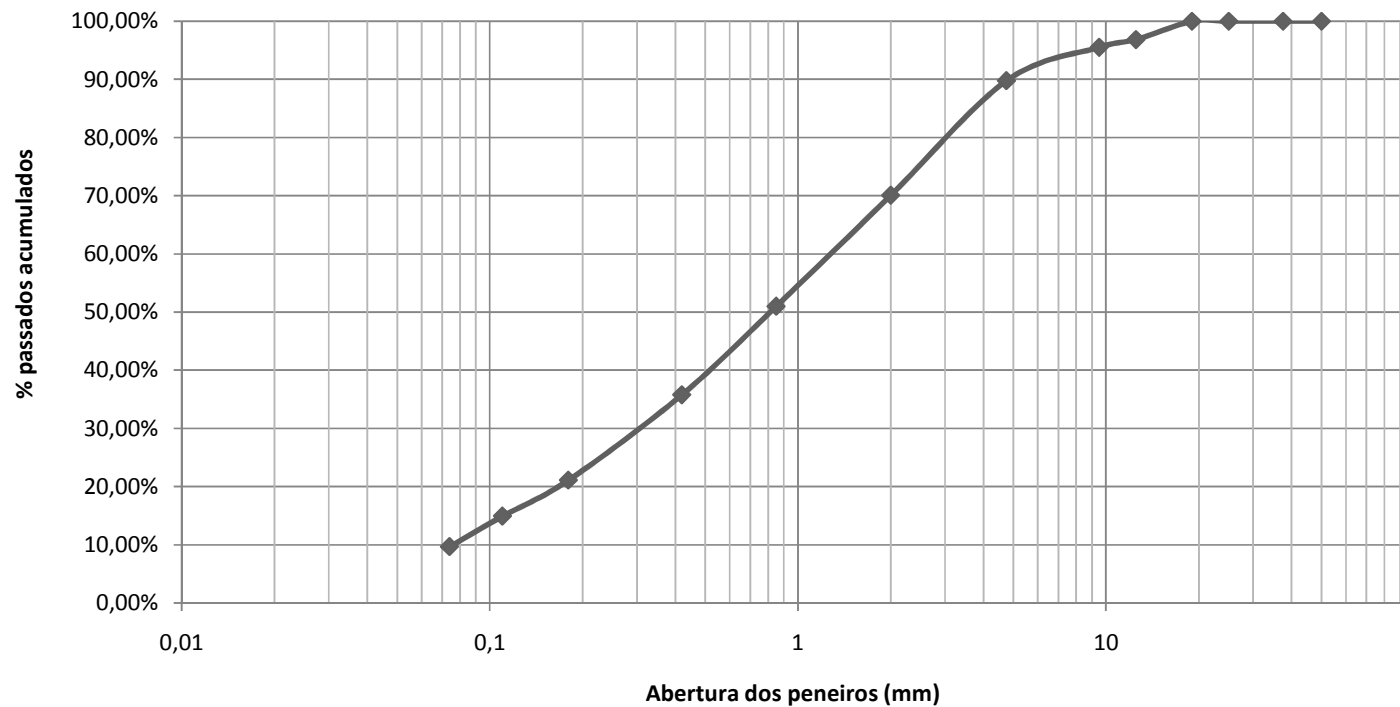
Amostra N° 4A

Massa Total da Amostra (gr)	2037
Massa Retida no Peneiro N° 10 (gr)	609
Massa Passada no Peneiro N° 10 (gr)	1289
Massa de Água (gr)	139

Fracção Retida no Peneiro N° 10 (2.00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
50,00		0,00	0,00	0,00	100,00
37,50		0,00	0,00	0,00	100,00
25,00		0,00	0,00	0,00	100,00
19,00		0,00	0,00	0,00	100,00
12,50		64,00	3,14	3,14	96,86
9,50		27,00	1,33	4,47	95,53
4,75	4	117,00	5,74	10,21	89,79
2,00	10	401,00	19,69	29,90	70,10
<2,00		1289,00			
TOTAL		1898,00			

Fracção Passada no Peneiro N° 10 (2,00 mm)					
Peneiros		Massa retida (gr)	% retida	% acumulada retida	% acumulada passada
mm	N°				
0,85	20	389,00	19,10	49,00	51,00
0,42	40	310,00	15,22	64,21	35,79
0,18	80	299,00	14,68	78,89	21,11
0,11	140	126,00	6,19	85,08	14,92
0,07	200	107,00	5,25	90,33	9,67
<0,074		58,00	2,85		
TOTAL					

Curva Granulométrica da Amostra 4A



ANEXO 8

ASPECTOS DO TRABALHO DE CAMPO

