UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITECTURA

PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO HUMANO EM ZONAS DE MONTANHA CASO DE ESTUDO DA CIDADE DA COVILHÃ

Eric Mendes

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Geotecnia Ambiental

Covilhã
Dezembro de 2006

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITECTURA

PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO HUMANO EM ZONAS DE MONTANHA CASO DE ESTUDO DA CIDADE DA COVILHÃ

Eric Mendes

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Geotecnia Ambiental

Dissertação realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Manuel Ferreira Gomes do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura da Universidade da Beira Interior e co-orientação da Professora Doutora Maria Teresa Condesso de Melo do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

Covilhã
Dezembro de 2006

À minha mãe

AGRADECIMENTOS

Quero deixar aqui os meus mais sinceros agradecimentos e reconhecer com a mais profunda gratidão a todas as pessoas e entidades que contribuíram para a elaboração deste trabalho e em particular:

- ao Prof. Doutor Luís Manuel Ferreira Gomes, do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura da Universidade da Beira Interior (UBI), pela orientação desta dissertação, pelos incansáveis incentivos, bem como pela enorme disponibilidade e paciência demonstrada nas "discussões" e esclarecimentos sobre a matéria em estudo. À confiança que depositou em mim e ao magnífico espírito de trabalho que dinamizou, bem como pela amizade demonstrada ao longo destes últimos anos;

- à Prof.ª Doutora Maria Teresa Condesso de Melo, do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, co-orientadora, pela oportunidade das suas sugestões e aos apoios dispensados para a elaboração desta dissertação;

- ao Técnico Joaquim Manuel Varandas, do Grupo de Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura da UBI, pelo seu incansável apoio e companheirismo, sempre muito intenso, demonstrado nas inúmeras saídas de campo realizadas;

- à empresa municipal Águas da Covilhã (ADC), que concedeu o apoio financeiro no âmbito do protocolo instituído com a UBI, bem como as facilidades na utilização de todo o material indispensável para a realização deste estudo, permitindo-me referir em especial o Sr. Administrador-Delegado Eng. Leopoldo Soares Santos e ainda o Sr. Director de Departamento do Ambiente Eng. Francisco Manuel Riscado dos Santos pelos valiosos e importantes contributos.

- a todos quantos, de algum modo, contribuíram para a concretização deste trabalho (amigos, colegas, funcionários da UBI e funcionários da ADC) e que aqui não foram referidos, o autor agradece a atenção e dedicação de que foi alvo.

RESUMO

Sendo as captações do tipo minas, drenos, furos semi-horizontais e nascentes as mais comuns em regiões montanhosas, e tendo ainda em consideração a vulnerabilidade das águas subterrâneas a diversos tipos de poluição, normalmente associados às actividades antropogénicas, pretende-se com o presente trabalho dar um contributo na definição do perímetro de protecção neste tipo tão particular de captações.

Assim, na primeira parte é feita uma introdução ao trabalho, com a apresentação dos objectivos, a justificação do tema, e uma revisão do estado da arte.

No segundo capítulo descreve-se a metodologia do trabalho.

No terceiro capítulo é feita uma caracterização da área em estudo em termos geomorfológicos, geológicos e hidrogeoambientais.

No quarto capítulo procede-se à caracterização detalhada das captações em estudo.

No quinto capítulo apresenta-se a caracterização hidrogeoquímica da água captada.

No sexto capítulo é feita uma descrição da vulnerabilidade e do risco à poluição das captações.

No sétimo capítulo são descritos os métodos utilizados para a definição do perímetro de protecção bem como os resultados que se obtiveram da aplicação dos mesmos.

O oitavo capítulo finaliza esta tese com a apresentação das conclusões.

Palavras-chave: água subterrânea, captações semi-horizontais, perímetro de protecção, Covilhã.

RESUMEN

Sendo las captaciones del tipo galerías, drenes, pozos semi-horizontales y manantiales las más comunes en regiones montañosas, y teniendo aún en consideración la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a diversos tipos de contaminación, normalmente asociados a las actividades antropogénicas, se pretende con el presente trabajo contribuir para la delimitación del perímetro de protección en este tipo particular de captaciones.

Así, en la primera parte se hace una introducción al trabajo, con la presentación de los objetivos, justificación del tema, y una revisión del estado de arte.

El segundo capítulo describe la metodología desarrollada a lo largo del presente trabajo.

En el tercero capítulo se hace una caracterización del territorio en estudio en termos geomorfológicos, geológicos e hidrogeoambiental.

En el cuarto capítulo se profundizan las características de las captaciones del presente estudio.

En el quinto capítulo se desarrolla una caracterización hidrogeoquímica de la explotación del agua.

En el sexto capítulo se hace una descripción de la vulnerabilidad y de los riesgos de contaminación de las captaciones.

En el séptimo capítulo son descritos los métodos desarrollados para la delimitación de perímetros de protección con los resultados obtenidos de su aplicación.

En el octavo capítulo se finaliza esta tesis con las conclusiones.

Palabras-llaves: agua subterránea, captaciones semi-horizontales, perímetro de protección, ciudad de Covilhã.

ABSTRACT

The present research is a contribution to the delineation of well head protection zones in highland areas in order to prevent groundwater contamination and guarantee public water supply sustainability. Highlands are usually low permeability fractured regions, where groundwater is most commonly abstracted using galleries, drains, sub-horizontal boreholes and springs, which create several constraints to the application of common methodologies for the delineation of well head protection zones.

The work is divided in eight different chapters. The first chapter includes the introduction, a brief presentation of the objectives, the framework of the research and the state of the art.

The second chapter describes the methodology followed to achieve the objectives. In the third chapter is carried out a characterization of the study area, including details on the geomorphology, geology, hydrogeology and environment.

The fourth chapter includes the detailed characterization of the groundwater abstraction points used in the study.

In the fifth chapter, the main groundwater hydrochemical characteristics are described.

In the sixth chapter, the vulnerability of the groundwater body and the risk of groundwater pollution is evaluated.

In the seventh chapter, the methods used for the definition of the well head protection zones are described, as well as the results obtained by using the different methods.

The eighth chapter closes this thesis with the presentation of the main conclusions, and the indication of further research perpectives.

Key-words: Groundwater, sub-horizontal captations, well head protection zones, Covilhã.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS i
RESUMO ii
RESUMEN iii
ABSTRACT iv
ÍNDICE v
ÍNDICE DE FIGURAS vii
ÍNDICE DE TABELAS x
SIGLAS E NOTAÇÕES xi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO 1
1.1 - GENERALIDADES 1
1.2 - OBJECTIVOS DO ESTUDO 2
1.3 - ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO 2
1.4 - O PERÍMETRO DE PROTECÇÃO DE UMA CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA 5
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA UTILIZADA 10
CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO 12
3.1 - GEOMORFOLOGIA 12
3.2 - GEOLOGIA 16
3.2.1 - Geologia regional 16
3.2.2 - Geologia local 18
3.2.3 - Nota geohistórica 21
3.3 - ASPECTOS HIDROGEOAMBIENTAIS BÁSICOS 22
3.3.1 - Climatologia 22
3.3.2 - Balanço hidrológico 28
3.3.3 - Pontos de água 33
3.3.4 - Unidades hidrogeológicas 33
3.3.5 - Considerações sobre o modelo geohidráulico 38
CAPÍTULO 4 - CARACTERÍSTICAS DAS CAPTAÇÕES 41
CAPÍTULO 5 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CAPTADA 46
5.1 - PARÂMETROS "IN SITU" 46
5.2 - PARÂMETROS DE LABORATÓRIO 55
CAPÍTULO 6 - VULNERABILIDADE E RISCO À POLUIÇÃO 61
6.1 - VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO 61
6.2 - RISCO À POLUIÇÃO 65

CAPÍTULO 7 - DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO 67
7.1 - MÉTODOS USADOS NA OPTIMIZAÇÃO DO PERÍMETRO DE PROTECÇÃO 67
7.1.1 - Aplicação do Decreto-Lei nº 382/99 de 22 de Setembro 68
7.1.2 - Método de Wyssling 71
7.1.3 - Aspectos geológico-estruturais e geomorfológicos.....72
7.1.4 - Vulnerabilidade à poluição.....72
7.2 - PARÂMETROS NECESSÁRIOS À APLICAÇÃO DOS MÉTODOS SELECCIONADOS 73
7.3 - PROPOSTA DE PERÍMETRO DE PROTECÇÃO 74
CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES.....109
BIBLIOGRAFIA 118

ANEXOS

Anexo I - Decreto-Lei Nº382/99
Anexo II - Séries de precipitação mensal da estação 12L/03
Anexo III - Inventário de pontos de água – caudais
Anexo IV - Inventário de pontos de água – condutividade eléctrica
Anexo V - Inventário de pontos de água – pH
Anexo VI - Inventário de pontos de água – temperatura
Anexo VII - Inventário de pontos de água – Eh
Anexo VIII - Resultados de ensaio de caudal
Anexo IX - Características das captações
Anexo X - Imagens das captações
Anexo XI - Gráficos dos parâmetros "in situ" por captação

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização geográfica das captações de água subterrânea em estudo, organizadas por diferentes sectores em áreas a montante da Covilhã: a) Mapa de Portugal (Anon, 2003); b) Extracto das Cartas Militares de Portugal (SCE,1989). 4
Figura 3.1 – Perfis dos relevos entre a flexura atlântica e a fronteira espanhola (Birot, 1949 in Cavaleiro, 2001). 12
Figura 3.2 – Aspectos geomorfológicos da região da Covilhã onde é evidenciada a Serra da Estrela e a depressão da Cova da Beira. 13
Figura 3.3 – Mapa da rede de drenagem com enquadramento das zonas em estudo. 14
Figura 3.4 – Aspectos geomorfológicos e da cobertura vegetal típicos dos sectores: a) Souto Novo, b) Pião, c) Nave de Haver, d) e e) Rosa Negra, f) Alto do Monteiro, g) Vila do Carvalho e h) Teixoso. 15
Figura 3.5 – Enquadramento da zona de estudo no mapa de unidades paleogeográficas da Península Ibérica (adaptado de Ribeiro et al., 1979). 16
Figura 3.6 – Enquadramento geológico da região em estudo – Carta à escala ≈1:500 000, extraída da Carta Geológica de Portugal (SGP,1992). 17
Figura 3.7 – Enquadramento geológico dos vários sectores em estudo. 19
Figura 3.8 - Aspectos típicos de um afloramento (a) e da litologia em detalhe (b) dos granitóides da zona de estudo. 20
Figura 3.9 - Aspectos típicos de um afloramento (a) e da litologia em detalhe (b) das rochas metamórficas da zona de estudo. 20
Figura 3.10 - Aspectos típicos de um afloramento (a) e da litologia em detalhe (b) das rochas filoneanas da zona de estudo. 21
Figura 3.11 – Diagrama termo-pluviométrico para a zona da Covilhã. 24
Figura 3.12 – Enquadramento da região em estudo em cartas do Atlas do Ambiente de Portugal (DGA, 2003). 25
Figura 3.13 – Hietograma mensal (mm) a partir de valores médios registados na estação 12L/03-Covilhã (INAG,2006). 27
Figura 3.14 – Hietograma anual (mm) a partir de valores registados na estação 12L/03-Covilhã (INAG,2006) 27
Figura 3.15 – Expressão gráfica do balanço hidrológico para a zona em estudo. I –Excedentes; II – Consumo das reservas; III – Défice hídrico; IV – Restituição das reservas. 30
Figura 3.16 – Localização das captações do sector do Souto Novo utilizadas na determinação da curva de esgotamento das nascentes. 31
Figura 3.17 – Curva de esgotamento do conjunto de captações (SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d) integradas numa pequena bacia do sector Souto Novo e relação com a precipitação registada ao longo do ano. 32
Figura 3.18 – Localização dos pontos de água inventariados e estudados na região das captações de água subterrânea em análise. 34
Figura 3.19 – Carta das principais unidades hidrogeológicas da região em estudo da zona das captações de água subterrânea da Covilhã. 36
Figura 3.20 - Resultados de um ensaio de caudal efectuado num furo vertical em rochas graníticas da região da Covilhã. 37
Figura 3.21 - Esboço sobre a direcção e sentido do escoamento superficial da região em estudo da zona das captações de água subterrânea da cidade da Covilhã. 39
Figura 3.22 - Esboço hidrogeológico em corte da região em estudo da zona das captações de água subterrânea da cidade da Covilhã. 40
Figura 4.1 – Imagens da captação do tipo mina: a) aspecto geral do exterior; b) interior da mina. 41
Figura 4.2 – Imagens da captação do tipo dreno: a) aspecto geral do exterior; b) interior do casoto. 41
Figura 4.3 – Imagens da captação do tipo nascente: a e b) aspectos gerais. 42
Figura 4.4 – Imagens da captação do tipo furo semi-horizontal: a e b) aspectos gerais. 42
Figura 4.5 – Imagem da "Arca das Sete Fontes" que serve de apoio, como pequeno reservatório, da mina das Sete Fontes (RN12m). 45
Figura 5.1 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de caudal das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 47
Figura 5.2 – Variação ao longo de 2005 da precipitação diária e do caudal total monitorizado das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 48
Figura 5.3 – Variação ao longo de 2005 da precipitação diária e do somatório do caudal monitorizado em todos os sectores em estudo – ADC, Covilhã. 48
Figura 5.4 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de condutividade eléctrica da água das captações do vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 50
Figura 5.5 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de pH da água das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 51

Figura 5.6 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de temperatura da água das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 52
Figura 5.7 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de Eh da água das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 53
Figura 5.8 - Cartas de isolinhas e respectivos esboços tridimensionais de parâmetros físicos a partir dos resultados obtidos em pontos de água na região das captações de água subterrânea a montante da cidade da Covilhã. 54
Figura 5.9 – Diagrama de Piper e de Schoeller para as águas subterrâneas da ADC, Covilhã. 55
Figura 5.10 – Comparação em termos gráficos da qualidade físico-química da água das captações da ADC com as águas engarrafadas: Luso (água mineral) e Fonte da Fraga (água de nascente). k - é adimensional. 58
Figura 6.1 – Situação de pastagem de gado, na zona em estudo que por vezes poderá levar a potenciais focos de poluição. 65
Figura 6.2 – Esboço sobre potenciais focos poluidores na região global em estudo, zona das captações de água subterrânea da cidade da Covilhã. 66
Figura 7.1 – Exemplo da aplicação do valor obtido pelo Decreto-Lei nº382/99 para a delimitação da Zona de Protecção Imediata, a captações semi-horizontais quando apresentam um comprimento inferior a 60m (terreno do tipo 5) considerando a implantação de um furo virtual vertical no ponto mais a montante. 69
Figura 7.2 – Exemplo da aplicação do valor obtido pelo Decreto-Lei nº382/99 para a delimitação da Zona de Protecção Imediata (em terrenos do tipo 5), a captações semi-horizontais quando apresentam um comprimento igual ou superior a 60m considerando 2 furos verticais virtuais, um em cada extremo da captação horizontal. 70
Figura 7.3 – Aplicação das várias metodologias para a delimitação da zona de protecção imediata da captação SN1d do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã. 77
Figura 7.4 – Aplicação das várias metodologias para a delimitação da zona de protecção intermédia da captação SN1d, do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã. 80
Figura 7.5 – Aplicação das várias metodologias para a delimitação da zona de protecção alargada da captação SN1d do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã 83
Figura 7.6 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN1d do sector do Souto Novo – Covilhã. 84
Figura 7.7 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN2d do sector do Souto Novo – Covilhã. 85
Figura 7.8 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN3d do Sector do Souto Novo – Covilhã. 86
Figura 7.9 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN4d do sector do Souto Novo – Covilhã. 87
Figura 7.10 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN6d do sector do Souto Novo – Covilhã. 88
Figura 7.11 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN7m do sector do Souto Novo – Covilhã. 89
Figura 7.12 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN8d do sector do Souto Novo – Covilhã. 90
Figura 7.13 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN9d do sector do Souto Novo – Covilhã. 91
Figura 7.14 – Ensaio de sobreposição dos perímetros de protecção individuais das captações SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã. 92
Figura 7.15 – Perímetro de Protecção das captações SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d do sector do Souto Novo – Covilhã. 93
Figura 7.16 – Perímetro de protecção da captação SN5m, sector do Souto Novo – ADC, Covilhã. 95
Figura 7.17 – Perímetro de protecção da captação SN10m, sector do Souto Novo – ADC, Covilhã. 96
Figura 7.18 – Exercício sobre as zonas de Protecção Imediata das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e da Rosa Negra – ADC, Covilhã 97
Figura 7.19 – Exercício sobre as zonas de Protecção Intermédia das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e 98
Figura 7.20 - Exercício sobre as zonas de Protecção Alargada das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e 99
Figura 7.21 – Solução final das zonas de Protecção Imediata, Intermédia e Alargada das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e Rosa Negra – ADC, Covilhã. 100
Figura 7.22 – Exercício sobre as zonas de Protecção Imediata das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã 101
Figura 7.23 - Exercício sobre optimização das zonas de Protecção Alargada das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã. 102

Figura 7.24 - Exercício sobre optimização das zonas de Protecção Alargada das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã. 103
Figura 7.25 – Solução final das zonas de Protecção Imediata, Intermédia e Alargada das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã. 104
Figura 7.26 – Exercício sobre as zonas de Protecção Imediata das captações individuais Sector do Teixoso – ADC, Covilhã. 105
Figura 7.27– Exercício sobre as zonas de Protecção Intermédia das captações individuais do Sector do Teixoso – ADC, Covilhã. 106
Figura 7.28 – Exercício sobre a optimização de zonas de Protecção Alargada das captações Sector do Teixoso – ADC, Covilhã. 107
Figura 7.29– Solução final sobre Perímetros de Protecção das captações sector do Teixoso – ADC, Covilhã 108
Figura 8.1 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata. 114
Figura 8.2 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata onde é evidenciada uma estrutura geológica (falha F1) num terreno de baixa vulneralidade à poluição. 114
Figura 8.3 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata onde é evidenciada uma estrutura geológica (filão de quartzo) num terreno de alta vulnerabilidade à poluição. 114
Figura 8.4 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata onde é evidenciada uma estrutura geológica (filão de quartzo) em terrenos com diferentes vulnerabilidades. 114
Figura 8.5 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção intermédia. 115
Figura 8.6 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção intermédia onde são evidenciadas duas estruturas geológicas (falhas F1 e F2) num terreno de baixa vulneralidade à poluição. 116
Figura 8.7 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção alargada. 117
Figura 8.8 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção alargada onde são evidenciadas duas estruturas geológicas (falhas F1 e F2) num terreno de baixa vulneralidade à poluição. 117

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Organização em vários sectores das captações de água subterrânea localizadas a montante da Covilhã, ADC. 3
Tabela 2.1– Parâmetros determinados e respectivas normas seguidas nas análises efectuadas nas águas subterrâneas para consumo humano das captações em estudo da zona a montante da cidade da Covilhã. 11
Tabela 3.1 – Estatística dos valores de precipitação dos anos hidrológicos de 1939/1940 a 2005/2006 da estação meteorológica 12L/03-Covilhã (INAG, 2006). 23
Tabela 3.2 – Dados climatológicos dos anos de 1931 a 1960 da estação das Penhas Douradas (Ferreira, 1970). 23
Tabela 3.3 – Valores de precipitação diária (mm) durante o ano de 2005 obtidos na estação 12L/03 Covilhã (INAG, 2006). 26
Tabela 3.4 - Evapotranspiração potencial (ETP) a partir do método de Thornthwaite para a zona das captações de água subterrânea em estudo. 29
Tabela 3.5 – Balanço Hidrológico (*) para a zona das captações de água subterrânea em estudo. 30
Tabela 4.1 – Características das captações dos vários sectores – ADC, Covilhã. 43
Tabela 5.1–Organização das captações de água subterrânea da ADC segundo o valor médio do caudal medido em 2005, em relação à classificação de Meinzer in Todd (1980). 46
Tabela 5.2– Valores paramétricos de uma água para consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei Nº 243/2001 (DL,2001) em vigor em Portugal. 49
Tabela 5.3– Resultado das análises físico-químicas da água subterrânea das várias captações - ADC, Covilhã. 56
Tabela 5.4– Comparação da qualidade em termos físico-químicos da água das captações da ADC com as águas engarrafadas: Luso (água mineral) e Fonte da Fraga (água de nascente). 58
Tabela 5.5– Resultados de análises bacteriológicas realizadas na água subterrânea das várias captações – ADC, Covilhã. 60
Tabela 6.1 – Índices parciais a atribuir para o cálculo do Índice DRASTIC função dos vários parâmetros e suas divisões ou classes (Aller et al., 1987). 63
Tabela 6.2 – Relação entre o Índice DRASTIC geral e o potencial à vulnerabilidade de acordo com Ferreira Gomes (2001). 64
Tabela 6.3 – Valores do Índice DRASTIC e Vulnerabilidade das principais unidades hidrogeológicas dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 64
Tabela 7.1 – Parâmetros a usar na aplicação dos métodos seleccionados para a optimização do Perímetro de Protecção das captações de água subterrânea dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 74
Tabela 7.2 – Resultados obtidos para as várias zonas de protecção de acordo com o método do Decreto-Lei nº382/99, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 75
Tabela 7.3 – Aplicação do método de Wyssling, na determinação da dimensão da zona de protecção imediata, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 78
Tabela 7.4 – Aplicação do método de Wyssling, na determinação da dimensão da zona de protecção intermédia, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 79
Tabela 7.5 – Aplicação do método de Wyssling, na determinação da dimensão da zona de protecção alargada, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã. 82

SIGLAS E NOTAÇÕES

ADC – Empresa Municipal Águas da Covilhã
AM – Alto do Monteiro
Anon – Anónimo
B – Largura da frente de chamada da captação
B' – Largura da frente de chamada à altura da captação
CCDRC – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro
CE – Condutividade eléctrica
CITEVE – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal
d – Dreno
DGA – Direcção Geral do Ambiente
DH – Défice hídrico
DL – Decreto-Lei
ETP – Evapotranspiração potencial
ETR – Evapotranspiração real
f – Furo
F – Falha
G – Escoamento subterrâneo
H – Espessura saturada
i – gradiente hidráulico
IGM – Instituto Geológico e Mineiro
INAG – Instituto Nacional da Água
ITGE – Instituto Tecnológico Geominero de Espanha
K – Condutividade hidráulica
L – Perda potencial
m – Mina
n – Nascente
n – Porosidade eficaz
NH – Nave de Haver (nome de sector em estudo)
NP – Norma Portuguesa
P – Pião (nome de sector em estudo)
P – Precipitação
PNSE – Parque Natural da Serra da Estrela
PVC – Policloreto de vinilo
Q – Caudal de exploração
r – Raio da zona de protecção
R – Escoamento superficial
REN – Reserva Ecológica Nacional
RN – Rosa Negra (nome de sector em estudo)
S_0 – Distância a montante da captação
S_u – Distância a jusante da captação
SCE – Serviços Cartográficos do Exército
SGP – Serviços Geológicos de Portugal
SH – Superavit hídrico
SN – Souto Novo (nome de sector em estudo)
t – Tempo
T – Teixoso (nome de sector em estudo)
UBI – Universidade da Beira Interior
v_e – Velocidade eficaz
VC – Vila do Carvalho (nome de sector em estudo)
v.g. – Vértice geodésico
X_0 – Raio de chamada
ΔS_s – Variação do armazenamento de água à superfície
ΔS_{so} – Variação do armazenamento de água no solo arável
ΔS_{sso} – Variação do armazenamento de água no subsolo

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 - GENERALIDADES

De toda a água existente no planeta, cerca de 96% está nos oceanos, 2% constitui os glaciares e os gelos existentes no Árctico e Antárctico, e apenas 0.6% corresponde a água subterrânea, estando a restante percentagem repartida pelos lagos, rios, atmosfera, humidade do solo e mares interiores (IGM, 2001).

Considerando ainda que as águas subterrâneas já são cerca de 65% da água consumida pelos habitantes da União Europeia, e que segundo Navarrete e Garcia (2003) em muitos países esse valor corresponde a cerca de 99.3% como é o caso da Áustria, 99% para a Dinamarca, 80.3% para a Itália, 79.9% para Portugal, torna-se fundamental a consciencialização da protecção do recurso na origem contra possíveis ou eventuais contaminações.

O desenvolvimento de civilizações esteve sempre associado à presença de água e a degradação desta causada por diferentes actividades (urbana, industrial, mineira ou agrícola) atinge por vezes níveis tais, que em casos extremos, levam ao abandono do uso da água, das suas captações e até dos respectivos aquíferos.

Para uma protecção realmente eficaz das águas subterrâneas exploradas por uma captação, o ideal seria interditar a implantação de toda e qualquer actividade ou instalação, potencialmente poluente na sua zona de influência, e em especial na área de recarga da captação. Encontrando-se genericamente melhor protegidas do que as águas superficiais, as águas subterrâneas, quando alcançadas por poluentes, apresentam maior dificuldade no restabelecimento da sua qualidade natural, sendo na maioria dos casos necessário recorrer a métodos normalmente dispendiosos. Além disso, a poluição de um aquífero é normalmente detectada muito tempo depois de se ter iniciado o fenómeno de poluição, altura em que o volume de formação aquífera afectada é considerável.

Assim, o uso racional e a protecção dos recursos hídricos estão entre os problemas científicos e técnicos de maior actualidade, mais complexos e de resolução mais urgente. Tanto as questões da quantidade como as da qualidade da água tomam cada vez maior relevância e a escassez e/ou o aumento da poluição deste recurso serão factores progressivamente mais limitativos ao desenvolvimento social e económico (Lopo Mendonça, 1998).

A interiorização deste problema por parte de políticos e gestores tem levado a que nos últimos anos, se tenham desenvolvido programas de protecção e preservação das águas subterrâneas, nomeadamente a definição dos perímetros de protecção das captações de água subterrânea.

Em muitos países, a determinação, delimitação e fixação do perímetro de protecção foi considerada uma medida imperiosa dado o enorme incremento de actividades que colocavam em risco a contaminação dos aquíferos explorados para abastecimento de água para consumo humano.

Com a delimitação do perímetro de protecção, pretende-se diminuir o risco de contaminação da água dos aquíferos e, no caso de ocorrer um evento poluidor que esta água chegue às captações com concentrações de poluente consideradas aceitáveis e/ou permita tomar medidas atempadas de remediação (Lopo Mendonça, 2006).

Em Portugal, o perímetro de protecção de uma captação corresponde à área definida na vizinhança da captação, em que se estabelecem restrições de utilidade pública ao uso e ocupação do solo, englobando três zonas: Zona de Protecção Imediata, Zona de Protecção Intermédia e Zona de Protecção Alargada.

Corresponde assim a uma ferramenta que permite prevenir, reduzir e controlar a poluição das águas subterrâneas, onde são considerados os processos naturais de diluição e de auto-depuração para minimizar por um lado o efeito da descarga acidental do poluente mas também para proteger e garantir a qualidade das águas subterrâneas a longo prazo.

1.2 - OBJECTIVOS DO ESTUDO

O objectivo deste trabalho consiste na aplicação de várias metodologias para a definição do perímetro de protecção de captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público em zonas de montanha. Como caso de estudo são analisadas 74 captações pertencentes ao sistema de abastecimento da empresa municipal Águas da Covilhã. Pretende-se dar um contributo na definição do perímetro de protecção em captações tão singulares, tais como minas, drenos, furos semi-horizontais e nascentes, sendo estas captações muito comuns em regiões montanhosas.

1.3 - ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO

No sentido de cumprir o preceituado Decreto-Lei nº382/99 de 22 de Setembro, foi solicitado à empresa municipal Águas da Covilhã (ADC), por parte da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDRC), a apresentação do perímetro de protecção das suas captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público.

A ADC possui 74 captações de água subterrânea localizadas a montante da cidade Covilhã, organizadas por 7 sectores: Souto Novo, Pião, Nave de Haver, Rosa Negra, Alto do Monteiro, Vila do Carvalho e Teixoso (Tabela 1.1 e Figura 1.1) as quais se encontram integradas no

sistema global de abastecimento público e que serve, conjuntamente com o Sistema da Barragem da Cova do Viriato, a totalidade de 28897 habitantes.

Tabela 1.1 – Organização em vários sectores das captações de água subterrânea localizadas a montante da Covilhã, ADC.

Sector	Captações
Souto Novo	3 minas; 7 drenos
Pião	8 minas; 2 furos semi-horizontais
Nave de Haver	9 minas; 4 nascentes; 2 drenos
Rosa Negra	12 minas
Alto do Monteiro	1 mina; 3 nascentes; 9 drenos
Vila do Carvalho	4 minas
Teixoso	2 minas; 2 furos semi-horizontais; 4 nascentes; 2 drenos

Dada a singularidade do tipo de captações existentes, atendendo por um lado ao facto de não existir no referido Decreto-Lei uma abordagem a este tipo de captações, e ainda da escassez de informação a nível nacional para a definição do perímetro de protecção em captações não verticais, foi exposto o problema à Universidade da Beira Interior (UBI).

No seguimento, e sendo a UBI uma entidade com grande componente de investigação aplicada, efectuou-se um protocolo de cooperação entre as duas entidades para o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa e investigação para solucionar a questão.

É neste contexto que se desenvolve o presente trabalho, tentando-se assim dar um contributo para a definição do perímetro de protecção de captações essencialmente do tipo semi-horizontais como as minas, drenos e furos.

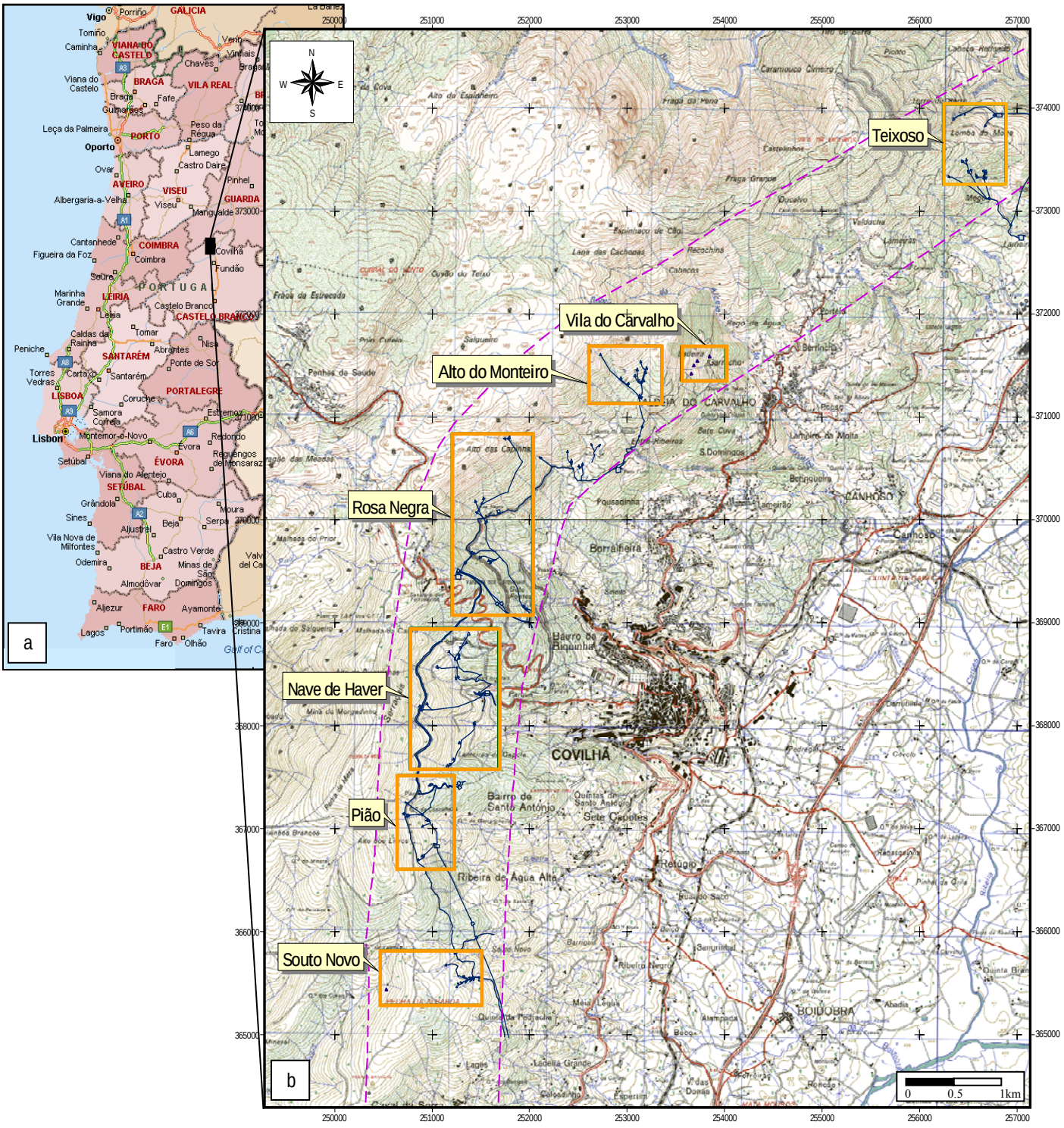


Figura 1.1 – Localização geográfica das captações de água subterrânea em estudo, organizadas por diferentes sectores em áreas a montante da Covilhã: a) Mapa de Portugal (*Anon*, 2003); b) Extracto das Cartas Militares de Portugal (SCE,1989).

1.4 - O PERÍMETRO DE PROTECÇÃO DE UMA CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Segundo Hirata e Rebouças (1999), as primeiras experiências de implementação de um perímetro de protecção de uma captação ocorreram na Europa no século XIX.

O perímetro de protecção corresponde à área da superfície e sub-superfície envolvente de uma ou mais captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público, onde as actividades susceptíveis de alterar a qualidade da água subterrânea, são proibidas ou condicionadas de modo progressivo com o aumento da distância à captação.

Em Portugal, tanto quanto é do conhecimento do autor, desde 1928, ano em que foi criado o Decreto-Lei nº15 401 de 17 de Abril (DL, 1928), que o problema da protecção das águas subterrâneas é abordado. Refere-se que, já naquela data o conceito de vulnerabilidade e da necessidade de criar mecanismos para a defesa e salvaguarda dos recursos hídricos se encontrava consignada na legislação, nomeadamente o Artigo 25º, onde se refere que a cada nascente de água mineral era concedida uma área de defesa bacteriológica, que corresponderia por princípio a um círculo de 50 metros de raio, tendo por centro o ponto de emergência. Dentro desta área de defesa bacteriológica estava proibido impregnar quaisquer espécies de adubos orgânicos, implantar ou conservar construções destinadas a usos susceptíveis de introduzir na nascente germes prejudiciais ou ainda a prática de trabalhos de onde pudesse resultar o inquinamento da nascente, tendo os concessionários que pagar indemnizações justas aos proprietários dos terrenos pela servidão a que ficavam sujeitas as suas propriedades.

Em 1971, foi criada a Norma Portuguesa NP-836 (NP, 1971), onde se estabeleciam duas zonas de protecção sanitária para as captações: uma zona de protecção "próxima", delimitada por vedação, e outra, de protecção "à distância", onde se definiam as estruturas e/ou actividades que não deveriam existir no seu interior. A extensão das referidas zonas, por princípio, correspondia a uma área circular em torno da captação e cujo raio variável era apenas função da permeabilidade e da capacidade de filtração do terreno.

A 16 de Março de 1990 é publicado um conjunto legislativo, sobre recursos geológicos, nos quais está consignada a figura de perímetro de protecção para as águas minerais naturais e de nascente. Deste conjunto faz parte:

- o Decreto-Lei nº90/90 (DL, 1990a), aplicável a recursos geológicos e no caso da exploração de recursos hidrominerais, o Artigo 12º obriga à definição de um perímetro de protecção que abrangerá três zonas: zona imediata, zona intermédia e zona alargada. As actividades proibidas e condicionadas no interior de cada uma das três zonas são referidas nos Artigos 42º, 43º e 44º;

- o Decreto-Lei nº84/90 (DL, 1990b), aplicável ao aproveitamento de águas de nascente, onde através do Artigo 5º e nos termos de disposto no artigo 12º do Decreto-Lei nº90/90 orienta para a definição de um perímetro de protecção;
- o Decreto-Lei nº86/90 (DL, 1990c), aplicável a águas minerais naturais, onde a imposição do perímetro de protecção se faz pelo Artigo 27º e nos termos do disposto no artigo 12º do Decreto-Lei nº90/90;

Em 22 de Fevereiro de 1994 são publicados dois Decretos Leis:
- o Decreto-Lei nº45/94 (DL, 1994a), que regula os recursos hídricos e a elaboração e aprovação dos planos dos recursos hídricos, onde são referidos através do Artigo 3º zonas de protecção que poderão consistir em bacias ou partes de bacias, aquíferos ou massas de água que pelas suas características naturais e valor ambiental, económico ou social assumam interesse público;
- o Decreto-Lei nº46/94 (DL, 1994b), que estabelece o regime de utilização do domínio hídrico, sob jurisdição do Instituto da Água (INAG), onde se estabelece através do Artigo 22º a necessidade da definição de áreas de protecção para captações.

A 1 de Agosto de 1998 é publicado o Decreto-Lei nº236/98 (DL, 1998), que estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função do seus principais usos, e onde pelo Artigo 18º se fixam as áreas de protecção das captações de água subterrânea.

Posteriormente foi publicado Decreto-Lei nº382/99 de 22 de Setembro de 1999 (DL, 1999), que estabelece as normas e os critérios de delimitação do perímetro de protecção das captações de água subterrânea destinada ao abastecimento público (ver Anexo I). Deste merece salientar alguns aspectos que se referem a seguir.

O artigo 1º reporta-se à definição da zona de protecção imediata em todas as captações destinadas ao abastecimento público, e à definição de todas as zonas de protecção previstas no Decreto-Lei, em captações destinadas ao abastecimento público de aglomerados populacionais superiores a 500 habitantes ou cujo caudal de exploração seja superior a 100 m^3/dia.

No artigo 3º é apresentado a definição de perímetro de protecção e são referidas as três zonas de protecção que o constituem:

- **Zona de Protecção Imediata** - área da superfície do terreno contígua à captação em que, para a protecção directa das instalações da captação e das águas captadas, todas as actividades são, por princípio, interditas;

- **Zona de Protecção Intermédia** - área da superfície do terreno contígua exterior à zona de protecção imediata, de extensão variável, tendo em conta as condições geológicas e estruturais do sistema aquífero, definida por forma a eliminar ou reduzir a poluição das águas subterrâneas, onde são interditas ou condicionadas as actividades e as instalações susceptíveis de poluírem aquelas águas, quer por infiltração de poluentes, quer por poderem modificar o fluxo na captação ou favorecer a infiltração na zona próxima da captação;

- **Zona de Protecção Alargada** - área da superfície do terreno contígua exterior à zona de protecção intermédia, destinada a proteger as águas subterrâneas de poluentes persistentes, tais como compostos orgânicos, substâncias radioactivas, metais pesados, hidrocarbonetos e nitratos, onde as actividades e instalações são interditas ou condicionadas em função do risco de poluição das águas, tendo em atenção a natureza dos terrenos atravessados, a natureza e a quantidade de poluentes, bem como o modo de emissão desses poluentes.

No artigo 6º são apresentadas as actividades e instalações, em cada uma das zonas de protecção, que podem ser interditas ou condicionadas quando se demonstrem susceptíveis de provocarem a poluição das águas subterrâneas.

No anexo deste Decreto-Lei são apresentadas orientações sobre as dimensões de cada uma das três zonas constituintes do perímetro de protecção, para cada tipo de aquífero. Para a zona de protecção imediata são fixados valores de r (raio da zona de protecção), enquanto que para as zonas de protecção intermédia e alargada, r deverá ser o maior valor entre o valor estipulado e o valor obtido por uma equação, em função de determinado tempo, t, também referido nesse anexo.

Os métodos que permitem estabelecer o perímetro de protecção são diversos, a sua escolha dependerá do tipo de aquífero, do critério delimitador e dos dados disponíveis. A delimitação do perímetro de protecção deverá fundamentar-se em estudos que avaliem: as características hidrogeológicas dos aquíferos, a vulnerabilidade à poluição das formações hidrogeológicas; o risco de poluição; a capacidade de atenuação do solo, e do próprio sistema aquífero; o rebaixamento e as zonas de influência da captação; as zonas de divisória de água; o tempo de trânsito da água subterrânea e dos poluentes em solução.

À partida, um método que use o tempo de trânsito ou de propagação dos poluentes, calculado a partir de um modelo que simule rigorosamente as características do escoamento e do transporte de massa, desde que se conheça com certeza a geometria do maciço é o critério mais adequado.

Segundo Cruz (1997) deve tentar definir-se o perímetro de protecção necessário e suficiente para a protecção de um determinado aquífero e dos seus meios de exploração, isto é, as suas zonas de protecção não devem ter dimensões demasiados pequenas, de modo a perderem a eficácia, nem exageradamente grandes, acarretando um cortejo de servidões administrativas com consequências desastrosas no desenvolvimento e, portanto, na economia. O equilíbrio adequado das dimensões do perímetro de protecção será tanto maior quanto mais perfeito for o conhecimento científico e técnico de um aquífero e das suas captações a defender.

Aspectos técnico-científicos para a definição do perímetro de protecção são apresentados por alguns autores, merecendo referência: ITGE (1991) com o "Guia metodológico para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas"; Lopo Mendonça (1994, 2006), com exposição de critérios e métodos de definição do perímetro de protecção de captações de água subterrânea; Lobo Ferreira *et al.* (1995) que de entre outros apresenta breves referências a aspectos sobre os perímetros de protecção de águas subterrâneas na União Europeia e nos E.U.A., além de apresentar algumas aplicações em captações sobre terrenos sedimentares; Cruz (1997) com a apresentação de objectivos e critérios para a elaboração das propostas de fixação dos perímetros de protecção; INAG (1999) com a apresentação de uma brochura sintética sobre perímetros de protecção; Krijgsman e Lobo Ferreira (2001) com a proposta de uma metodologia para a delimitação de perímetros de protecção de captações de água subterrânea; Moinante (2002) com um estudo comparativo utilizando métodos analíticos e numéricos para a delimitação dos perímetros de protecção de captações de água subterrânea para o concelho de Montemor-o-Novo; Naverrete e Garcia (2003) com "Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio"; Condesso de Melo (2004) com a apresentação de aspectos fundamentais sobre perímetros de protecção de captações de água subterrânea, e ainda Moinante e Lobo Ferreira (2006) com um caso de estudo da definição de perímetros de protecção em captações de água subterrânea localizadas em Zhangji (China).

Merecem ainda referência os trabalhos de caracter prático na definição dos perímetros de captações especiais, como Ferreira Gomes (1995, 2006), Ferreira Gomes *et al.* (1997), Ferreira Gomes *et al*. (1999, 2001), Mendes (2005) e Ferreira Gomes e Mendes (2006a, b, c, d). Ainda neste contexto merece destaque o *site* do INAG (2007), que se encontra em desenvolvimento e no qual constam os perímetros de protecção das captações de água subterrânea para abastecimento público já aprovadas a nível superior e publicadas em Decreto-Lei.

Na generalidade os autores que apresentam os aspectos metodológicos para a delimitação do perímetro de protecção dão maior destaque aos métodos analíticos e aos métodos numéricos,

direccionadas genericamente para captações verticais totalmente penetrantes e com caudais bombeados na própria captação.

Os métodos disponíveis variam em termos de complexidade do conhecimento de alguns parâmetros hidrogeológicos, nomeadamente, a transmissividade, a porosidade, o gradiente hidráulico, a condutividade hidráulica, o caudal de extracção e a espessura saturada do aquífero. Em Lobo Ferreira *et al*. (2006) são apresentados os critérios de selecção das metodologias para a protecção e zonamento dos recursos hídricos, propondo organigramas de decisão para a selecção dos diferentes métodos em função dos objectivos e dos dados necessários à sua aplicação.

Os métodos mais desenvolvidos, sofisticados, à partida teoricamente mais adquados, usam equações de fluxo utilizadas nos modelos analíticos e numéricos assumindo que: o aquífero pode ser modelado como meio poroso; o aquífero é isotrópico nas suas características; o fluxo da água subterrânea é geralmente bidimensional; e a direcção do fluxo é previsível relativamente à distribuição das cotas piezométricas. Todas estas suposições apontam para aquíferos do tipo porosos (granulares), ou seja, constituídos por materiais sedimentares, consolidados ou não.

No presente trabalho, estando-se perante um caso de captações semi-horizontais, em zonas de montanha, ou seja, de relevo muito acidentado, e num meio de rochas essencialmente graníticas e xistosas, num sistema aquífero freático e essencialmente do tipo fissural, com imensas heterogeneidades, traduzidas fundamentalmente por estruturas do tipo filoneanas, falhas com argila, e outras com diaclasamento irregular, bem como o grau de alteração, a somar às situações dos contactos geológicos irregulares, refere-se desde já, que se considera que nenhum dos métodos expostos pelos diferentes autores, por si só se entende perfeito para a presente situação. Assim, o método usado neste trabalho, apresentado no capítulo 7, "Delimitação dos perímetros de protecção", corresponde a uma conjugação das técnicas analíticas com o mapeamento hidrogeológico, que se incorpora as características hidrogeológicas do aquífero e as fronteiras geomorfológicas e geológicas-estruturais, baseadas em informação recolhida no local, permitindo assim uma definição mais aproximada do perímetro de protecção.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada para elaborar este trabalho teve como base:

i) o reconhecimento geológico, geomorfológico e hidrogeológico da área envolvente às captações;

ii) o desenvolvimento do modelo hidrogeológico da zona de estudo baseado na integração e interpretação dos dados existentes;

iii) a avaliação do potencial hídrico do aquífero explorado pelas captações;

iv) o estabelecimento de um conjunto de elementos que permita desenvolver acções de preservação e conservação da qualidade da água subterrânea (perímetro de protecção).

Em síntese, pode-se referir que a metodologia seguida, consistiu fundamentalmente na recolha de dados bibliográficos e cartográficos, quer de natureza geológica quer hidrogeológica, no reconhecimento daqueles sobre o terreno, e ainda, no inventário directo de pontos de água e seu controlo quantitativo e qualitativo.

O reconhecimento de campo incidiu numa área aproximadamente de 13 km^2 onde se realçaram os aspectos geológico-estruturais e geomorfológicos, que são condicionantes privilegiadas, do modelo hidrogeológico de aquíferos de permeabilidade do tipo fissural. Ainda no âmbito dos trabalhos de campo foram também inventariados os principais focos/riscos de contaminação.

Com o intuito de se caracterizar detalhadamente o recurso, procedeu-se à monitorização mensal da quantidade e qualidade da água em todas as captações, tendo-se medido os seguintes parâmetros físico-químicos - pH, potencial redox (Eh), condutividade eléctrica (CE), temperatura (T) e caudal (Q) de Janeiro a Dezembro 2005. Para a medição dos quatro primeiros parâmetros foi utilizado um medidor multiparamétrico portátil marca SCHOTT® – PH/LH 12. Para a medição do caudal das captações usou-se um recipiente de volume conhecido, determinando-se o tempo necessário para o encher. Para cada ponto eram realizadas três medições de caudal correspondendo o valor final à média dos valores obtidos.

Durante aquele período e numa captação seleccionada, de cada sector, efectuou-se a recolha de amostras para a realização de análises microbiológicas e físico-químicas completas, as quais foram realizadas pelo Laboratório de Águas do CITEVE (Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal). Para a determinação de cada parâmetro das respectivas análises foram seguidas as normas apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1– Parâmetros determinados e respectivas normas seguidas nas análises efectuadas nas águas subterrâneas para consumo humano das captações em estudo da zona a montante da cidade da Covilhã.

Parâmetro	**Norma**	**Parâmetro**	**Norma**
pH	SM 4500H+ B	Condutividade	NP EN 27888
Alcalinidade	MI nº 129	Sólidos dissolvidos totais	SM 2540 – C
Sólidos totais	SM 2540 - B	Sílica reactiva	SM 4500-SiO2 C
Hidrocarbonetos aromáticos (HAP's)	M.I. nº 113	Bicarbonatos	M.I. nº 129
Hidrocarbonetos totais	SM 5520-F (FTIR)	Cloretos	SM 4110 – C
Sulfatos	SM 4110 – C	Fluoretos	SM 4500 F – C
Nitratos	SM 4110 – C	Nitritos	SM 4110 – C
Dureza	SM 2340 – B	Sódio	SM 3111 – B
Potássio	SM 3111 – B	Cálcio	SM 3111 – B
Magnésio	SM 3111 – B	Ferro	SM 3113
Cobre	SM 3113	Zinco	SM 3111 – B
Alumínio	SM 3113	Arsénio	SM 3113
Chumbo	SM 3113	Prata	SM 3113
Escherichia coli	ISO 9308-1	Coliformes totais	ISO 9308-1
Clostridium perfringens	M.I. nº142	Germes totais (37ºC)	ISO 6222
Germes totais (22ºC)	ISO 6222	Estreptococos fecais	ISO 7899-2
Coliformes fecais	SM 9222 D	-	-

Nos estudos de gabinete, de entre outros, estabeleceu-se o modelo geohidráulico do sector, de modo a efectuar vários ensaios sobre o estabelecimento do perímetro de protecção, usando critérios analíticos, como também aspectos de ordem geológico/estrutural, geomorfológica e de vulnerabilidade das formações geológicas.

Salienta-se ainda neste item, que por uma questão de simplificação, a designação em sigla das captações, assenta no seguinte princípio:

Nome do sector, nº da captação, tipo de captação

sendo para :

- o nome do sector: SN – Souto Novo; P – Pião; NH – Nave de Haver; RN – Rosa Negra; AM – Alto do Monteiro; VC – Vila do Carvalho; T – Teixoso.
- número da captação: o nº 1, 2,…, até ao nº máximo de captações por sector.
- tipo de captação: m – mina; d – dreno; n – nascente; f – furo.

Assim, por exemplo, a captação designada por NH12m, corresponde à captação nº12 do sector da Nave de Haver e é do tipo mina.

Por fim, salienta-se que a metodologia propriamente dita e seguida para optimização dos perímetros de protecção em estudo, apresenta-se no próprio capítulo dedicado especificamente a esse assunto "Capítulo 7 - Delimitação dos perímetros de protecção".

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 - GEOMORFOLOGIA

Em termos geomorfológicos a região onde as captações estão situadas é marcada profundamente por duas importantes unidades geomorfológicas (Figura 3.1 e 3.2): a Serra da Estrela imponente e saliente, com cotas muito elevadas que chegam a atingir os 1993 metros e a Cova da Beira, apresentada com um fundo aplanado, de altitudes entre 400 e 500 metros. A região em estudo, no conjunto dos vários sectores, ocupa uma área de cerca de 13 km^2 e localiza-se na vertente oriental da Serra. Esta vertente, segundo Cavaleiro (2001), apresenta-se em patamares tectónicos até se atingir a altitude de 1993 metros no Planalto da Torre, sendo o primeiro patamar entre 950 e 1000 metros (Patamar da Vila do Carvalho), o segundo a cerca de 1450 metros (Patamar do Picoto) e o terceiro a 1650 metros (Patamar do Curral do Vento).

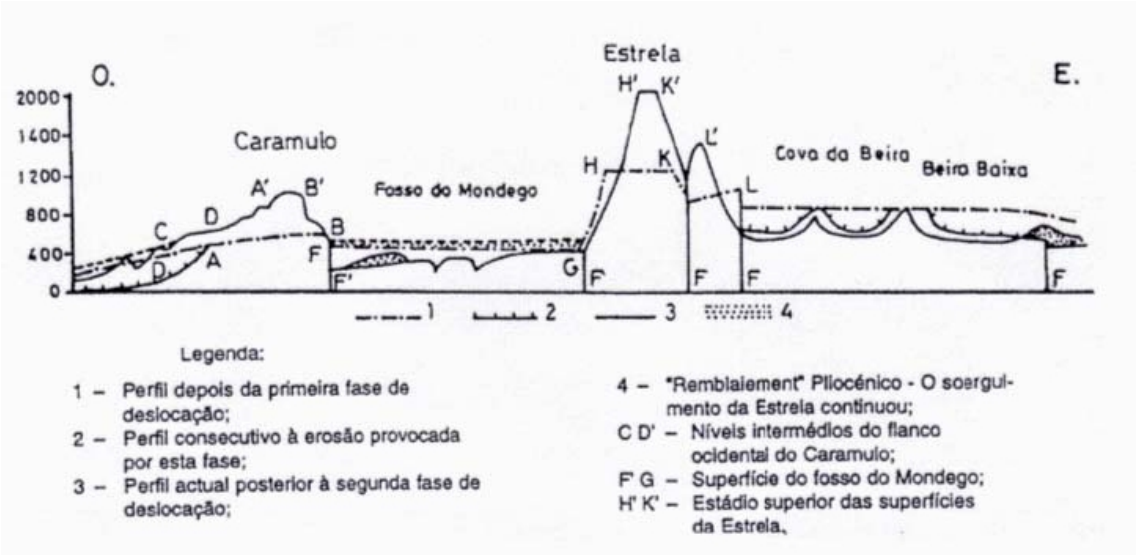


Figura 3.1 – Perfis dos relevos entre a flexura atlântica e a fronteira espanhola (Birot, 1949 *in* Cavaleiro, 2001).

Aquele arranjo geral da topografia é consequência principal das acções tectónicas, que no essencial levantaram a zona de montanha. Os taludes muito inclinados que a limitam correspondem a escarpas de falha com uma evolução relativamente longa, e que deram origem à actual Serra da Estrela.

A actividade tectónica contudo não se extinguiu, existindo ainda hoje actividade neotectónica, com movimentos ao longo das grandes falhas, como prova a ocorrência de sismos na zona da falha da Vilariça, sendo esta, de facto muito extensa e profunda como orientam as nascentes termais quentes em Unhais da Serra e Manteigas.

Para além da actividade tectónica, existem registo de várias grandes glaciações, a última das quais terá atingido a Serra da Estrela, há cerca de 20 mil anos, onde a parte mais alta terá

ficado coberta por glaciares. Estas formações deixaram testemunhos com uma enorme relevância em aspectos geomorfológicos, como provam os vales glaciares do Rio Zêzere e da Ribeira da Alforfa.

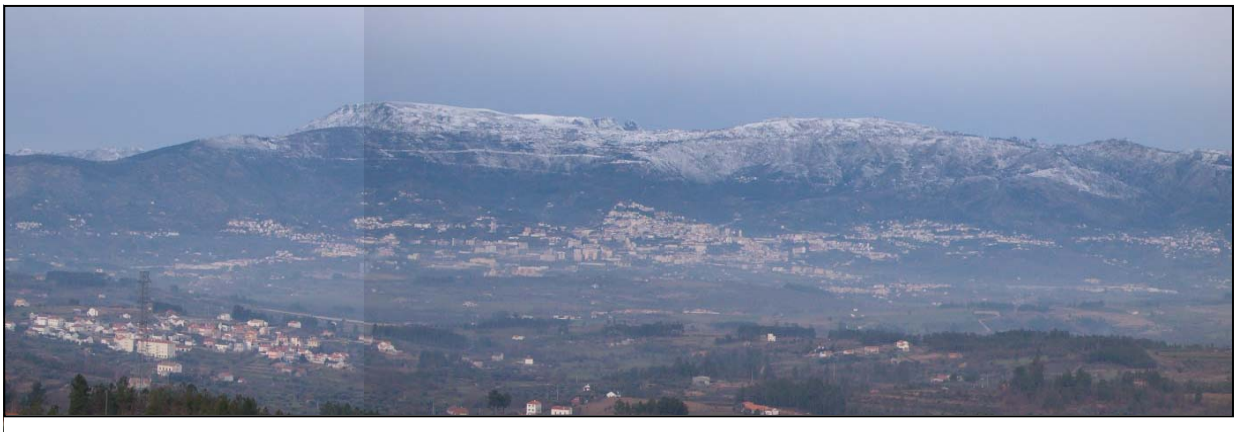


Figura 3.2 – Aspectos geomorfológicos da região da Covilhã onde é evidenciada a Serra da Estrela e a depressão da Cova da Beira.

Em termos gerais, a Serra da Estrela possui uma das redes hidrográficas mais importantes do país, onde nascem três rios inteiramente portugueses: o Rio Zêzere, o Rio Mondego e o Rio Alva. Na maioria dos casos, os cursos fluviais apresentam um traçado com grandes troços rectilíneos, resultante da sua adaptação à fracturação regional (Figura 3.3).

Em termos de cobertura vegetal nos sectores em análise predominam essencialmente a cobertura silvestre de giestas e algumas manchas de pinheiro bravo. Na Figura 3.4 apresentam-se alguns aspectos da cobertura vegetal das zonas próximas às captações, dos vários sectores em estudo.

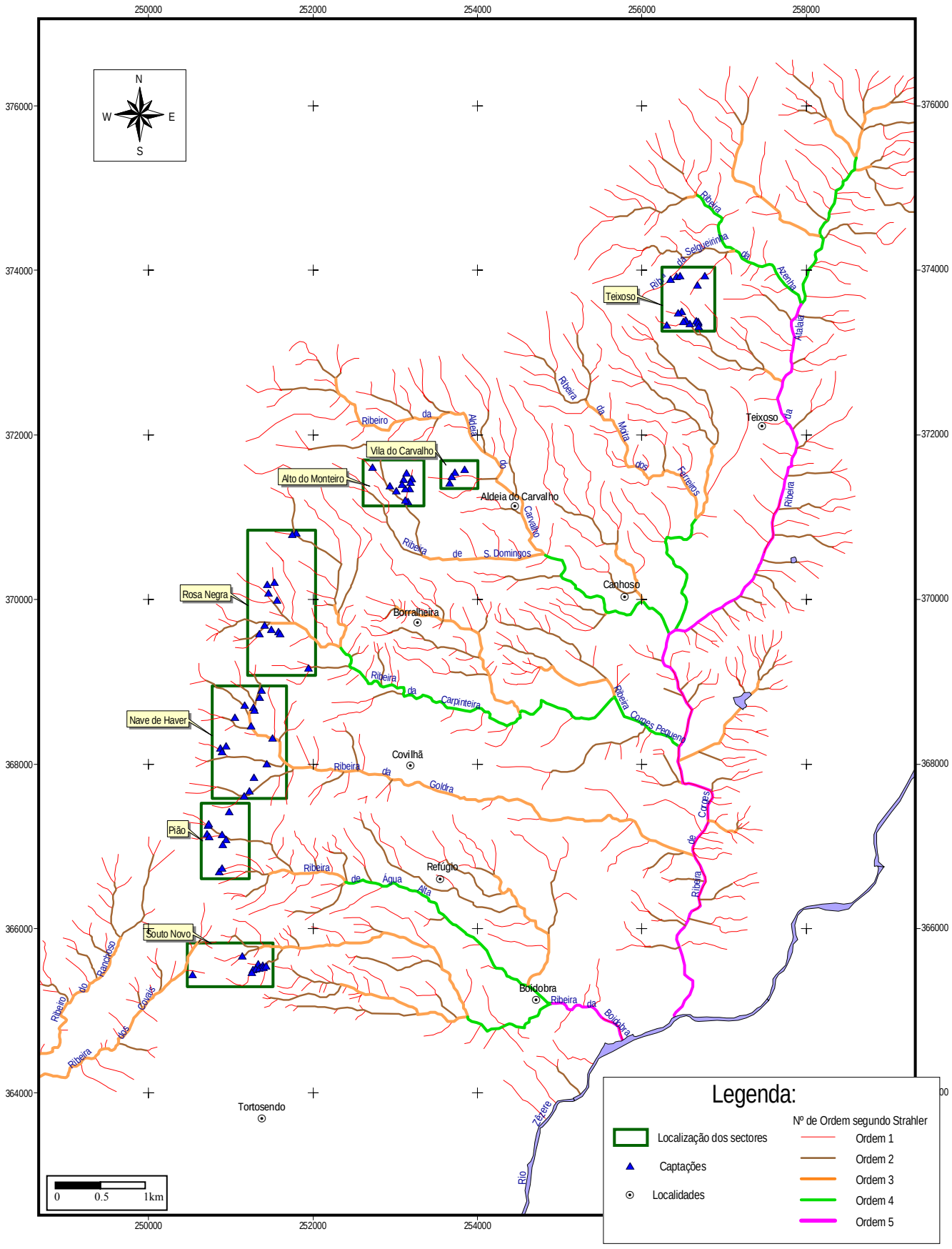


Figura 3.3 – Mapa da rede de drenagem com enquadramento das zonas em estudo.

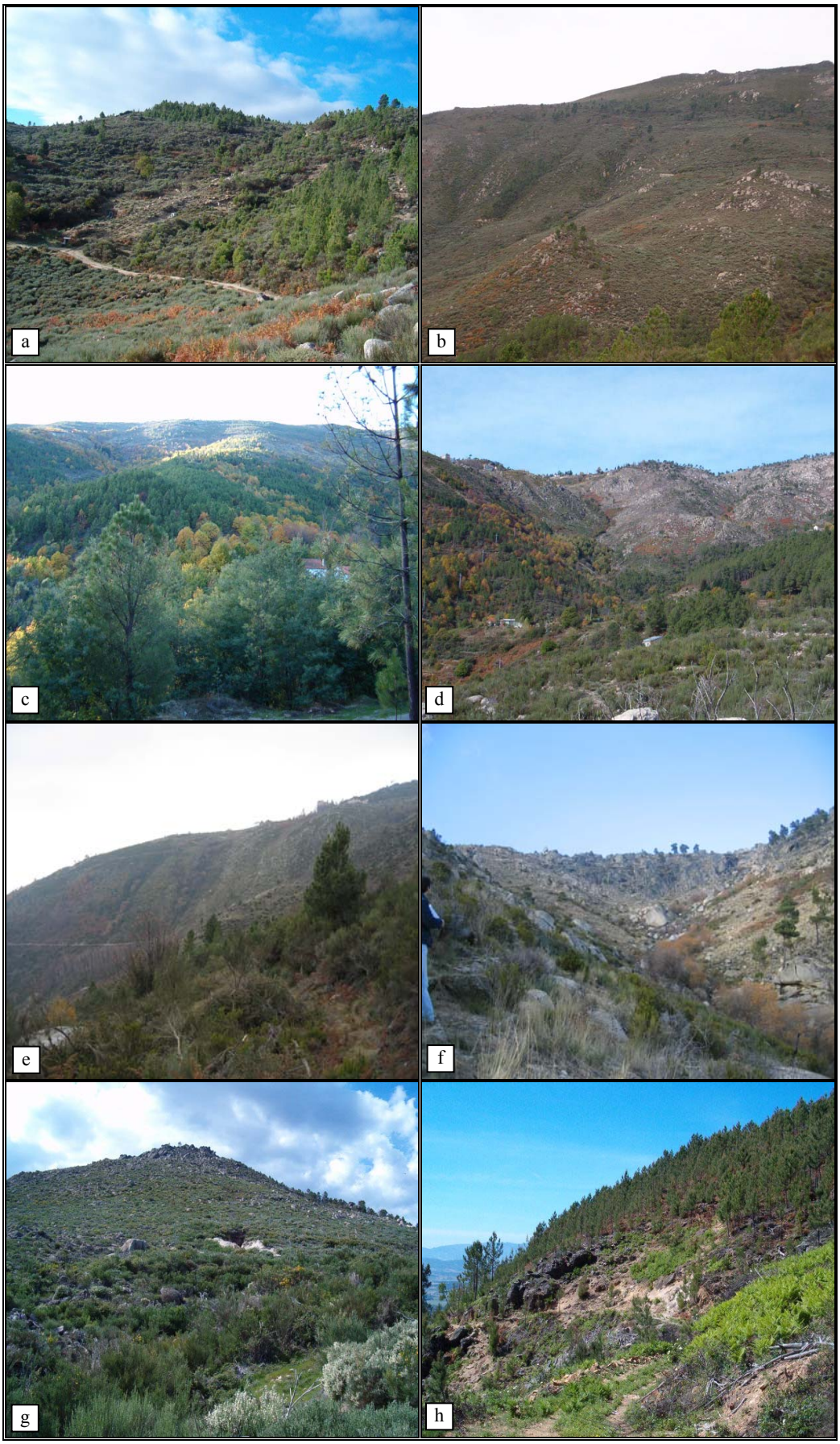


Figura 3.4 – Aspectos geomorfológicos e da cobertura vegetal típicos dos sectores: a) Souto Novo, b) Pião, c) Nave de Haver, d) e e) Rosa Negra, f) Alto do Monteiro, g) Vila do Carvalho e h) Teixoso.

3.2 - GEOLOGIA

3.2.1 - Geologia regional

As grandes acções tectónicas na fase da Orogenia Varisca actuaram nos terrenos existentes na Península Ibérica de forma a produzir uma estrutura profundamente arqueada, com desenvolvimento até à Bretanha, formando o chamado Arco Ibéro-armoricano.

O zonamento transversal deste ramo da Cadeia Varisca é conhecida desde Lotz (1945). As zonas foram, desde então, definidas com base em critérios múltiplos de índole litológica, estratigráfica e estrutural, magmática e metamórfica, dominantes.

Actualmente considera-se a existência de cinco zonas principais: Cantábrica, Astúrico-Ocidental-Leonesa, Centro Ibérica, Ossa Morena e Sul Portuguesa (Figura 3.5).

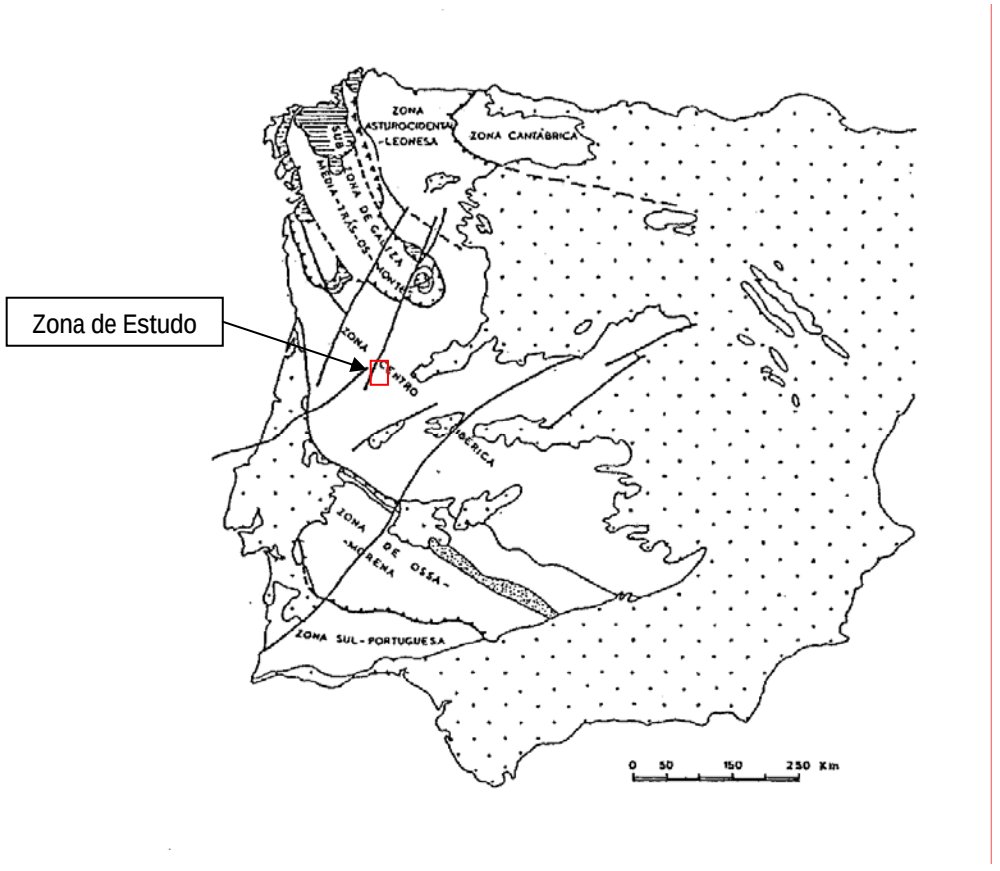


Figura 3.5 – Enquadramento da zona de estudo no mapa de unidades paleogeográficas da Península Ibérica (adaptado de Ribeiro *et al.*, 1979).

Os sectores em estudo integram-se nas unidades geotectónicas da zona Centro Ibérica, onde afloram sobretudo rochas graníticas hercínicas com idade entre os 280 e 340 milhões de anos e rochas do complexo Xistograuváquico com idade entre os 500 e 650 milhões de anos.

Um esboço geológico da região, a partir da Carta Geológica de Portugal à escala 1:500000 (SGP, 1992) é apresentado na Figura 3.6.

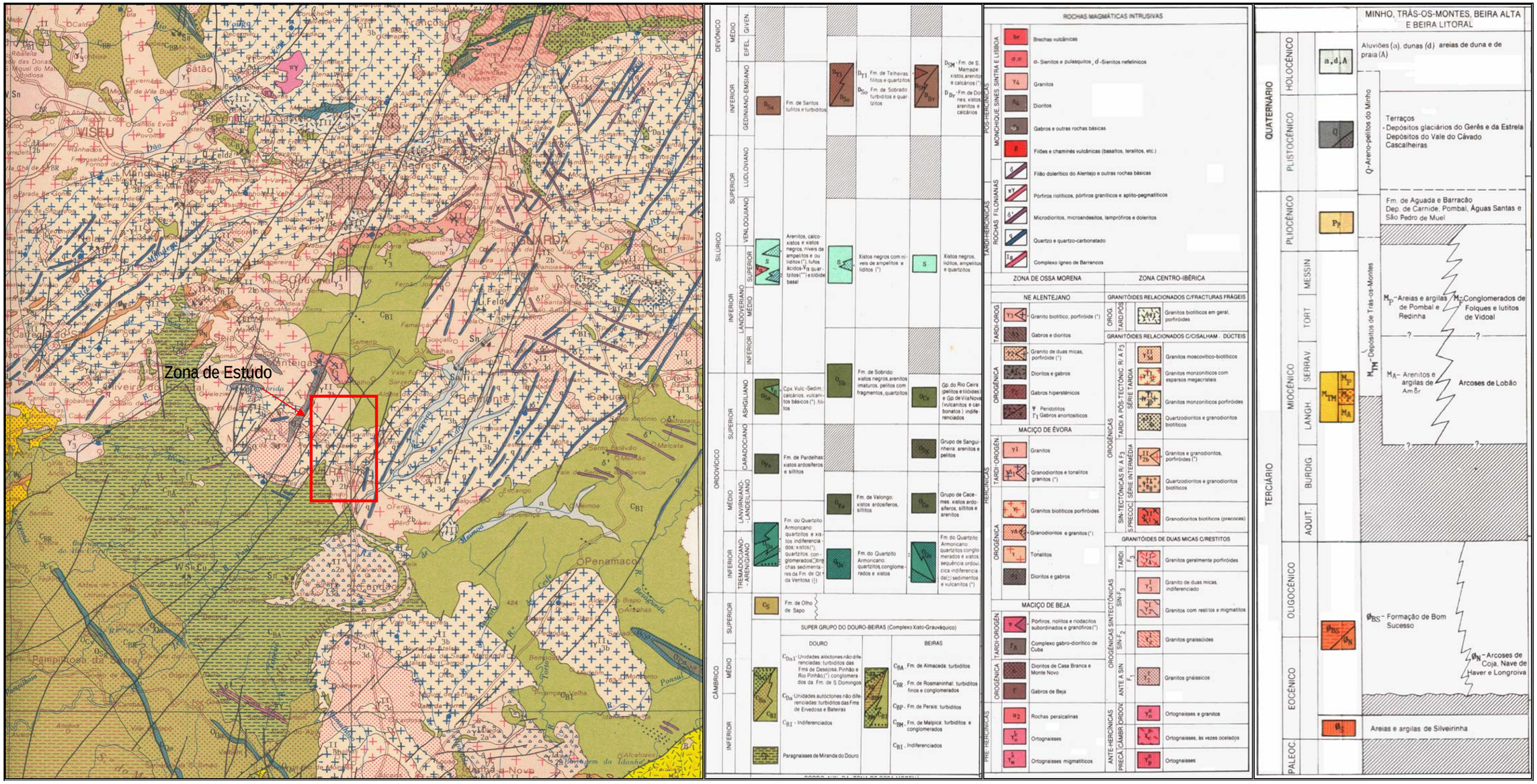


Figura 3.6 – Enquadramento geológico da região em estudo – Carta à escala ≈1:500 000, extraída da Carta Geológica de Portugal (SGP,1992).

3.2.2 - Geologia local

Para o concelho da Covilhã existem duas cartas geológicas: uma à escala 1:50000 elaborada por Teixeira *et al.* (1974), e a outra à escala 1:75000 elaborada por Ferreira e Vieira (1999). Com base naquelas cartas, às quais se complementou alguma cartografia de campo, elaborou-se o mapa apresentado na Figura 3.7. Salienta-se desde já, que, aquando da realização deste mapa, e tendo em consideração o objectivo do presente estudo, entendeu-se que não seria relevante existir uma diferenciação entre os vários tipos de rochas pertencentes ao mesmo grupo petrográfico, isto é, as várias fácies graníticas existentes na região foram todas consideradas como uma só, as quais foram denominadas por "Granitóides".

As unidades geológicas que ocorrem na zona em estudo e envolventes são de acordo com o que se apresenta de seguida.

- Depósitos de Cobertura

a – Aluviões actuais – são constituídas essencialmente por areias e cascalheiras, resultantes da desagregação das rochas existentes na região, correspondendo assim a terrenos de idade recente.

dv – Depósitos de vertente – estas formações ocorrem pontualmente, no entanto, devido à sua pequena área aflorante, no presente trabalho não são consideradas.

- Rochas Ígneas

γm – Granitóides – estas rochas são normalmente caracterizadas pelo seu aspecto macroscópico, nomeadamente a composição mineralógica, granulometria e textura. Existem vários tipos de granitos variando desde o granito porfiróide ao granito de grão médio a fino. O mais comum na zona em estudo é o granito de duas micas, porfiróide muito grosseiro em que os megacristais de microclina se apresentam muitas vezes com um grande desenvolvimento em termos de alteração. Na Figura 3.8 apresentam-se imagens sobre aspectos típicos destas formações. Segundo Teixeira *et al.* (1974) a idade deste granito é cerca de 295 milhões de anos.

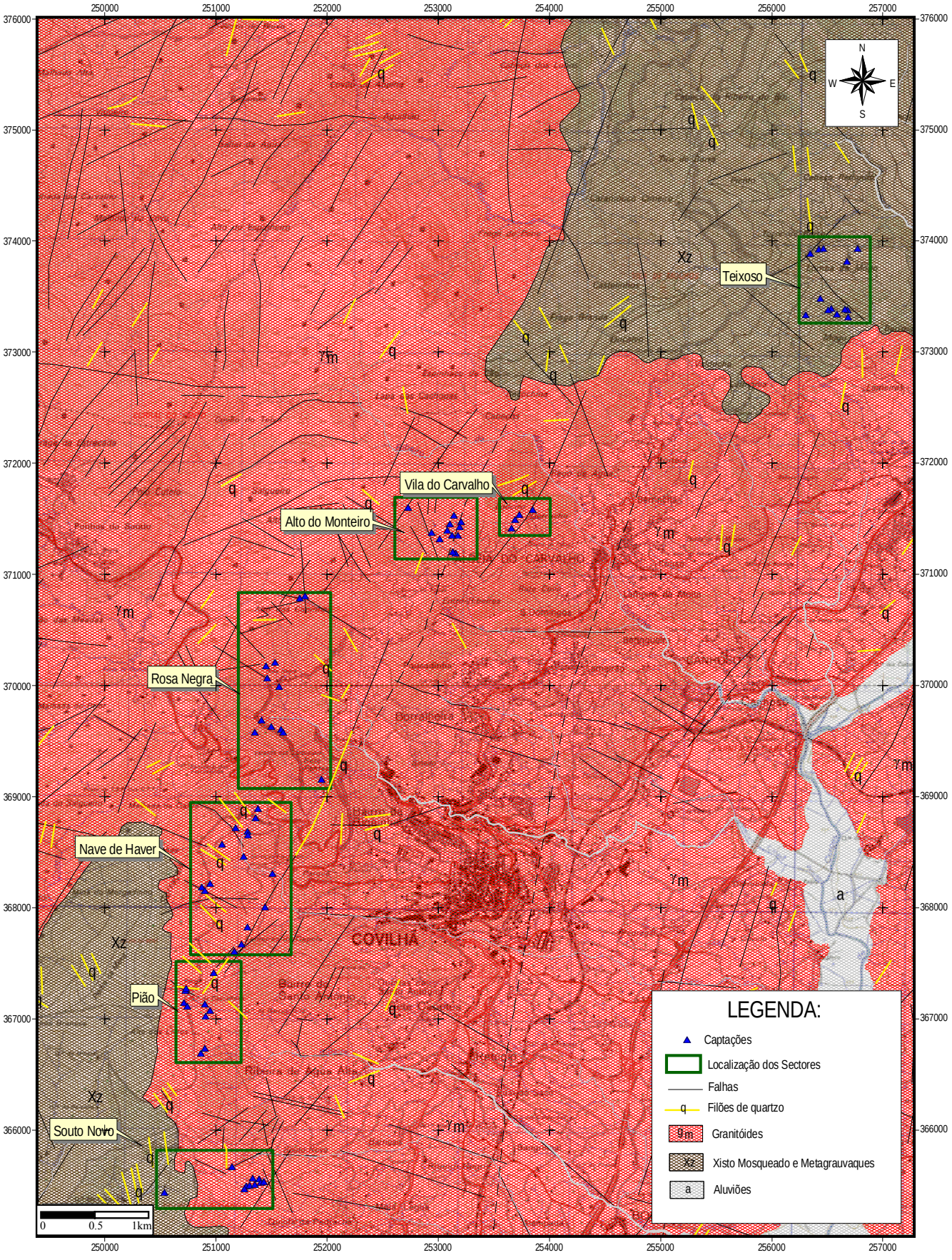


Figura 3.7 – Enquadramento geológico dos vários sectores em estudo.

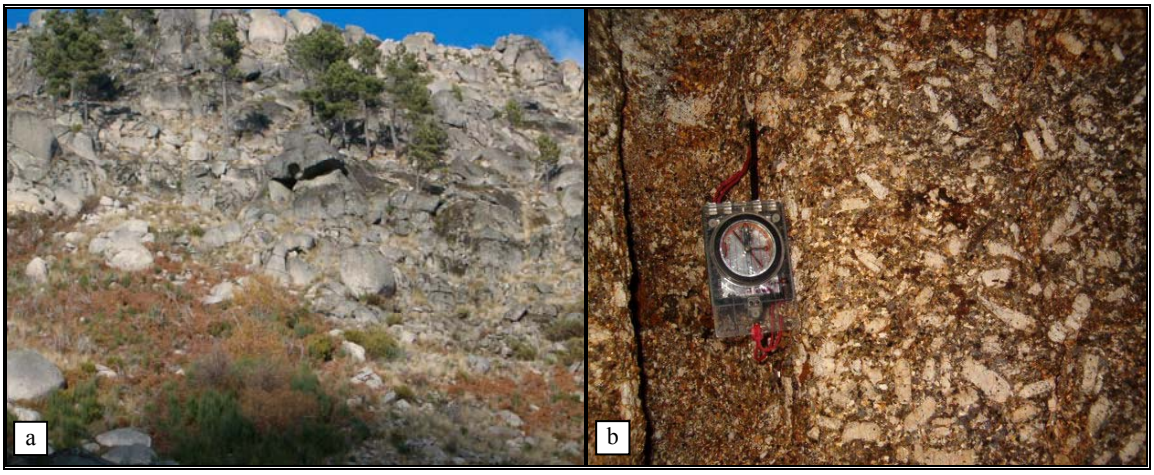


Figura 3.8 - Aspectos típicos de um afloramento (a) e da litologia em detalhe (b) dos granitóides da zona de estudo.

- Rochas Metamórficas

Por vezes ocorrem xistos corneanizados, ou mesmo corneanas, mas devido à sua tão fraca expressão aflorante não foram considerados. Quando ocorrem têm desenvolvimento sobre a área mapeada como xistos e nas proximidades dos contactos com os granitóides, como seria de esperar.

Xz – Xistos mosqueados e metagrauvaques – correspondem a uma sequência de alternância de xistos e grauvaques, cuja a matriz se apresenta quartzo-micácea, em que as "moscas" são o resultado de concentração de sericite e de outros minerais tais como a biotite, clorite, moscovite e o quartzo. Na Figura 3.9 apresentam-se imagens sobre aspectos típicos destas formações. Pertencem ao Complexo Xistograuváquico ante-ordovícico de idade aproximada 540 milhões de anos.

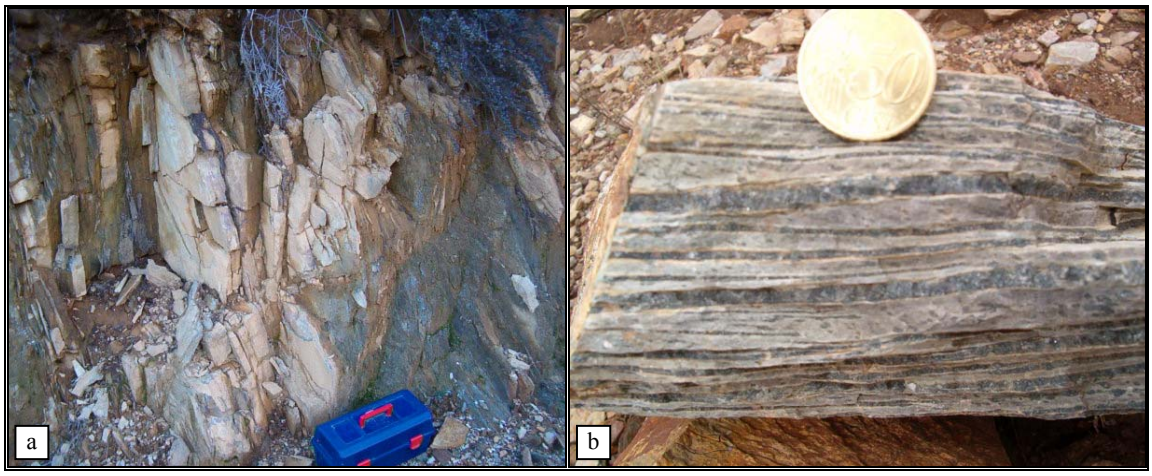


Figura 3.9 - Aspectos típicos de um afloramento (a) e da litologia em detalhe (b) das rochas metamórficas da zona de estudo.

- Filões e Massas

q – Filões de quartzo – são constituídos essencialmente por quartzo leitoso, branco ou acinzentado, e encontram-se na maioria dos casos associados a antigas falhas, podendo por isso atingir grande extensão. Na Figura 3.10 apresentam-se imagens sobre aspectos típicos destas formações. A idade destas rochas filoneanas é cerca de 240 milhões de anos.

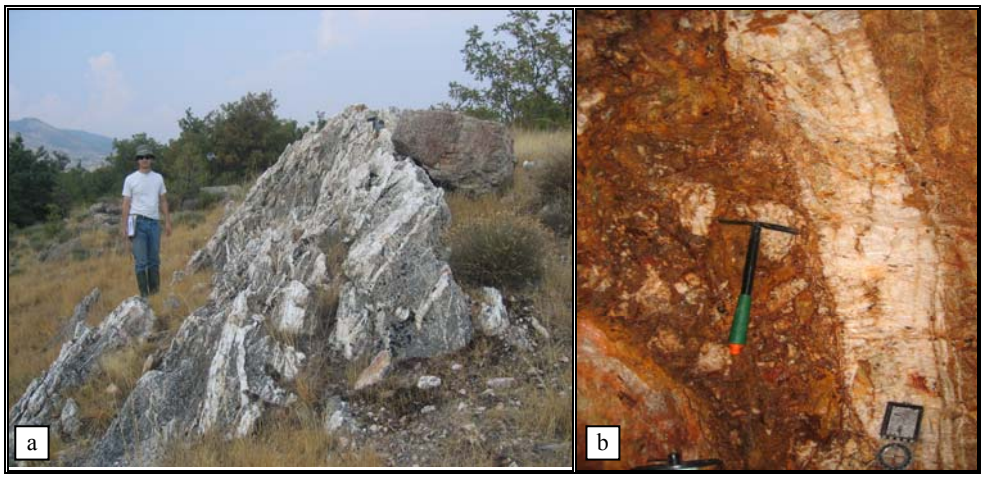


Figura 3.10 - Aspectos típicos de um afloramento (a) e da litologia em detalhe (b) das rochas filoneanas da zona de estudo.

3.2.3 - Nota geohistórica

A história geológica da região da Serra da Estrela é referida em vários documentos da especialidade, nomeadamente em Ferreira e Vieira (1999). Dos aspectos mencionados por estes autores merece referência a síntese apresentada a seguir.

A formação da Serra da Estrela remonta a um período com cerca de 650 milhões de anos, no chamado Pré-câmbrico, onde em ambiente marinho se foram acumulando sedimentos detríticos resultantes da erosão das rochas do continente. Estes sedimentos foram-se acumulando durante cerca de 150 milhões de anos em camadas alternantes de sedimentos argilosos muito finos e sedimentos de composição argilosa a arenosa fina, e que atingiram uma espessura total estimada em alguns quilómetros.

No Devónico médio (380 milhões de anos) originaram-se movimentos compressivos (Orogenia Hercínica) de modo a afectar os sedimentos marinhos depositados anteriormente, provocando dobras de orientação NW-SE sub-verticais.

No Carbónico (330 milhões de anos) ocorreu uma nova fase compressiva a qual foi acompanhada pela intrusão em profundidade do batólito granítico. Esta grande massa granítica não se instalou num único impulso, mas ao longo de cerca de 30 milhões de anos. No final do

ciclo Hercínico (240 milhões de anos) originaram-se vários sistemas de fracturas, com orientações diferentes: NNE-SSW a ENE-WSW e NNW-SSE a NW-SE.

Durante 175 milhões de anos, período correspondente a todo o Mesozóico, ocorreu um fenómeno designado por "uplift", o qual corresponde, à subida da massa rochosa mais profunda até à superfície, devido ao alívio da carga, provocado pela erosão dos níveis superiores.

Há 65 milhões de anos, período correspondente ao início do Terciário, ocorreram novas forças de compressão provocadas pela Orogenia Alpina e que provocaram o rejogo das antigas falhas hercínicas.

Durante o Miocénico superior e até ao início do Plistocénico, período temporal que corresponde a cerca de 8 milhões de anos, ocorreram os mecanismos de subida dos blocos que formam a Serra da Estrela, através de movimentos em sistemas de falhas paralelas, originando blocos desnivelados, o chamado efeito em escadaria.

Há cerca de 20 mil anos, ocorre a glaciação wurmiana, que permitiu que algumas das línguas glaciárias se instalassem em vales tectónicos, originando morfologias características e que ainda hoje são visíveis.

No seguimento, o troço inicial do Rio Zêzere, instalou-se sobre o vale glaciar de Manteigas, evoluindo quase em linha recta para Norte até a zona da vila de Manteigas, para depois contornar as fraldas da Serra da Estrela a NE da mesma e tomar rumo para Sul, até à Covilhã e neste sentido continuar. As aluviões actuais das principais linhas de água da região em estudo são uma consequência dos fenómenos geodinâmicos existentes em que o Rio Zêzere é o principal "motor".

3.3 - ASPECTOS HIDROGEOAMBIENTAIS BÁSICOS

3.3.1 – Climatologia

A caracterização climática é imprescindível para o cálculo da recarga dos aquíferos e da consequente avaliação dos recursos hídricos existentes. A sua abordagem é feita com base na análise temporal e espacial dos elementos meteorológicos, tais como temperatura, precipitação, insolação, humidade relativa, velocidade do vento e a evaporação.

Dos elementos climáticos disponíveis para a caracterização da zona em estudo, usaram-se os elementos de precipitação apresentados na Tabela 3.1, por serem aqueles, registados na estação meteorológica da Covilhã (Anexo II), instalada na vertente da Serra da Estrela genericamente coincidente com a área de estudo. Em relação a outros elementos climatológicos como a temperatura, não havendo registos disponíveis na estação anteriormente referida

utilizaram-se os registos da estação Penhas Douradas (Tabela 3.2), por ser a que, em termos de proximidade, apresenta registos ao longo de um vasto período de tempo e se enquadra na área da Serra da Estrela. Na Figura 3.11 estão representados os valores referentes à distribuição mensal da precipitação e da temperatura a usar nos estudos a desenvolver no presente trabalho.

Tabela 3.1 – Estatística dos valores de precipitação dos anos hidrológicos de 1939/1940 a 2005/2006 da estação meteorológica 12L/03-Covilhã (INAG, 2006).

Precipitação Mensal (mm)												
	OUT	**NOV**	**DEZ**	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**
Mínimo	0.0	0.4	5.7	0.0	0.0	0.0	3.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Média	171.8	214.2	240.8	239.1	200.0	165.0	119.8	107.4	42.4	13.5	15.7	60.2
Máximo	555.6	738.8	955.5	863.5	721.2	484.6	401.1	383.1	255.8	56.4	88.5	283.8
N. Valores	67	66	66	66	66	67	67	67	66	67	67	64
Estação meteorológica 12L/03-Covilhã do INAG (Latitude: 40º29'N; Longitude: 7º51'W; Altitude: 745m).												

Tabela 3.2 – Dados climatológicos dos anos de 1931 a 1960 da estação das Penhas Douradas (Ferreira, 1970).

Mês	**Temperatura (Mensal)**			**Humidade relativa do ar (%)**			**Insolação**		**Evaporação (mm)**
	Min.	**Máx.**	**Méd.**	**9h**	**15h**	**21h**	**Total (h)**	**Percent. (%)**	
Janeiro	-0.4	5.1	2.4	80	81	83	121.4	41	43.5
Fevereiro	-0.1	6.0	3.0	76	74	79	150.3	50	51.9
Março	1.6	7.8	4.7	76	74	80	171.1	46	70.0
Abril	3.1	10.3	6.7	72	66	76	223.0	56	91.6
Maio	5.5	12.9	9.2	72	67	77	247.1	55	104.3
Junho	9.8	18.0	13.9	64	59	71	320.0	71	145.3
Julho	12.6	21.7	17.2	55	49	60	375.1	82	215.6
Agosto	12.6	21.5	17.0	55	49	60	336.6	79	213.6
Setembro	10.4	18.2	14.3	65	59	70	243.1	63	144.2
Outubro	6.5	12.8	9.6	74	72	78	189.6	55	84.9
Novembro	2.9	8.4	5.6	79	79	82	141.4	47	60.2
Dezembro	0.4	6.0	3.2	80	80	82	124.0	43	44.6
Ano	5.4	12.4	8.9	71	67	75	2643.0	57	1269.7
Estação meteorológica das Penhas Douradas (Latitude: 40º25'N; Longitude: 7º33'W; Altitude: 1383m)									

Da análise da Figura 3.11 verifica-se que os meses de maior precipitação são Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro, os quais representam 57% da precipitação total. Os valores das temperaturas variam entre um mínimo, em Janeiro, de 2.4ºC e um máximo em Julho, de 17.2ºC sendo a temperatura média anual de 8.9ºC.

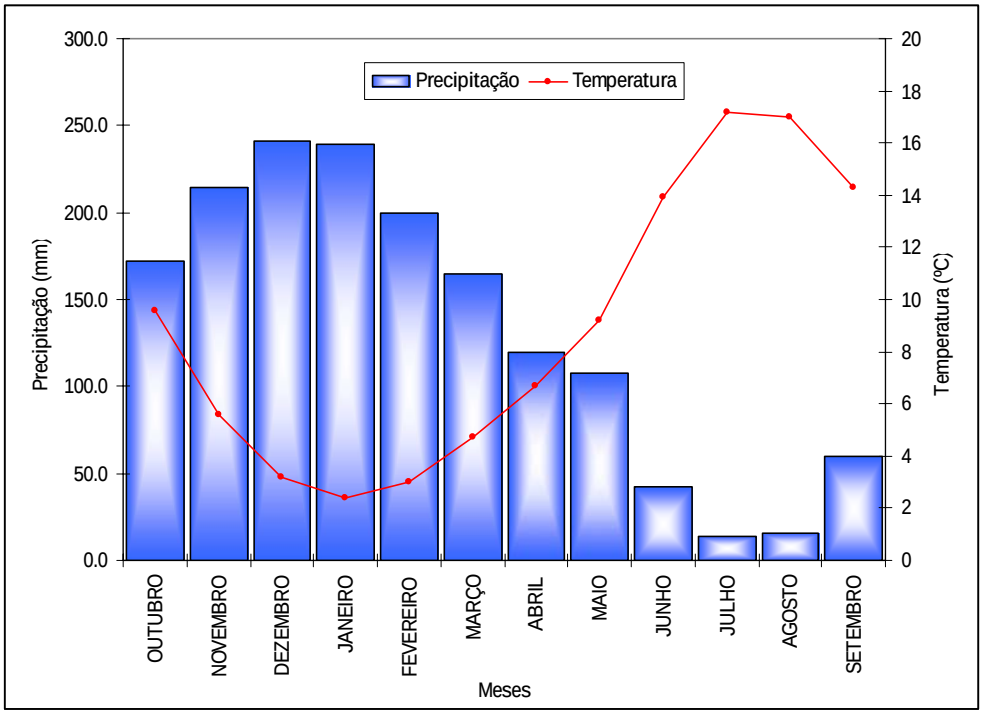


Figura 3.11 – Diagrama termo-pluviométrico para a zona da Covilhã.

Entretanto, para verificar os valores obtidos na estação meteorológica da Covilhã fez-se uma comparação destes dados com os dados de precipitação e temperatura da região no Atlas do Ambiente de Portugal (DGA, 2003) representados na Figura 3.12. Uma observação dos mapas daquela figura, permite verificar que para a zona em estudo a temperatura média diária do ar anual ronda entre 7.5 e 10ºC aproximadamente, com os valores menores a 7.5ºC para a zona a Norte. Em relação à precipitação média anual, os valores apresentam-se entre 1600 e 2000 mm para toda a área, sendo a situação similar ao verificado nos registos da estação meteorológica 12L/03-Covilhã do INAG (Tabela 3.1).

Para averiguar a interacção entre as águas superficiais e subterrâneas e aproximar a recarga da água subterrânea na região em estudo, apresentam-se na Tabela 3.3 os registos dos valores de precipitação diária ao longo dos meses em que se desenvolveu o presente trabalho, Janeiro a Dezembro de 2005. Na Figura 3.13 apresentam-se os respectivos valores em termos gráficos. Destes elementos salienta-se que o mês de menor e maior precipitação foi Julho (0.0 mm) e Outubro (312.7 mm), respectivamente. Salienta-se ainda que 2005 correspondeu a um ano em que só se registaram valores de precipitação em 91 dias, o que em termos percentuais se traduz em 25% do período anual.

Na Figura 3.14 apresenta-se a evolução da precipitação anual onde se pode constatar que no ano de 2005, a precipitação total corresponde a 53% da precipitação média anual, ou seja, claramente um ano com precipitação muito abaixo do normal.

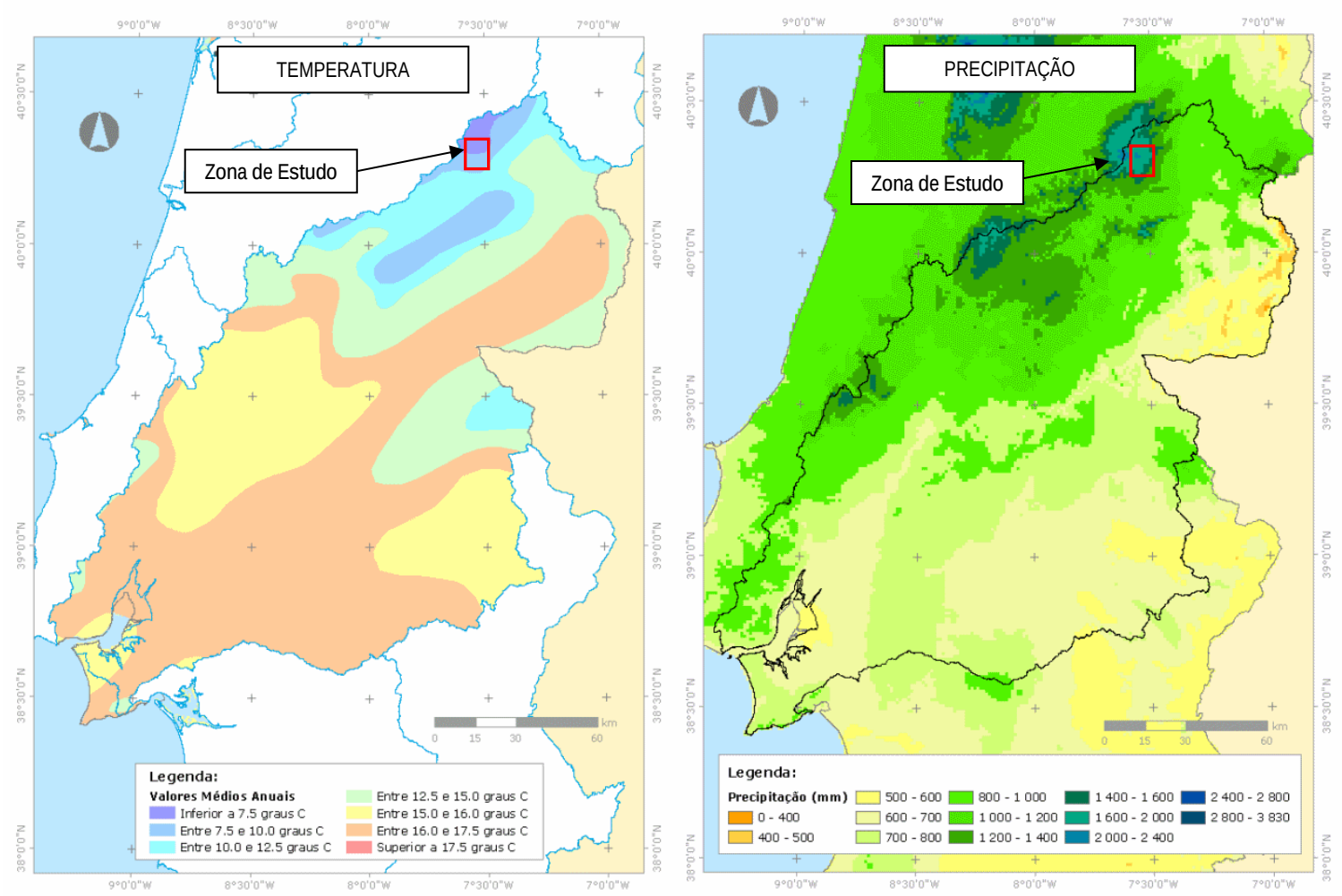


Figura 3.12 – Enquadramento da região em estudo em cartas do Atlas do Ambiente de Portugal (DGA, 2003).

Tabela 3.3 – Valores de precipitação diária (mm) durante o ano de 2005 obtidos na estação 12L/03 Covilhã (INAG, 2006).

Dia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0
2	0.0	0.0	0.0	9.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	76.6
3	0.0	0.0	0.0	28.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	16.0
4	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	0.2
5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
6	0.0	1.5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0
8	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.7	1.3	1.8	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	60.6	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0
13	4.1	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.3	0.0
14	1.1	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.2	0.0
16	0.1	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0
18	0.0	0.4	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.3	0.0
19	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8	0.0
20	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	34.4	0.0
21	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	4.2	0.0
22	0.0	1.1	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	2.8	0.0
23	0.0	24.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
24	0.0	18.1	4.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
25	0.0	0.0	1.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
26	0.0	0.1	33.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	35.0
27	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0	0.1	0.0	15.3
28	0.0	0.0	15.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	80.6	0.3	4.4
29	0.0	-	9.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	7.1	3.2	0.0
30	0.0	-	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.7	0.0	0.0
31	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	-	42.4	-	0.4
Nº de Valores	**31**	**28**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**	**31**	**30**	**31**	**30**	**31**
Min.	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Média	**0.2**	**1.9**	**3.0**	**2.1**	**0.7**	**0.0**	**0.3**	**0.0**	**0.3**	**10.1**	**3.9**	**4.9**
Max.	**4.1**	**24**	**33.5**	**28.4**	**6.1**	**0.0**	**8.5**	**0.7**	**8.2**	**80.6**	**34.4**	**76.6**
Soma Mensal	**5.5**	**53**	**93.3**	**62.5**	**22.4**	**0.0**	**9.3**	**0.7**	**9.5**	**312.7**	**117.7**	**150.2**
Soma Acumulada	**5.5**	**58.5**	**151.8**	**214.3**	**236.7**	**236.7**	**246.0**	**246.7**	**256.2**	**568.9**	**686.6**	**836.8**

Para além dos valores de precipitação na fase líquida, não se pode deixar de referir que, outras formas de precipitação atmosférica, entre as quais se destacam a neve, o granizo, a geada e o nevoeiro, desempenham um papel relevante na hidrologia regional. A neve assume particular importância, não só como importante fonte de alimentação da escorrência superficial durante o degelo, mas também, através da fracturação e do diaclasamento, na recarga dos aquíferos da região, por cobrir os terrenos durante os meses de Inverno, formando por vezes um manto espesso.

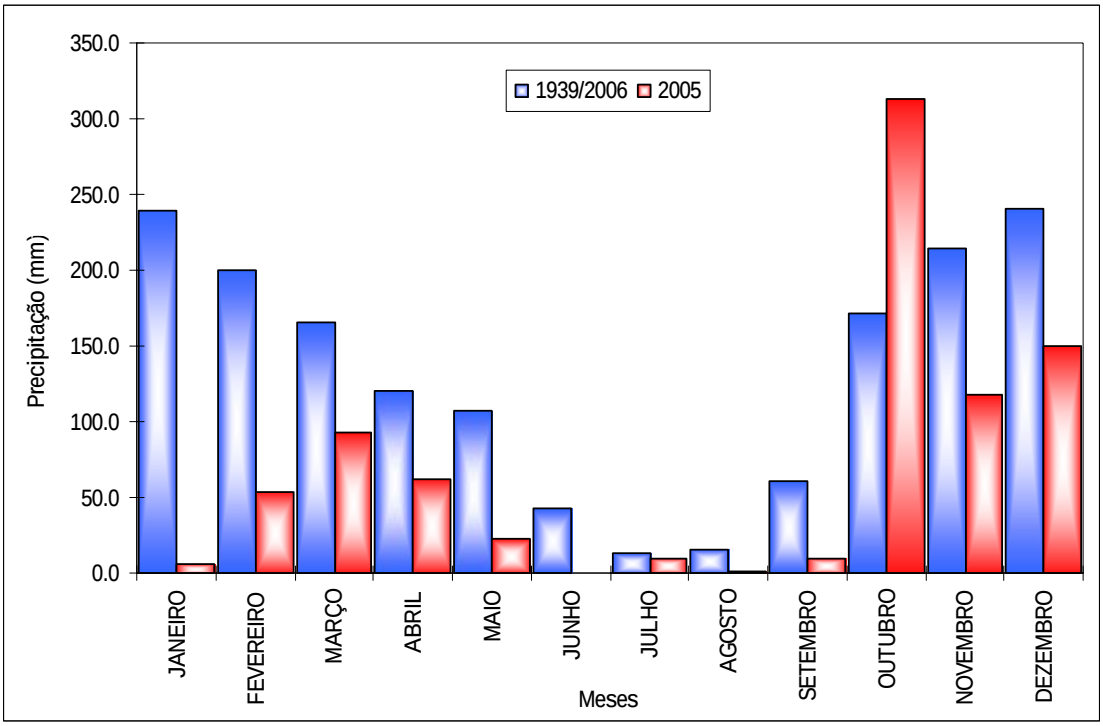


Figura 3.13 – Hietograma mensal (mm) a partir de valores médios registados na estação 12L/03-Covilhã (INAG,2006).

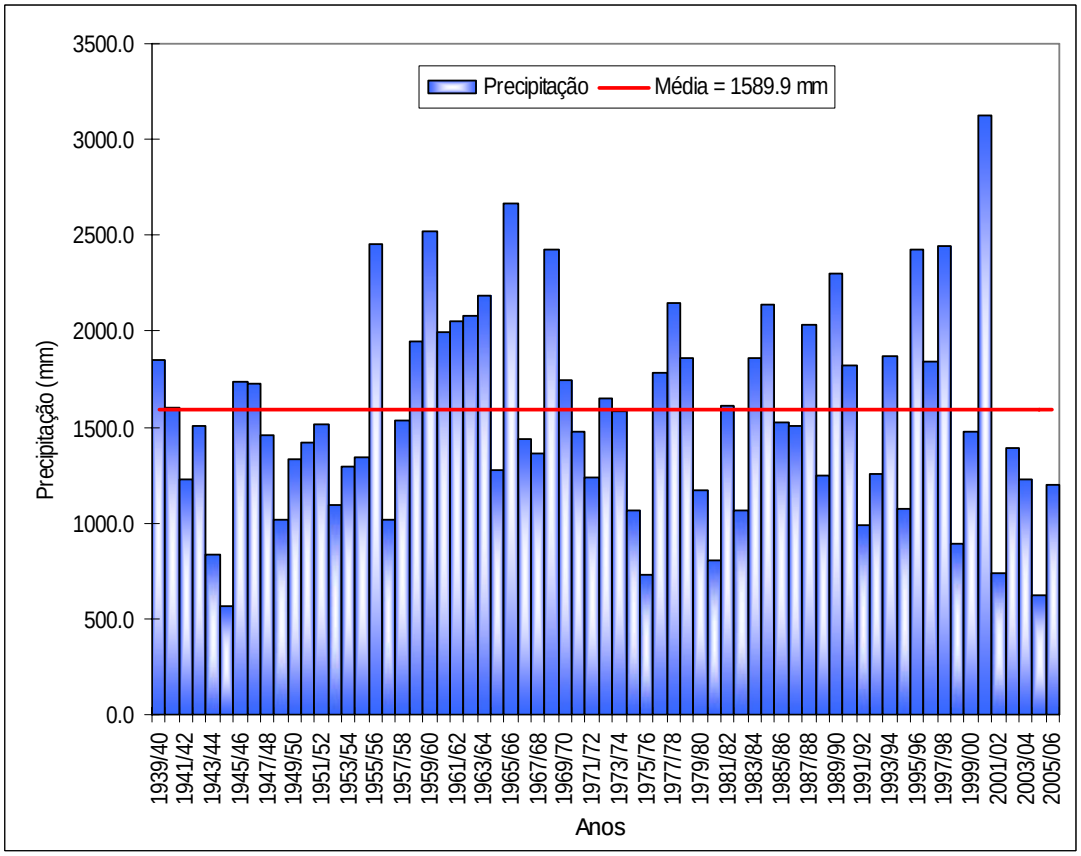


Figura 3.14 – Hietograma anual (mm) a partir de valores registados na estação 12L/03-Covilhã (INAG,2006).

3.3.2 - Balanço hidrológico

No presente estudo, para o cálculo do balanço hidrológico sequencial mensal, utiliza-se metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1957, *in* Lencastre e Franco,1984), utilizando a seguinte equação:

$$P - (ETR + \Delta S_{so}) = R + \Delta S_s + G + \Delta S_{sso}\,(mm)$$

em que:

- *P*, é a precipitação,
- ETR, é a evapotranspiração real,
- R e G, são os escoamentos superficiais e subterrâneos, respectivamente, e
- ΔS_s, ΔS_{so} e ΔS_{sso}, são as variações do armazenamento de água, à superfície, no solo arável e no subsolo, respectivamente.

O cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) efectua-se pelo método de Thornthwaite, a partir da seguinte equação:

$$ETP = k \times ETP_o\ (mm/mês)$$

em que:

- k é um factor correctivo e corresponde a um parâmetro que depende do nº de horas de luz do dia, função da latitude do lugar, sendo determinado de acordo com valores tabelados em Lencastre e Franco (1984).
- ETP_o, é a evapotranspiração potencial média para meses teóricos de 30 dias e 12 horas de luz por dia, num local do equador de latitude zero, sendo:

$$ETP_o = 16 \times (10 \times T/I)^a\ (mm/mês)$$

em que:

- T é a temperatura média diária do mês (ºC),
- a, é um parâmetro dado pela seguinte equação:

$$a = 675\times10^{-9} \times I^3 - 771\times10^{-7} \times I^2 + 1790\times10^{-5} \times I + 0{,}49$$

onde:

- I, é o índice de calor anual, expresso pela seguinte forma:

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij$$

sendo, i, o índice de calor mensal, dado pela seguinte equação:

$$i = (T/5)^{1,5}\quad (T \text{ em } ºC)$$

O resultado dos cálculos para a determinação de ETP apresentam-se na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Evapotranspiração potencial (ETP) a partir do método de Thornthwaite para a zona das captações de água subterrânea em estudo.

Parâmetro	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
T(ºC)	2.4	3.0	4.7	6.7	9.2	13.9	17.2	17.0	14.3	9.6	5.6	3.2
i	0.330	0.462	1.219	1.556	2.511	4.683	6.460	6.346	4.888	2.678	1.187	0.510
ETP_0 (mm)	11.8	14.8	23.4	33.6	46.4	70.8	88.0	87.0	72.9	48.5	28.0	15.8
k	0.80	0.89	0.99	1.10	1.20	1.25	1.23	1.15	1.04	0.93	0.83	0.78
ETP (mm)	9.4	13.2	23.2	37.0	55.7	88.5	108.2	100.1	75.8	45.1	23.2	12.3
I= 32.83						a= 1.022						

A determinação de todos os termos do balanço hidrológico, apresenta-se na Tabela 3.5; os diversos termos apresentados neste quadro definem-se do seguinte modo:

- *P*, é a precipitação média mensal,

- ETP, é a evapotranspiração potencial (Tabela 3.4),

- L, é a perda potencial de água, em cada intervalo de tempo do período seco (em que *P*<ETP), sendo:

$$L(i) = \sum_{j=1}^{i} (P - ETP)\, j \qquad (L<0)$$

sendo: i, o nº da sequência do intervalo (coluna), em causa, desde o início do período seco; j, o nº de qualquer intervalo do mesmo período seco;

- Sso, é o armazenamento de água que fica no solo de capacidade utilizável pelas plantas (n_u), e se calcula:

-no período seco (*P* - ETP < 0), pela seguinte equação: $(Sso)_i = (n_u.e^{L/nu})_i$

-no período húmido: pela seguinte equação: $(Sso)_i = (P - ETP)_i + (Sso)_{i-1}$, se $Sso<n_u$, até completar a capacidade utilizável pelas plantas, que se considera n_u=100mm.

- ΔSso_i é a variação do armazenamento de água em cada intervalo de tempo, ou seja:

$$\Delta Sso_{(i)} = Sso_{(i)} - Sso_{i-1}$$

- ETR_i é a evapotranspiração real que ocorre em cada intervalo de tempo i, ou seja:

$$ETR_i = (P - \Delta Sso)_i \qquad (\Delta Sso < 0)$$

$$ETR_i = ETP_i \qquad (\Delta Sso \geq 0)$$

- DH_i são os défices hídricos nos sucessivos intervalos de tempo i, em que *P*<ETP, sendo:

$$[DH]_i = [ETP - ETR]_i = [ETP + \Delta Sso - P]_i \qquad (\Delta Sso<0)$$

- SH_i são os resultados do superavit hídrico, dos sucessivos intervalos de tempo i, em que, *P* ≥ ETP, sendo:

$$[SH]_i = [P - (ETP + \Delta Sso)]_i \qquad (\Delta Sso \geq 0)$$

Os resultados do balanço hidrológico sequencial mensal em termos gráficos apresentam-se na Figura 3.15.

Tabela 3.5 – Balanço Hidrológico (*) para a zona das captações de água subterrânea em estudo.

Termo	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
P	239.1	200.0	165.0	119.8	107.4	42.4	13.5	15.7	60.2	171.8	214.2	240.8	1589.9
ETP	9.4	13.2	23.2	37.0	55.7	88.5	108.2	100.1	75.8	45.1	23.2	12.3	591.7
***P*-ETP**	229.7	186.8	141.8	82.8	51.7	-46.1	-94.7	-84.4	-15.6	126.7	191.0	228.5	998.2
L	-	-	-	-	-	-46.1	-140.8	-225.2	-240.8	-	-	-	-652.9
Sso	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	63.1	24.5	10.5	9.0	100.0	100.0	100.0	-
ΔSso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-36.9	-38.6	-14.0	-1.5	91.0	0.0	0.0	-
ETR	9.4	13.2	23.2	37.0	55.7	79.3	52.1	29.7	61.7	45.1	23.2	12.3	441.9
DH	-	-	-	-	-	9.2	56.1	70.4	14.1	-	-	-	149.8
SH	229.7	186.8	141.8	82.8	51.7	-	-	-	-	35.7	191.0	228.5	1148.0

Nota: todos os termos têm as unidades em mm. (*) admite-se que n_u se encontra integralmente satisfeito no início do período seco, ou seja, Sso=100mm, em Maio.

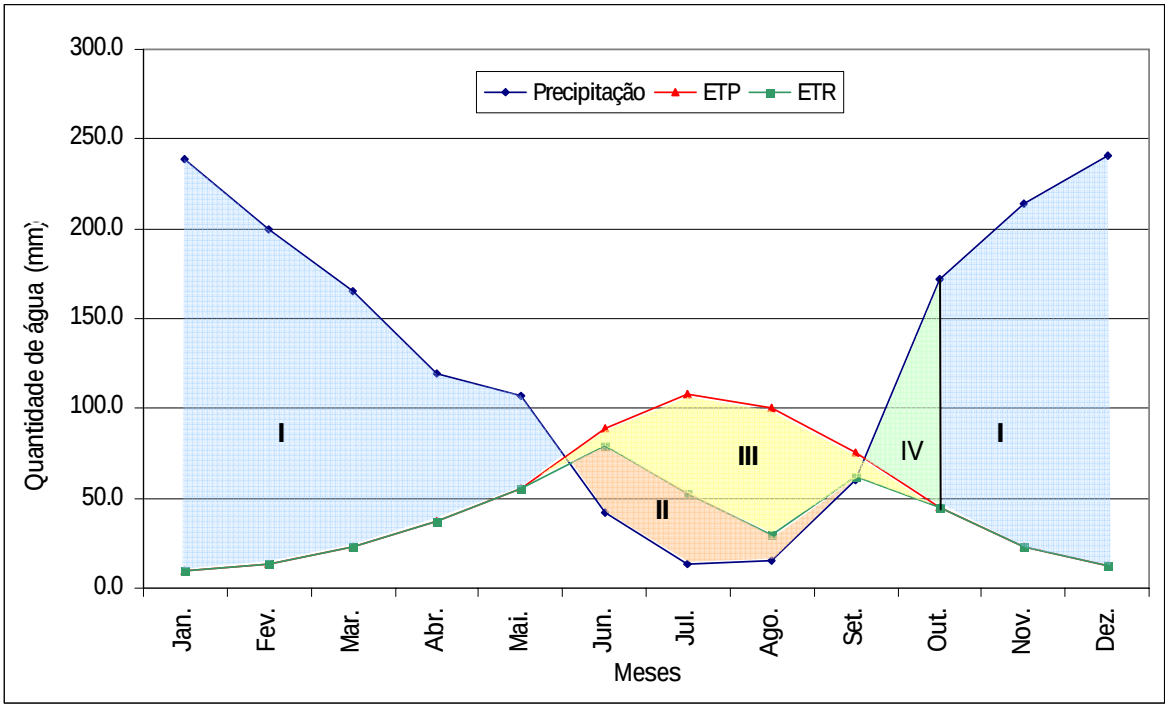


Figura 3.15 – Expressão gráfica do balanço hidrológico para a zona em estudo. I –Excedentes; II – Consumo das reservas; III – Défice hídrico; IV – Restituição das reservas.

Dos resultados do balanço hidrológico verifica-se a ocorrência de um período seco e um período húmido; o primeiro é traduzido pelos défices hídricos (DH), que vai de Junho a Setembro, atingindo o máximo em Agosto; o segundo, o período húmido, traduzido pelo superavit hídrico (SH), que vai de Outubro a Maio, verificando-se o excesso máximo de água, em Janeiro. No período húmido, o superavit divide-se em duas parcelas: o escoamento superficial (R) e escoamento subterrâneo (G), ou seja:

$$SH = R + G = 1148 \text{ mm}.$$

Os excedentes anuais de 1148 mm sugerem à partida uma significativa recarga aquífera, no entanto esta situação merece uma análise mais detalhada.

Neste sentido, procedeu-se à determinação dos valores de recarga utilizando um método clássico que consiste em determinar a curva de esgotamento das nascentes. Para tal seleccionou-se uma área da região em estudo onde foi possível a aplicação deste método: o conjunto de captações SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d (Figura 3.16). Esta área é definida geomorfologicamente por uma sub-bacia hidrográfica com cerca de 0.18 km^2 de área, declives da ordem de 21%, onde aflora um maciço granítico geralmente muito fracturado e uma cobertura vegetal com algum significado.

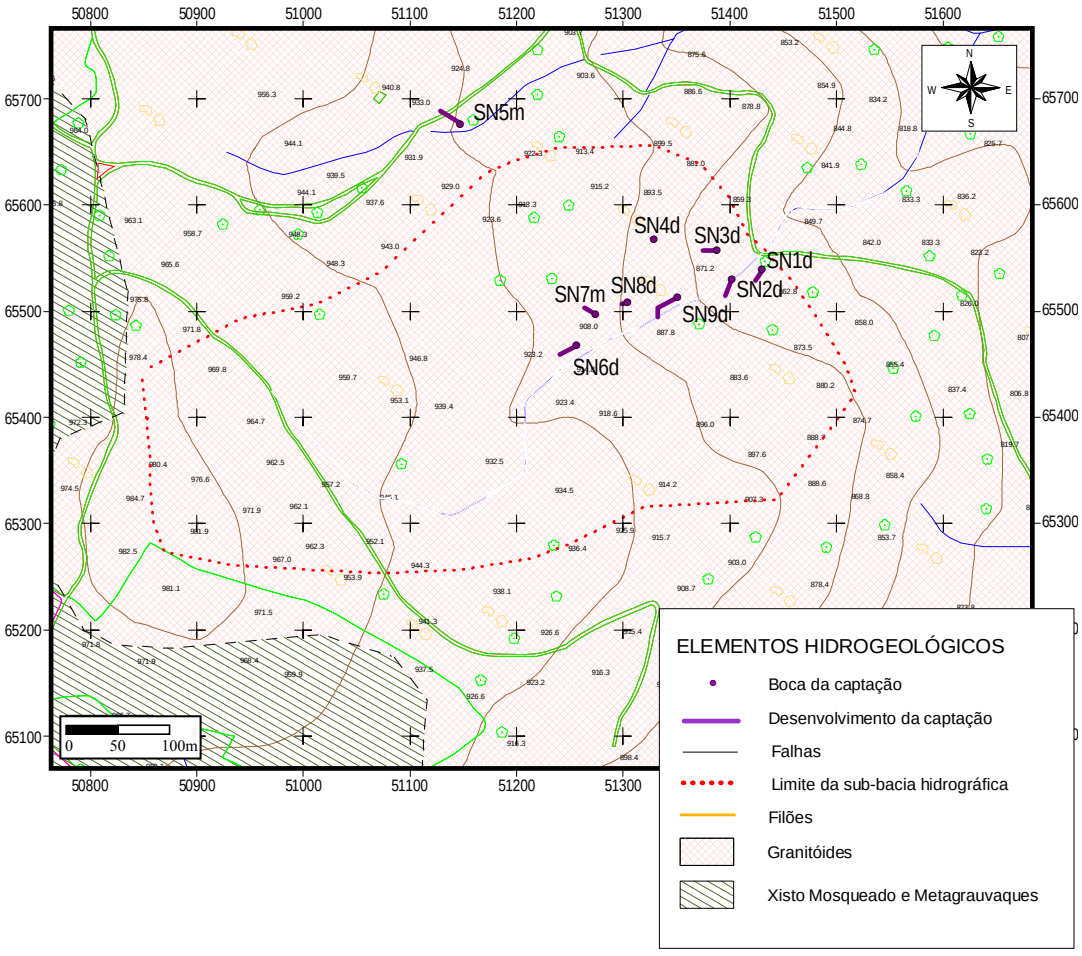


Figura 3.16 – Localização das captações do sector do Souto Novo utilizadas na determinação da curva de esgotamento das nascentes.

Ainda através do reconhecimento de campo foi possível constatar que nesta sub-bacia não ocorre nenhuma linha de água superficial e que as captações são pouco profundas, mantendo-se a maioria durante todo o ano com um caudal relativamente razoável.

Assim, considerando que o conjunto de captações existentes são o único elemento drenante nesta bacia, procedeu-se à análise da variação do seu caudal, ao longo de todo o ano 2005, período coincidente com os restantes estudos deste trabalho (Figura 3.17). No sentido de analisar

com detalhe a curva de esgotamento num período sem precipitação, considera-se a projecção dos logaritmos naturais dos caudais medidos, em relação ao tempo, no período entre 31 de Maio e 27 de Setembro, obtendo-se uma recta de regressão com um coeficiente de correlação de 0.94, cuja equação é:

$$\ln Q = 4{,}16 - 0{,}0108x$$

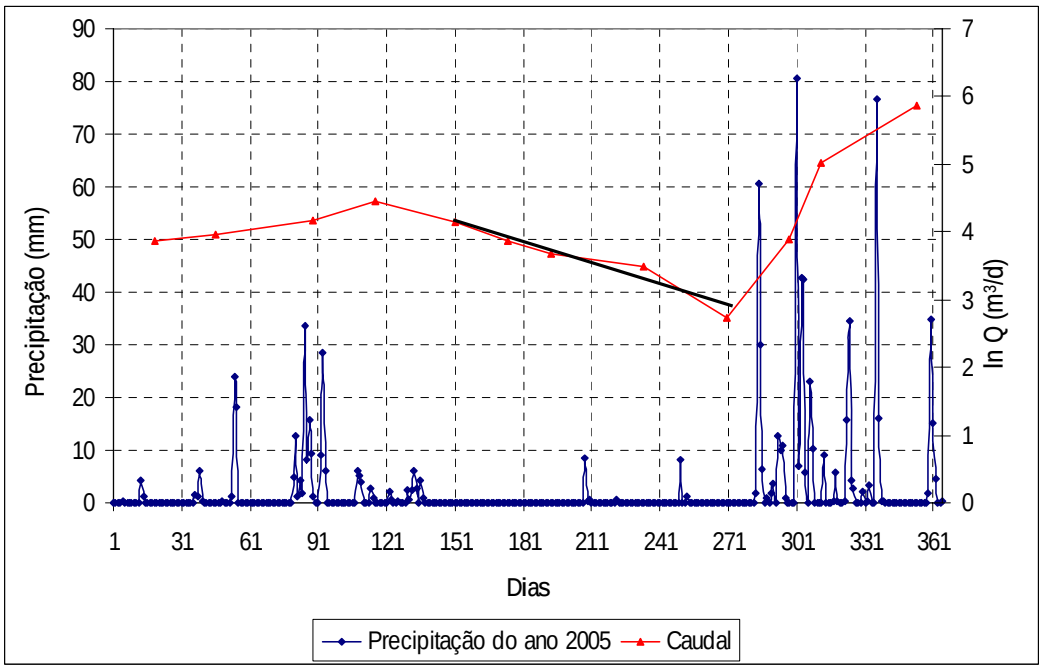


Figura 3.17 – Curva de esgotamento do conjunto de captações (SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d) integradas numa pequena bacia do sector Souto Novo e relação com a precipitação registada ao longo do ano.

Segundo Custódio e Llamas (2001), o volume de água armazenado (V_0) pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$V_0 = \int_0^\infty Q dt \quad = \int_0^\infty Q_0 e^{-\alpha t} dt \quad = \frac{Q_0}{\alpha}$$

onde:

- Q_0, corresponde ao caudal no início da recessão,
- α, corresponde coeficiente de esgotamento, o qual é definido pelo declive da recta.

Assim, para o período temporal em análise tem-se:

$$\ln Q_0 = 4{,}16 \quad \Leftrightarrow \quad Q_0 = 63{,}8 \text{ m}^3/\text{d}, \quad \text{e} \quad \alpha = 0{,}0108 \text{ d}^{-1};$$

substituindo, vem que

$$V_0 = \frac{63{,}8}{0{,}0108} = 5907{,}4 m^3 .$$

Considerando a área da bacia, é possível calcular a quantidade de água infiltrada (I), ou seja:

$$I = \frac{V_0}{A} = 32{,}8 mm .$$

Admitindo que o episódio de precipitação, responsável por este escoamento em análise, ocorreu entre 05 de Janeiro a 25 de Abril (Tabela 3.3 e Figura 3.17) aquele valor corresponde a um total de 214.3mm de chuva para esse período. Assim, o volume determinado (V_0) representa 15% do total da precipitação.

Destes resultados há a orientação que os escoamentos subterrâneos (G) sejam desta ordem de grandeza (15%) em relação à precipitação total.

Ainda sobre a estimativa de recarga em terrenos graníticos refere-se que Lima e Silva (1995) em trabalhos desenvolvidos na região de Braga, admitem um coeficiente de infiltração médio de 18%; Lima (2000) considera um valor de alfa de 0.016 dia^{-1} para quatro nascentes situadas na região do Gerês e valores situados entre 0.01 dia^{-1} e 0.03 dia^{-1} para outras regiões do Minho.

3.3.3 - Pontos de água

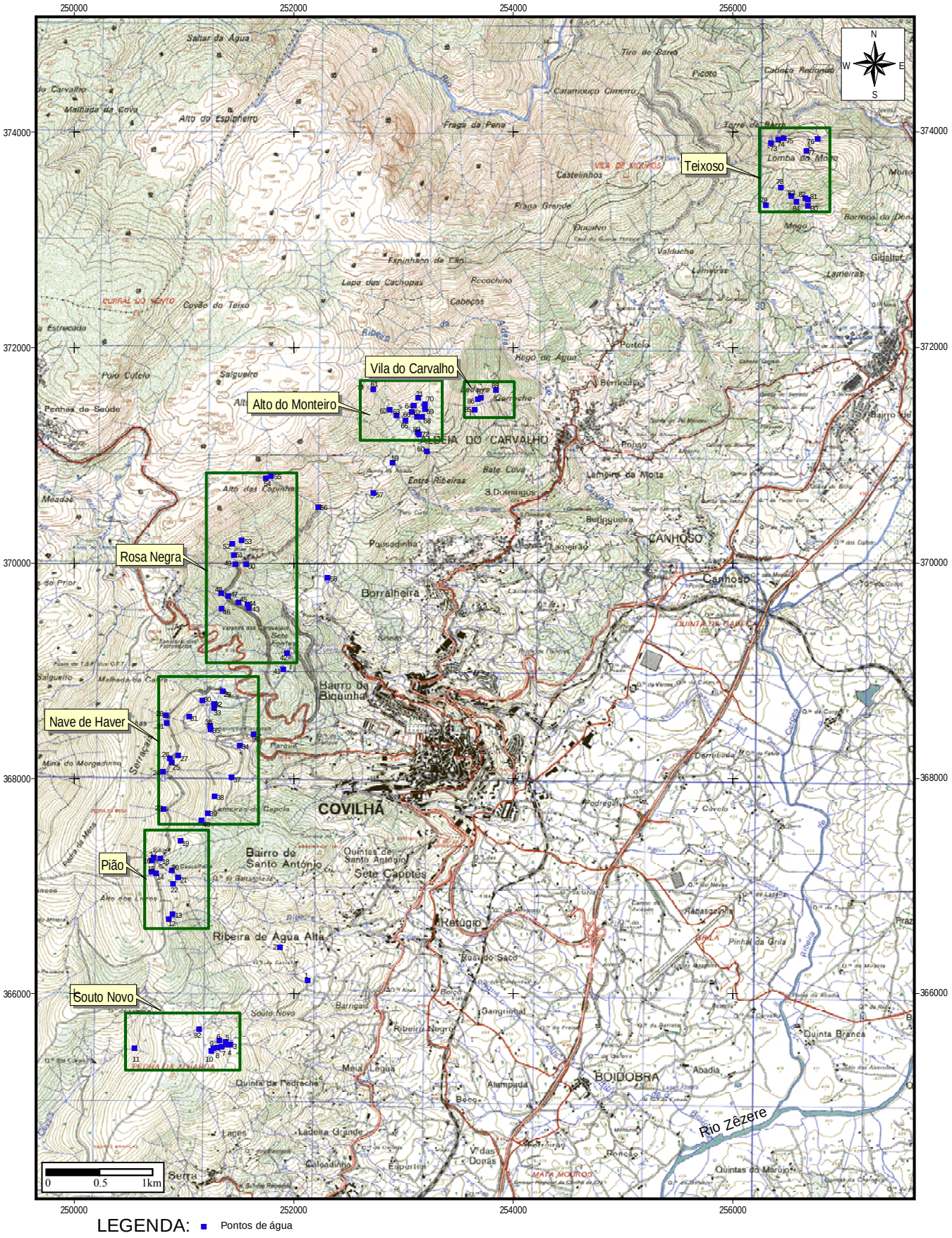
Com o intuito de se clarificar a situação hidrogeológica na região em estudo, efectuou-se um inventário dos vários pontos de água, que pudessem fornecer dados credíveis a utilizar nas fundamentações e conclusões do estudo.

Não obstante, para além das próprias captações em estudo e de um pequeno número de pontos de água de quase nula relevância, não existem poços ou furos face à quase nula ocupação humana e à inexistência de actividades agrícolas ou industriais na zona.

Na Figura 3.18 apresenta-se a localização dos vários pontos de água registados. Os resultados detalhados correspondentes aos valores da medição de caudal, condutividade eléctrica, pH, temperatura e Eh daqueles pontos, apresentam-se nos Anexos III, IV, V, VI e VII, respectivamente.

3.3.4 - Unidades hidrogeológicas

Considerando a região de todos os sectores em estudo e envolventes, a situação hidrogeológica é uma consequência dos aspectos geomorfológicos e geológicos apresentados nos itens anteriores. Assim, com base naqueles aspectos elaborou-se a carta hidrogeológica da região em estudo, apresentada na Figura 3.19, onde as unidades hidrogeológicas consideradas são as seguintes:



LEGENDA: ▪ Pontos de água

Figura 3.18 – Localização dos pontos de água inventariados e estudados na região das captações de água subterrânea em análise.

Unidade A - Formações metamórficas

Composto pelas formações xistosas (xistos mosqueados e metagrauvaques) do Complexo Xistograuváquico ante-Ordovícico; a permeabilidade destas formações é do tipo fissural, funcionando na globalidade, quase como que "impermeáveis", no entanto localmente e ao longo de algumas fracturas, pode-se verificar uma permeabilidade modesta, mas sempre muito inferior à verificada nos granitóides. Na zona de estudo e na globalidade admite-se que estas formações constituem um aquífero do tipo freático fissural e com condutividade hidráulica da ordem de $1.6x10^{-6}$ m/s (Davis, 1969). Estudos de Carvalho *et al.* (2004) em formações deste tipo indicam para valores de transmissividade da ordem de $4.6x10^{-5}$ m^2/s.

Unidade B - Formações graníticas

Composto pelos granitóides, trata-se de um meio fracturado de permeabilidade média frequentemente do tipo fissural, onde a capacidade aquífera está directamente relacionada com a densidade da rede de fracturas, falhas, diáclases e ainda de filões predominantemente de quartzo, muito fracturado. A circulação das águas de infiltração nesta unidade processa-se através da rede de descontinuidades e origina numerosas exsurgências com caudais bastante variados.

Pontualmente ocorrem locais do maciço bastante arenizado, os quais associados às zonas de declives suaves quase horizontais favorecem a infiltração e recarga dos aquíferos fissurados existentes nos granitos, correspondem assim, estas zonas, a formações com permeabilidade média do tipo intersticial e também como um factor de regularização da escorrência subterrânea.

Esta unidade num todo, admite-se na zona em estudo, corresponder a um aquífero do tipo freático fissural, com condutividade hidráulica da ordem de $3.2x10^{-6}$ m/s (Davis, 1969). Entretanto, e para caracterizar hidráulicamente esta unidade, foi possível efectuar um ensaio de caudal num furo vertical da região, implantado nos "granitóides", com uma bomba submersível. Os resultados detalhados apresentam-se no Anexo VIII, tendo o ensaio demorado 180 minutos. Estes mesmos resultados apresentam-se em termos gráficos nas Figuras 3.20.

Para a interpretação do ensaio, admitiu-se um aquífero livre, num modelo contínuo e equivalente a um meio poroso e aplicando o Método de Jacob em regime transitório, considerando a zona produtiva entre os 15 e 40 m, obteve-se, como valor de transmissividade $4.5x10^{-5}$ m^2/d e de condutividade hidráulica $1.85x10^{-6}$ m/s.

Ainda no âmbito da caracterização hidráulica deste tipo de maciço, merece referência o trabalho de Carvalho *et al.* (2004), cujas investigações realizadas, ao analisar os resultados de um grande número de ensaios, conduziram a uma caracterização da transmissividade da ordem de $5.4x10^{-5}$ m^2/d.

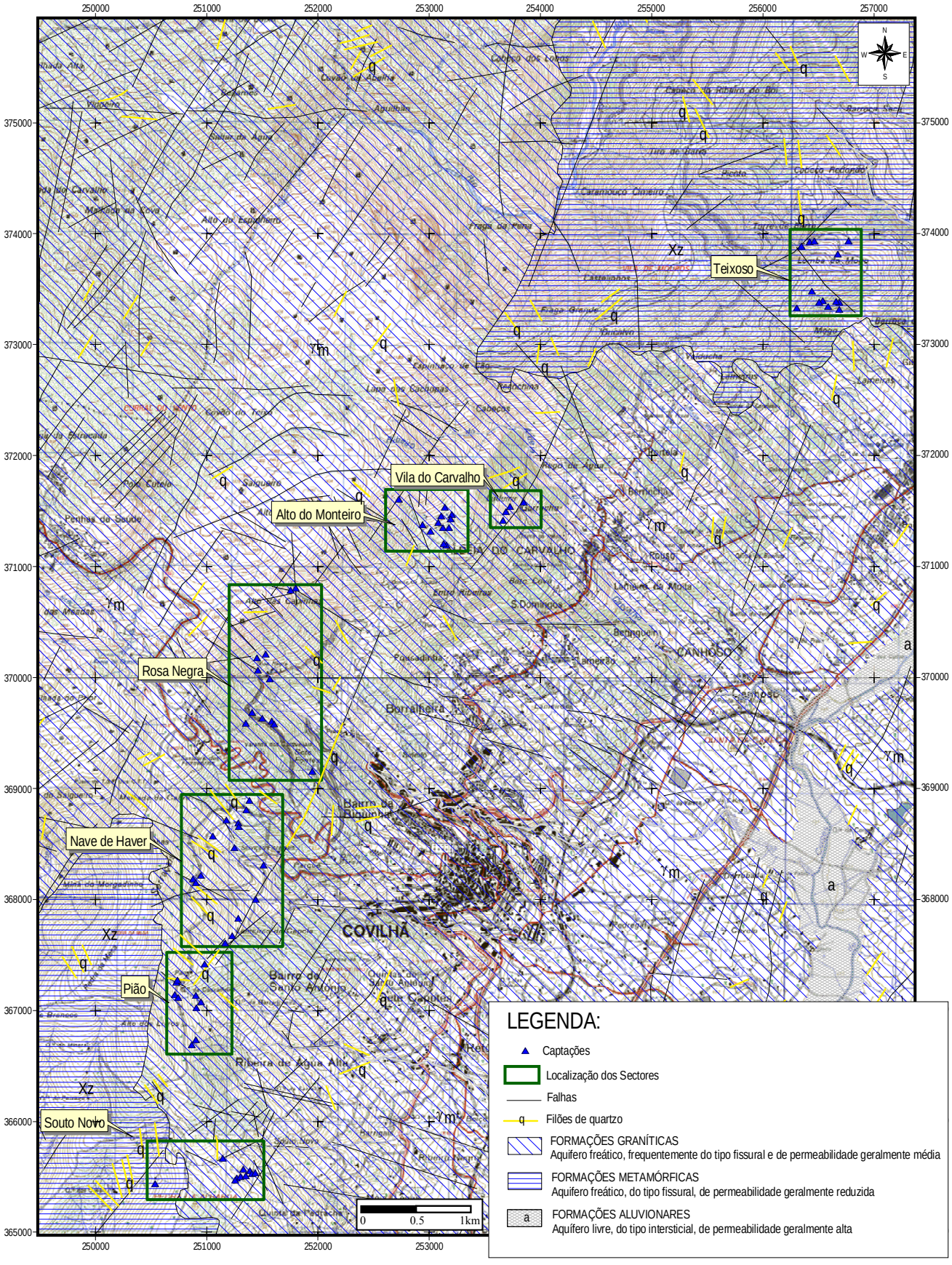
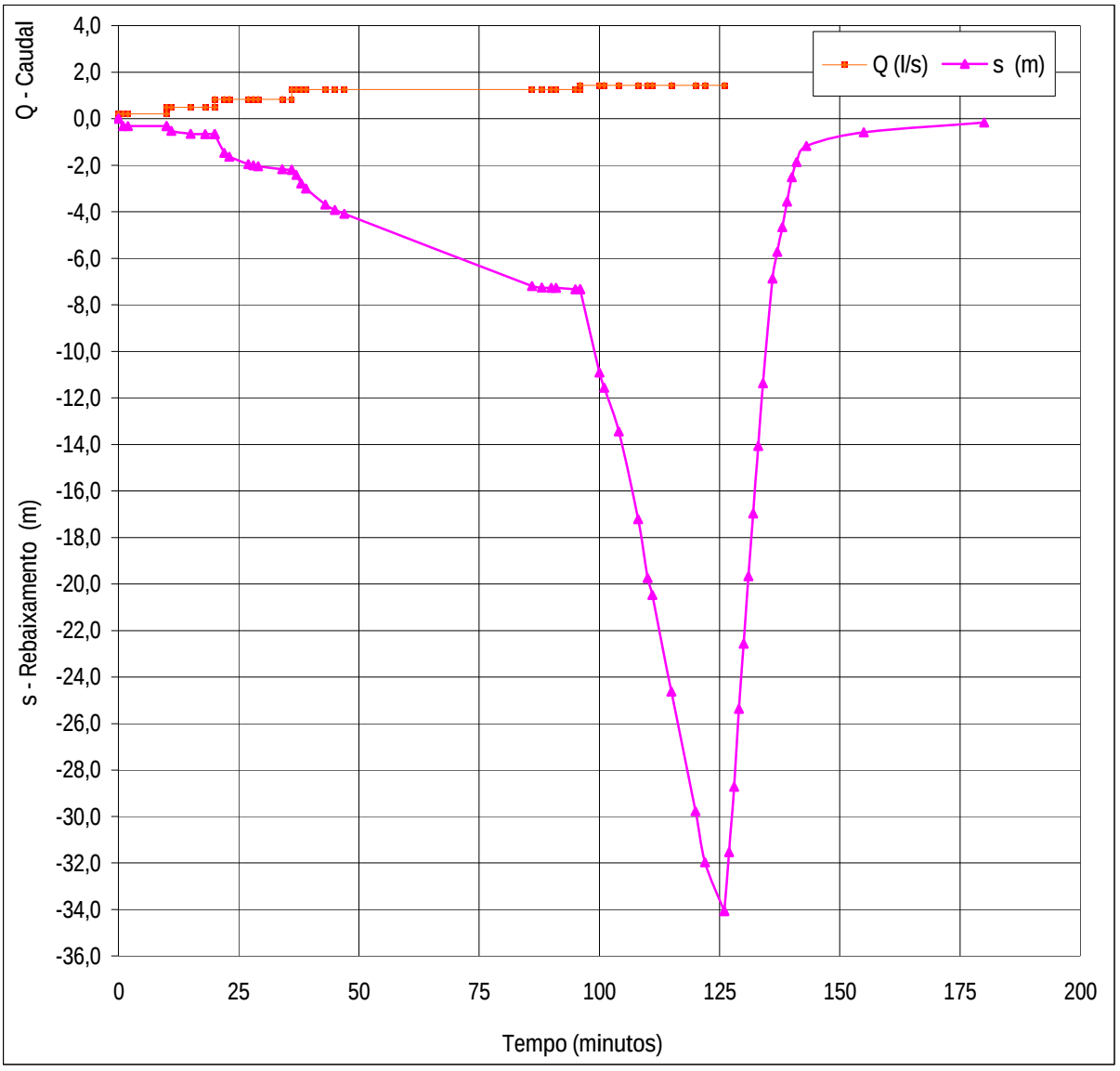


Figura 3.19 – Carta das principais unidades hidrogeológicas da região em estudo da zona das captações de água subterrânea da Covilhã.



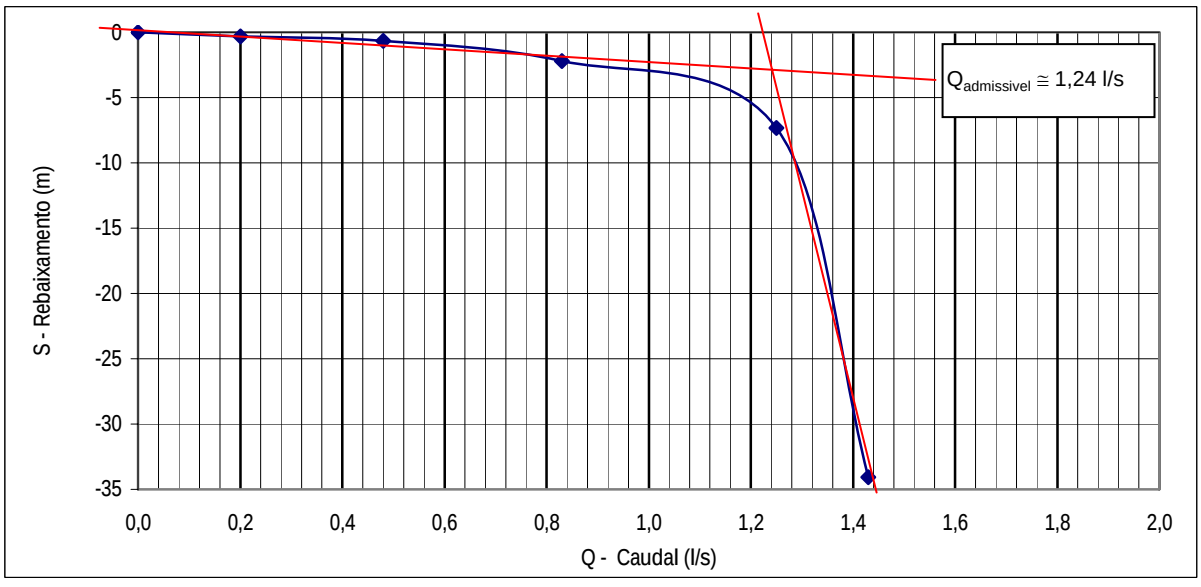


Figura 3.20 - Resultados de um ensaio de caudal efectuado num furo vertical em rochas graníticas da região da Covilhã.

Unidade C - Formações aluvionares

Inclui as aluviões arenosas e cascalheiras associadas às linhas de água, como é o caso da Ribeira de Corges. Apresentam permeabilidade do tipo intersticial, e constituem um aquífero geralmente do tipo livre. Esta unidade, na zona de trabalho (a montante da cidade da Covilhã) não tem grande expressão cartográfica à escala usada (1:30000), no entanto ocorre nas principais linhas de água, sem significativa importância no presente trabalho.

3.3.5 - Considerações sobre o modelo geohidráulico

Como se apresentou no item 3.3.2, a região em estudo apresenta excedentes com algum significado, que associados à intensa fracturação do maciço se torna muito provavelmente numa situação relativamente favorável em termos de infiltração potencial e a consequente recarga de água subterrânea. Em termos genéricos pode-se referir, para a zona em estudo, que o sentido da escorrência superficial e escoamento subterrâneo se faz de Oeste para Este, ou seja, das zonas a montante do maciço central da Serra da Estrela, para a depressão da Cova da Beira, onde circula o Rio Zêzere (Figura 3.21).

A geomorfologia, a geologia e a tectónica permitem esboçar os limites de uma possível área de recarga situada a montante de cada sector de descarga, cujas altitudes variam entre os 982 m (v.g. Pedra da Albarda) a Sul, passando pelos 1563 m (perto do v.g. Curral dos Ventos) e os 1254 m (v.g. Vila de Mouros) a Norte, tal como se apresenta na Figura 3.21. É de assinalar que a área de recarga delimitada constitui apenas uma aproximação construída com base nos dados disponíveis, e pretende tão somente assinalar as zonas onde poderá ocorrer uma parte importante da recarga; a área de recarga real será, eventualmente, mais vasta e contínua, dependendo da real relação entre as grandes fracturas que atravessam as várias sub-bacias hidrográficas.

O estudo da fracturação local indica que as fracturas com orientação E-W, NNW-SSE e NNE-SSW são as principais responsáveis pelo transporte dos fluidos até à superfície.

O fluxo subterrâneo não é muito profundo, como o atesta em especial a baixa mineralização da água, considerando-se assim que se está na presença de um aquífero de águas normais e superficiais, contendo principalmente águas de infiltração e circulação local, com tempos de residência curtos.

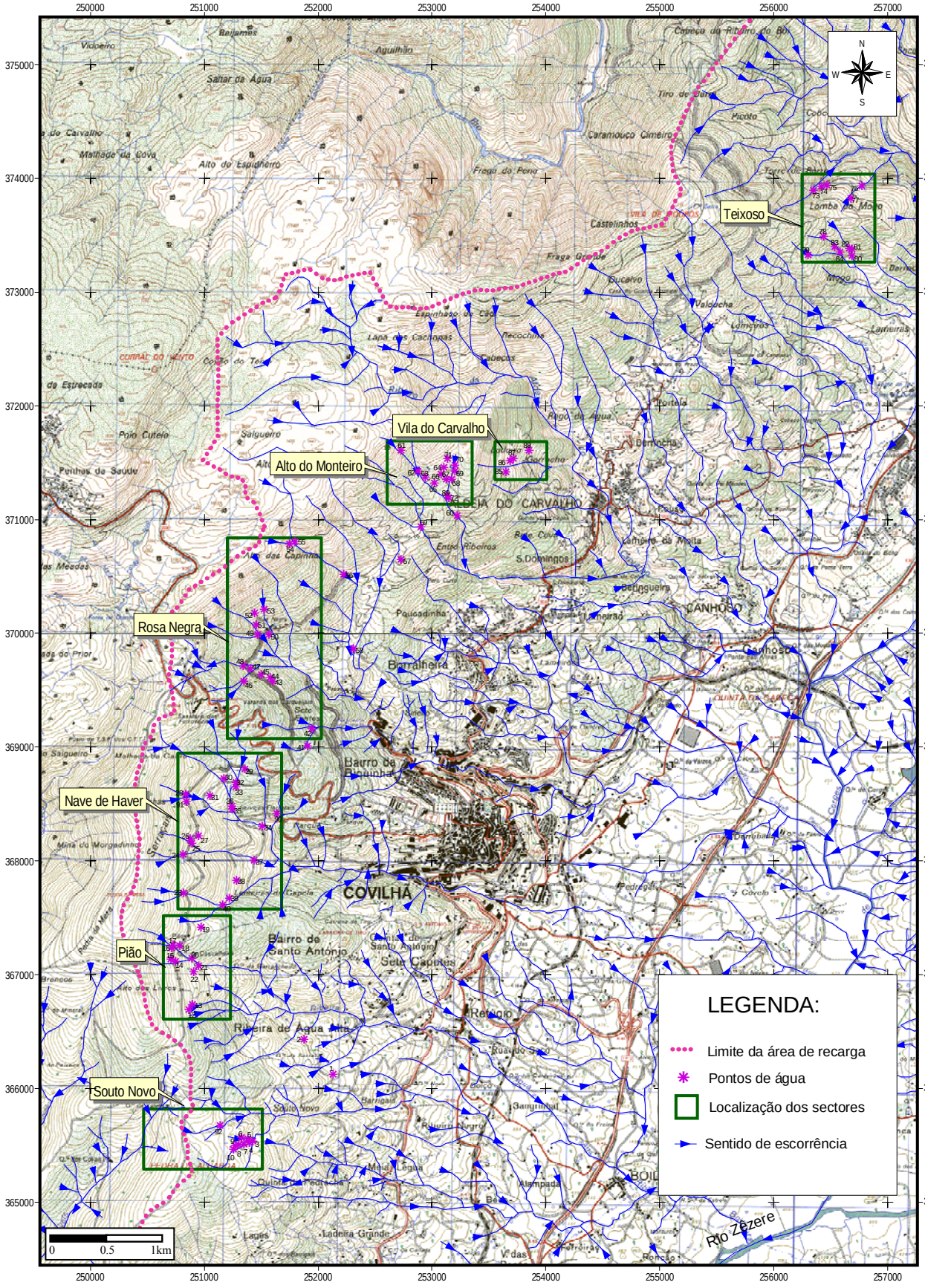


Figura 3.21 - Esboço sobre a direcção e sentido do escoamento superficial da região em estudo da zona das captações de água subterrânea da cidade da Covilhã.

As velocidades de escoamento devem ser genericamente elevadas, dado o tipo de permeabilidade por fissuras; a manutenção dos caudais mesmo durante a época seca, deve-se muito provavelmente à capacidade de regularização das zonas de alteração que cobrem algumas áreas de recarga. Nos períodos secos, sobretudo, a permeabilidade por porosidade das zonas de alteração desempenha um papel muito importante, embora seja a circulação através das fracturas que condicionam todo o funcionamento hidráulico.

Um esboço hidrogeológico em corte, para a região, apresenta-se na Figura 3.22, mostrando que a água infiltrada tende a ressurgir em locais relativamente próximos, no entanto note-se que parte do fluxo subterrâneo pode evoluir para grandes profundidades ao longo de extensas falhas, recarregando aquíferos profundos.

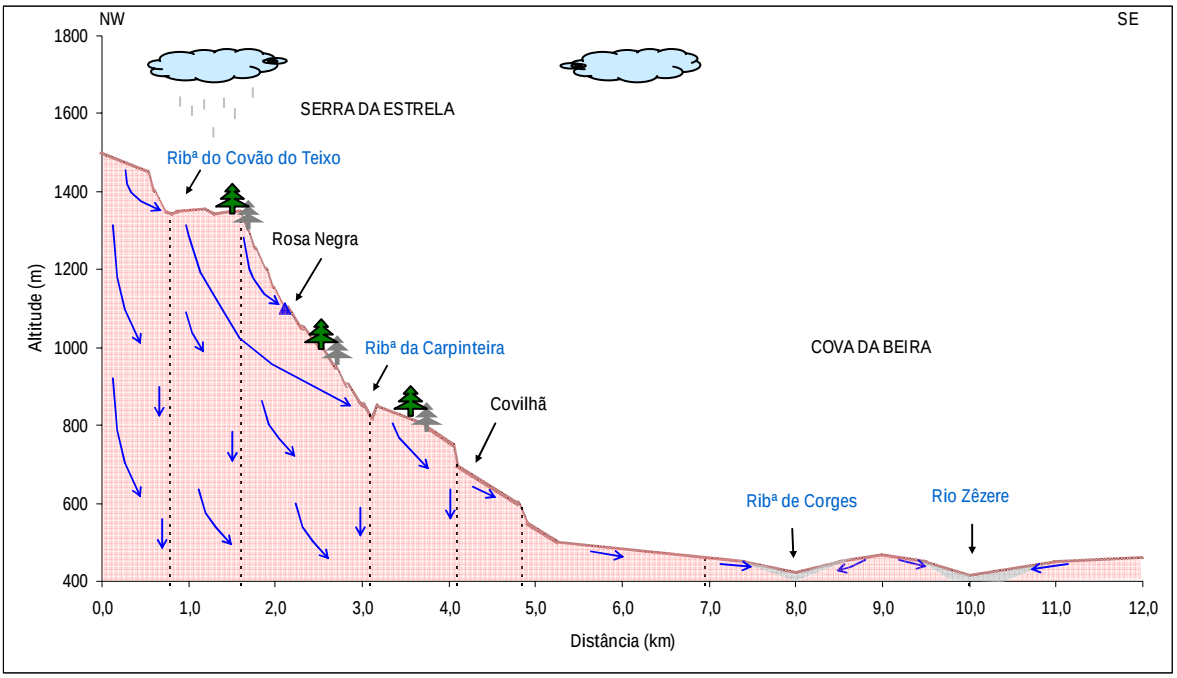


Figura 3.22 - Esboço hidrogeológico em corte da região em estudo da zona das captações de água subterrânea da cidade da Covilhã.

CAPÍTULO 4 - CARACTERÍSTICAS DAS CAPTAÇÕES

As captações de água subterrânea pertencentes à ADC, destinadas ao abastecimento público da cidade da Covilhã, alvo do presente estudo, são essencialmente de quatro tipos: minas, drenos, nascentes e furos semi-horizontais:

i) as captações do tipo minas correspondem a galerias subterrâneas artificiais, semi-horizontais, as quais geralmente possuem várias dezenas de metros de comprimento. Em termos genéricos as minas são bastante estreitas tendo como secção típica cerca de 1.80m de altura e 0.60m de largura (Figura 4.1);



Figura 4.1 – Imagens da captação do tipo mina: a) aspecto geral do exterior; b) interior da mina.

ii) os drenos genericamente são captações tubulares superficiais (profundidade geralmente inferior a 3 metros) constituídas por um conjunto de manilhas de cimento ou um conjunto de tubos em PVC, os quais se encontram envolvidas por cascalho e geotêxtil; a cobrir o dreno e a zona envolvente encontra-se um geossintético impermeável (Figura 4.2);



Figura 4.2 – Imagens da captação do tipo dreno: a) aspecto geral do exterior; b) interior do casoto.

iii) as nascentes equivalem a locais da superfície topográfica onde emerge a água subterrânea, correspondendo assim a uma descarga natural do aquífero, ou seja, corresponde à intercepção da superfície freática com a superfície topográfica (Figura 4.3);

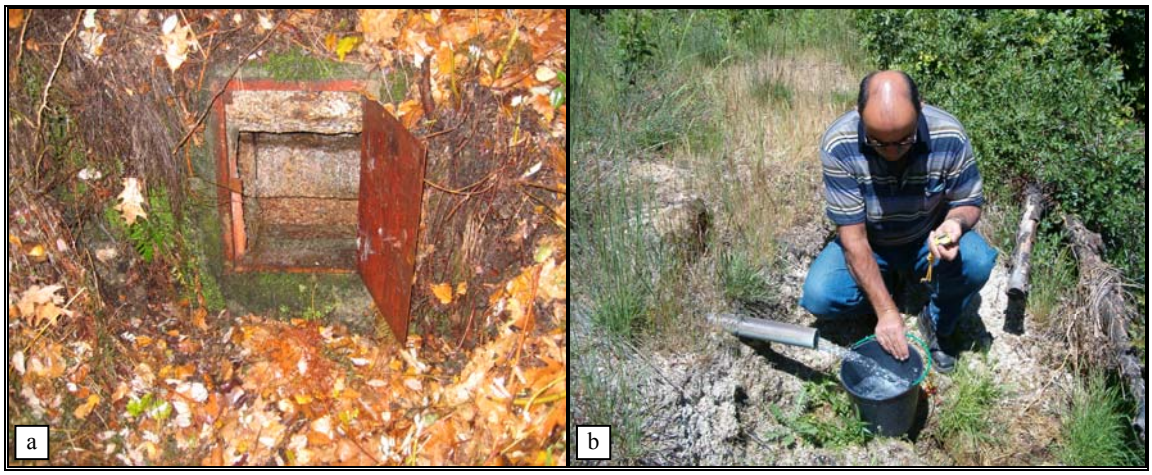


Figura 4.3 – Imagens da captação do tipo nascente: a e b) aspectos gerais.

iv) os furos semi-horizontais em termos genéricos correspondem ao resultado de perfurações lineares onde o seu diâmetro varia geralmente entre 165 mm e 185 mm, e possuem normalmente um pendor de 2º a 3º para montante (Figura 4.4).



Figura 4.4 – Imagens da captação do tipo furo semi-horizontal: a e b) aspectos gerais.

As características genéricas das várias captações em estudo são apresentadas na Tabela 4.1. Uma análise mais pormenorizada das referidas captações é apresentada nos Anexo IX e Anexo X, sendo de salientar em especial a situação das minas, por se associar aos elementos descritivos, um corte em cada uma, que evidencia diferentes situações, incluindo a relação da sua geometria com a topografia da zona de implantação.

Tabela 4.1 – Características das captações dos vários sectores – ADC, Covilhã.

Captação				Coordenadas da base da boca		Cota da base da entrada (m)	Comprimento total (m)	Direcção
Sector	Designação	Troço	Tipo	M (m)	P (m)			
Souto Novo	SN1d	-	Dreno	251424	365555	858	12.5	N30ºE
	SN2d	-	Dreno	251400	365528	866	17.0	N26ºE
	SN3d	-	Dreno	251384	365556	867	13.0	E-W
	SN4d	-	Dreno	251325	365569	886	3.0	N70ºW
	SN5m	-	Mina	251143	365675	924	≥ 21.2	1.00x0.80: 0 a 6m 0.60x0.70: 6 a 21.2m
	SN6d	-	Dreno	251254	365466	912	18.5	N60ºE
	SN7m	-	Mina	251269	365499	908	13.6	1.70x0.60
	SN8d	-	Dreno	251301	365510	896	6.5	N60ºE
	SN9d	-	Dreno	251346	365510	881	30.0	N70ºE: 0 aos 21m N-S: 21 aos 30m
	SN10m	-	Mina	250533	365438	885	58.0	N78ºW: 0 a 17.7m N46ºW: 17.7 a 45.9m
Pião	P1m	-	Mina	250725	367149	1072	45.9	N78ºW: 0 a 17.7m N46ºW: 17.7 a 45.9m
	P2m	-	Mina	250743	367120	1060	45.5	E-W
	P3m	-	Mina	250864	366695	1036	28.2	N72ºW
	P4m	-	Mina	250900	366734	1015	77.0	N70ºW
	P5m	-	Mina	250978	367422	1032	≥ 20.0	N86ºE
	P7m	-	Mina	250904	367142	997	33.0	N20ºW: 0 a 13.8m E-W: 13.8 a 33m
	P8m	-	Mina	250959	367087	977	55.0	E-W: 0 a 27.4m N72ºW: 27.4 a 30.3m E-W: 30.3 a 55m
	P9m	-	Mina	250907	367026	1000	16.2	N60ºE
	P10f	-	Furo	250736	367254	1073	≥ 60.0	N64ºW, sub-horizontal
	P11f	-	Furo	250738	367264	1073	≥ 60.0	N10ºE, sub-horizontal
Nave de Haver	NH1m	-	Mina	251164	367610	955	68.2	N60ºE: 0 a 6m N50ºE: 6 a 16m N40ºE:16 a 31m N30ºE: 31 a 68.2m
	NH2m	-	Mina	251239	367674	941	26.3	N70ºE
	NH3m	-	Mina	251297	367830	920	12.8	E-W
	NH4n	-	Nascente	251434	368018	862	-	-
	NH5m	$NH5_A$	Mina	251569	368307	854	40.0	N56ºW: 0 a 25.4m N28ºW: 25.4 a 34m N16ºE: 34 a 40m
		$NH5_B$					81.5	N56ºW: 0 a 25.4m N28ºW: 25.4 a 34m N20ºW: 34 a 46.5m N28ºE: 46.5 a 81.5m
		$NH5_C$					91.0	N56ºW: 0 a 25.4m N28ºW: 25.4 a 34m N20ºW: 34 a 46.5m N80ºW: 46.5 a 91m
	NH6d	-	Dreno	250889	368184	1075	8.0	N40ºW
	NH7m	-	Mina	250896	368155	1065	27.4	N24ºW
	NH8m	$NH8_A$	Mina	250953	368214	1060	49.7	N52ºW: 0 a 35m N60ºE: 35 a 49.7m
		$NH8_B$					60.5	N52ºW: 0 a 35m N33ºW: 35 a 48m N-S: 48 a 60.5m
	NH9d	-	Dreno	250852	368544	1073	4.0	E-W
	NH10m	$NH10_A$	Mina	251353	368809	1024	115	N38ºE: 0 a 17.3m N-S: 17.3 a 24m N46ºW: 24 a 50m N30ºW: 50 a 80m N18ºW: 80 a 115m
		$NH10_B$					79.4	N38ºE: 0 a 17.3m N-S: 17.3 a 24m N10ºE: 24 a 50m N8ºW: 50 a 69m N66ºE: 69 a 79.4m
	NH11m	-	Mina	251178	368721	1010	8.3	N16ºW
	NH12m	-	Mina	251058	368572	1002	30.5	N32ºW
	NH13n	-	Nascente	251281	368681	999	-	-

Tabela 4.1 (Cont.)– Características das captações dos vários sectores – ADC, Covilhã.

Captação				Coordenadas da base da boca		Cota da base da entrada (m)	Comprimento total (m)	Direcção
Sector	Designação	Troço	Tipo	M (m)	P (m)			
	NH14n	-	Nascente	251281	368658	995	-	-
	NH15n	-	Nascente	251251	368464	930	-	-
Rosa Negra	RN1m	-	Mina	251351	369593	1100	12.0	N60ºE
	RN2m	-	Mina	251404	369691	1033	67.0	N64ºE: 0 a 45m N-S: 45 a 67m
	RN3m	-	Mina	251502	369643	1024	38.6	N30ºE: 0 a 18.5m N20ºE: 18.5 a 38.6m
	RN4m		Mina	251583	369603	1000	≥ 11.0	N56ºE
	RN5m	$RN5_A$	Mina	251599	369583	1005	51.0	N32ºE: 0 a 49.5m N60ºE: 49.5 a 51m
		$RN5_B$					74.7	N32ºE: 0 a 49.5m N-S: 49.5 a 74.7
	RN6m	-	Mina	251747	370793	1250	≥ 6.9	N74ºW
	RN7m	-	Mina	251796	370808	1230	44.5	N44ºW: 0 a 14m N32ºW:14 a 25m N16ºW: 25 a 44.5m
	RN8m	-	Mina	251584	370203	1113	26.5	N70ºW: 0 a 21m E-W: 21 a 26.5m
	RN9m		Mina	251453	370173	1120	10.5	N28ºW
	RN10m	$RN10_A$	Mina	251469	370068	1082	25.0	N-S
		$RN10_B$					30.0	N-S: 0 a 11m N40ºW: 11 a 30m
	RN11m		Mina	51565	369992	1038	59.7	N16ºE
	RN12m	-	Mina	251973	369137	935	93.0	N70ºW: 0 a 83m N34ºW: 83 a 88m N18ºW: 88 a 93m
Alto do Monteiro	AM1d	-	Dreno	253173	371359	1125	17.0	N26ºE
	AM2d	-	Dreno	253191	371432	1153	12.0	N34ºE
	AM3d	-	Dreno	253203	371479	1166	5.0	N-S
	AM4n	-	Nascente	253146	371539	1184	-	-
	AM5d	-	Dreno	253109	371461	1174	16.0	N-S
	AM6n	-	Nascente	253126	371401	1137	-	-
	AM7d	-	Dreno	253085	371403	1155	11.5	N-S
	AM8m	-	Mina	252731	371610	1265	9.5	N40ºW
	AM9d	-	Dreno	252934	371372	1156	12.0	N-S
	AM10d	-	Dreno	252974	371447	1175	10.0	N20ºW
	AM11d	-	Dreno	253055	371268	1120	9.0	N-S
	AM12n	-	Nascente	253155	371193	1103	-	-
	AM13d	-	Dreno	253134	371207	1104	25.0	N18ºE
Vila do Carvalho	VC1m	-	Mina	253685	371516	1014	62.7	N45ºW
	VC2m	-	Mina	253710	371534	1003	≥ 18.0	N45ºW
	VC3m	-	Mina	253849	371602	945	41.0	E-W
	VC4m	-	Mina	253650	371419	1030	12.0	E-W
Teixoso	T1n	-	Nascente	256665	373315	732	-	-
	T2d	-	Dreno	256683	373363	752	6.0	N20ºW
	T4d	-	Dreno	256595	373331	776	3.0	N62ºW
	T5n	-	Nascente	256539	373399	816	-	-
	T7n	-	Nascente	256450	373479	853	-	-
	T8f	-	Furo	256468	373937	785	≥ 60.0	N8ºW, sub-horizontal
	T9f	-	Furo	256423	373931	786	≥ 60.0	N20ºE, sub-horizontal
	T11m	-	Mina	256780	373936	765	32.0	N64ºE
	T12m	-	Mina	256676	373826	819	46.8	N52ºE – até aos 36m N36ºE – dos 36m até ao final
	T13n	-	Nascente	256306	373335	870	-	-

Nota: Inicialmente estabeleceram-se os pontos de água T3d e T6m como captações, no entanto não foram considerados devido às suas más condições e por não apresentarem recurso. As coordenadas apresentadas são do tipo coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

Neste item enfatiza-se o elevado valor de algumas captações, que instaladas numa área de Reserva Ecológica Nacional (REN) e/ou Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE), em especial as minas, quer como simples captações, quer sob o ponto de vista cultural desde a sua importância na história da Covilhã como grande centro urbano e relação com os serviços que forneciam água às populações dessa época, como até sob o ponto de vista arquitectónico como o caso da mina das Sete Fontes associada à "Arca das Sete Fontes" (Figura 4.5 e Anexo X).



Figura 4.5 – Imagem da "Arca das Sete Fontes" que serve de apoio, como pequeno reservatório, da mina das Sete Fontes (RN12m).

Sobre a qualidade das captações refere-se que algumas delas e em particular algumas minas estão com algum envelhecimento considerável, necessitando, ou de obras, ou mesmo de ser substituídas. A este respeito, porque há na zona de estudo um elevado potencial de recursos hídricos subterrâneos, e tendo em atenção os elementos referidos anteriormente, bem como a particularidade de existirem muitos drenos e nascentes, a ADC, e mesmo a região teriam a ganhar, com elevadíssimo interesse económico, se se efectuasse um plano de construção de novas captações a serem constituídas por furos semi-horizontais, com cerca de 150 a 300m de comprimento, de modo a ficarem entubados com aço inox e preenchidos no seu espaço anular nos primeiros 50 a 80m com cimento de modo a evitar problemas microbiológicos e eventuais fugas desgovernadas do interior do maciço. Essa situação bem efectivada levaria a ADC a ter uma reserva de qualidade e estratégica. Poderia até, com facilidade ser uma das maiores produtoras do país de água engarrafada classificada.

CAPÍTULO 5 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CAPTADA

5.1 - PARÂMETROS "IN SITU"

Com o intuito de se proceder a uma caracterização detalhada do recurso, procedeu-se a um controlo de periodicidade mensal dos parâmetros físicos "in situ" (caudal, condutividade eléctrica, pH, temperatura e Eh), desde Janeiro a Dezembro de 2005, para a generalidade das captações, excepto em alguns casos e em especial nos primeiros meses de trabalhos devido aos locais de registo ainda não estarem operacionais. Os resultados, referentes aos valores registados para cada captação apresentam-se detalhadamente nos Anexos III a VII respectivamente. Os referidos resultados em termos gráficos são apresentados por captação no Anexo XI.

Na Figura 5.1 apresenta-se um gráfico resumo dos valores de caudal, no qual se pode constatar que os registos dos valores compreendidos entre os meses de Janeiro a Setembro, são de uma forma geral bastante uniformes ou seja sem grandes oscilações. Só a partir de Outubro, mês onde se verificou um incremento significativo de precipitação (Figura 5.2 e 5.3), é que os caudais de algumas captações começaram a aumentar com grande significado. Constata-se assim, que há, uma relação directa e quase imediata entre a precipitação e o incremento de caudal.

De acordo com Meinzer (*in* Todd, 1980), através dos caudais monitorizados as captações podem-se classificar em 8 classes de acordo com o valor médio do caudal (Tabela 5.1), sendo de realçar que tendo em atenção os registos de 2005, a grande maioria das captações classificam-se com magnitude média e de 6ª ordem.

Tabela 5.1–Organização das captações de água subterrânea da ADC segundo o valor médio do caudal medido em 2005, em relação à classificação de Meinzer *in* Todd (1980).

Classe		Caudal médio (l/s)	Captações
Ordem	Magnitude		
1ª	Elevada	> 10 000	-
2ª		1000 – 10 000	-
3ª		100 – 1 000	-
4ª	Média	10 – 100	-
5ª		1 – 10	NH1m, NH3m, NH4n, NH5m, NH6d, NH10m, NH11m, NH12m, RN1m, RN2m, RN7m, RN8m, RN9m, RN10m, RN12m, AM9d, AM13d
6ª		0.1 – 1	SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN5m, SN6d, SN8d, SN10m, P1m, P2m, P3m, P4m, P5m, P7m, P8m, P9m, P10f, P11f, NH2m, NH7m, NH8m, NH9d, NH13n, NH14n, NH15n, RN3m, RN4m, RN5m, RN6m, RN11m, AM8m, AM1d, AM2d, AM3d, AM4n, AM6n, AM7d, AM10d, AM11d, VC2m, VC3m, VC4m, T8f, T11m, T12m.
7ª	Baixa	0.01 – 0.1	SN9d, SN7m, AM5d, AM12n, VC1m, T1n, T2d, T4d, T5n, T7n, T9f, T13n.
8ª		< 0.01	-

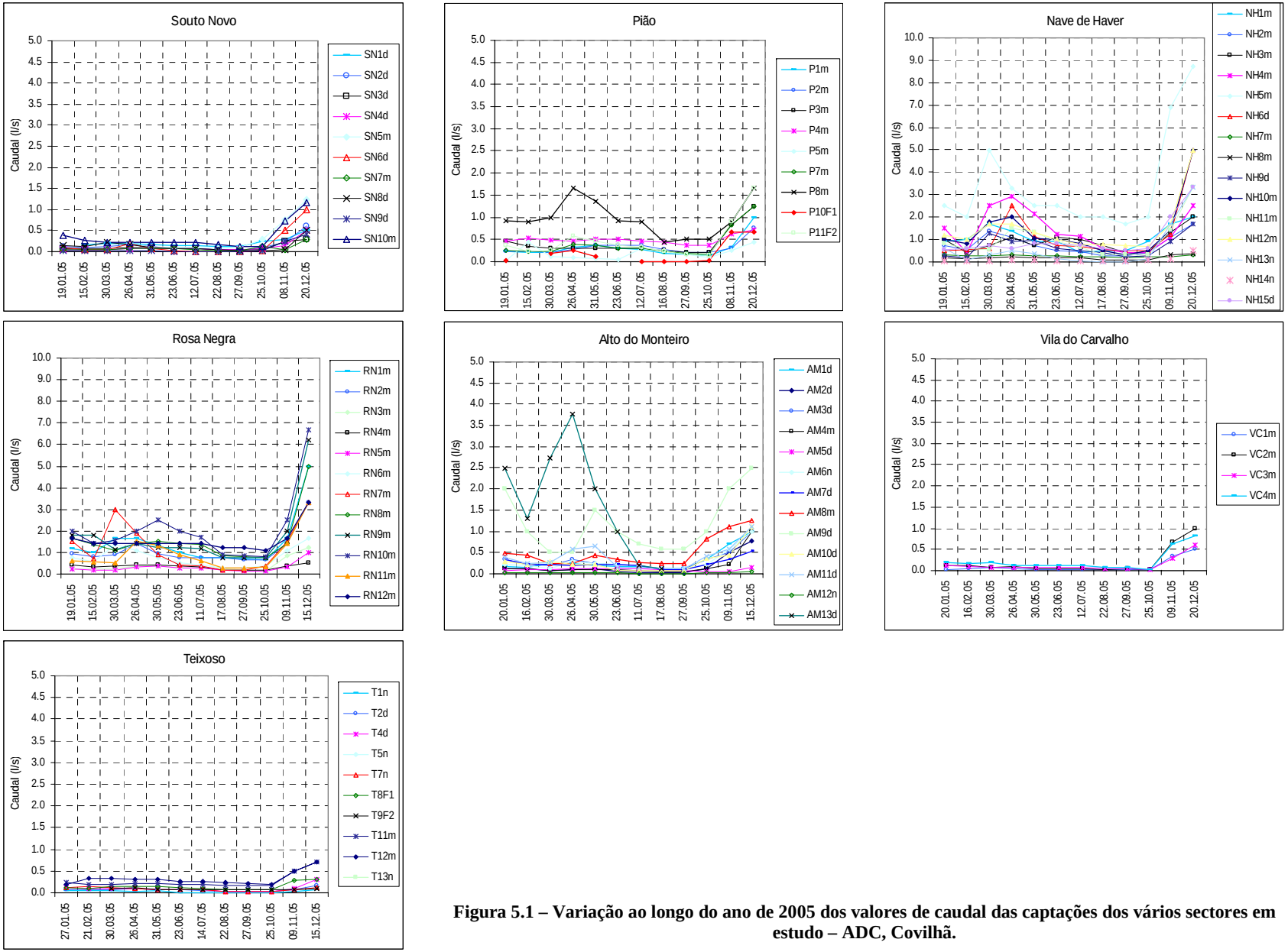


Figura 5.1 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de caudal das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

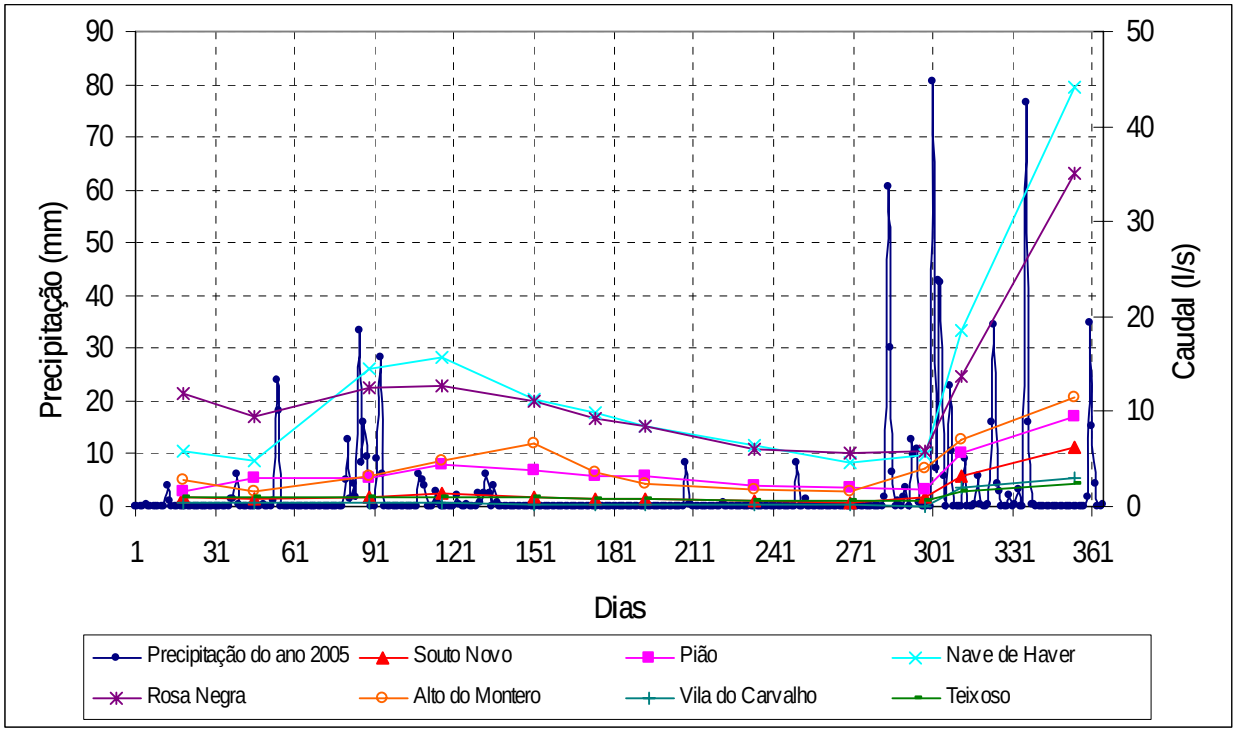


Figura 5.2 – Variação ao longo de 2005 da precipitação diária e do caudal total monitorizado das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

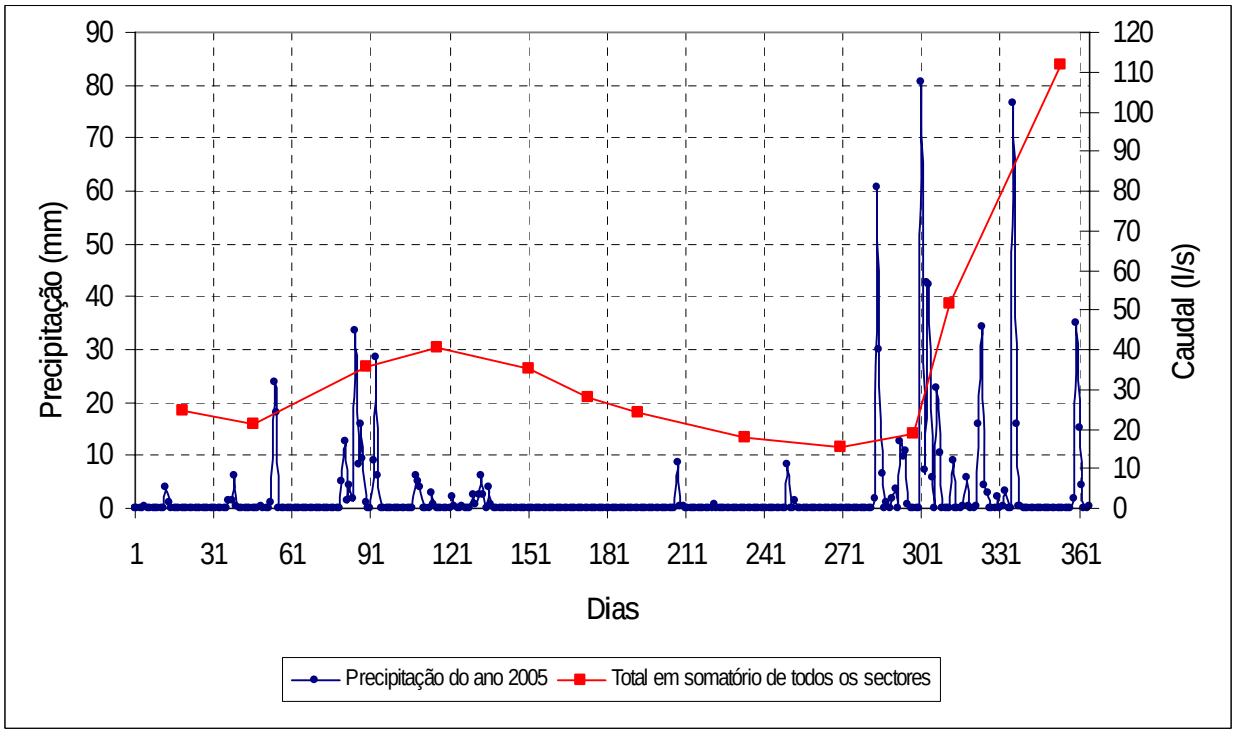


Figura 5.3 – Variação ao longo de 2005 da precipitação diária e do somatório do caudal monitorizado em todos os sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Na Figura 5.4 a 5.7 apresentam-se os gráficos resumo dos valores de condutividade eléctrica, pH, temperatura, Eh, respectivamente, nos quais se pode constatar que, os valores nos sectores em estudo são de uma forma geral bastante uniformes, em que:

i) a condutividade eléctrica varia entre 10 µS/cm e 32 µS/cm, com os valores sempre muito baixos e típicos de águas muito pouco mineralizadas;

ii) o pH, oscila entre 5.09 e 7.60, sendo de salientar que não se verificam tendências significativas, considerando-se as ligeiras variações consequentes dos erros ou oscilações próprias do sistema de registo. O ligeiro carácter ácido que estas águas apresentam reflecte uma potencial, embora reduzida, interacção da água com o meio de circulação, maciço granítico rico em sílica;

iii) a temperatura de surgência varia entre 7.5 e 18 ºC, pertencendo estas à classe das águas hipotermais, com os valores menores e maiores no Inverno e Verão, respectivamente. A temperatura da água é naturalmente sensível a variações sazonais, o que indicam que são águas de infiltração recente.

iv) os valores de Eh variam entre 3 e 106 mV, sendo de referir que tal como no pH, também aqui não se verificam tendências significativas ao longo do ano.

Uma análise desses resultados após tratamento em mapas de isolinhas com base nos valores médios possibilitou obter os mapas e esboços tridimensionais apresentados na Figura 5.8. Salienta-se que os valores mais anómalos em relação aos valores médios são aqueles que se associam a captações instaladas nas formações metamórficas.

Todos os valores indicam para parâmetros adequados à qualidade da água para consumo humano (Tabela 5.2).

Tabela 5.2– Valores paramétricos de uma água para consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei Nº 243/2001 (DL,2001) em vigor em Portugal.

PARÂMETRO		VALOR PARAMÉTRICO	NOTAS
pH (-)		entre 6.5 e 9.5	Nota 1 e 2
Condutividade eléctrica (µS.cm^{-1}) a 20ºC		2500	Nota 1
Catiões (mg/l)	Na^+	200	-
	Fe^{2+}	0.2	-
Aniões (mg/l)	Cl^-	250	Nota 1
	SO_4^{2-}	250	Nota 1
	F^-	1.5	-
	NO_3^-	50	Nota 3
	NO_2^-	0.5	Nota 3
Elementos menores (µg/l)	Cu	2	Nota 4
	Al	200	-
	As	10	-
	Pb	25	Nota 4 e 5
	Hg	1	-
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP's) (µg/l)		0.1	Soma das concentrações dos compostostos especificados na nota 6

Nota 1 — A água não deve ser agressiva para os materiais com que entra em contacto. *Nota 2* — Para a água sem gás contida em garrafas ou outros recipientes, o valor mínimo do *pH* pode ser reduzido para 4,5 unidades. Para a água, em garrafas ou outros recipientes, naturalmente rica ou artificialmente enriquecida em dióxido de carbono, o valor mínimo pode ser mais baixo. *Nota 3* — Compete às entidades gestoras, nomeadamente dos sistemas com ETA, assegurar à saída das estações de tratamento de água a condição [nitratos]/50 + [nitritos]/3«1, em que os parênteses rectos representam as concentrações em mg/l para os nitratos [*N03*] e para os nitritos [*N02*], bem como do valor limite de 0,10 para os nitritos. *Nota 4* — O valor aplica-se a uma amostra de água destinada ao consumo humano obtida na torneira, por um método de amostragem adequado, e recolhida de modo a ser representativa do valor médio mensal ingerido pelos consumidores. *Nota 5* — Quanto à água a que se refere o n.o 1, alíneas *a*), *b*) e *d*), do artigo 7º, este valor deverá ser respeitado o mais tardar 15 anos civis após a entrada em vigor da Directiva n.o 98/83. No período compreendido entre 5 e 15 anos, após a entrada em vigor da Directiva n.o 98/83, o valor paramétrico para o chumbo será de 25lg/l *Pb*. Deverão ser tomadas todas as medidas necessárias para reduzir, tanto quanto possível, a concentração do chumbo na água destinada ao consumo humano durante o período necessário ao cumprimento do valor paramétrico. A aplicação destas medidas deverá, prioritariamente, privilegiar os pontos em que as concentrações de chumbo na água destinada ao consumo humano são as mais elevadas. *Nota 6* — Os compostos especificados são: Benzo[b] fluorateno; Benzo[k] fluorateno; Benzo[ghi] perileno; Indeno [1,2,3-cd] pireno.

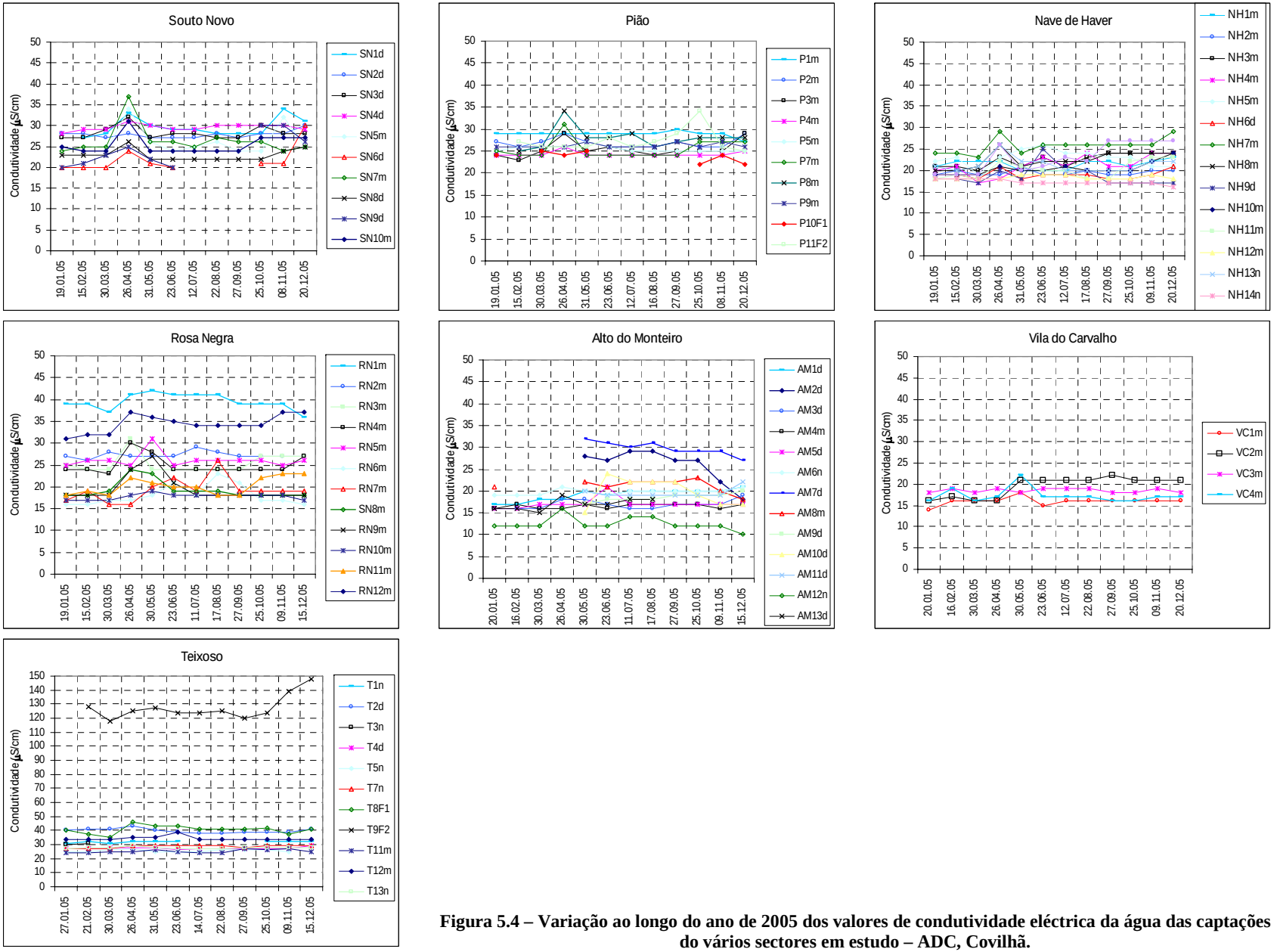


Figura 5.4 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de condutividade eléctrica da água das captações do vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

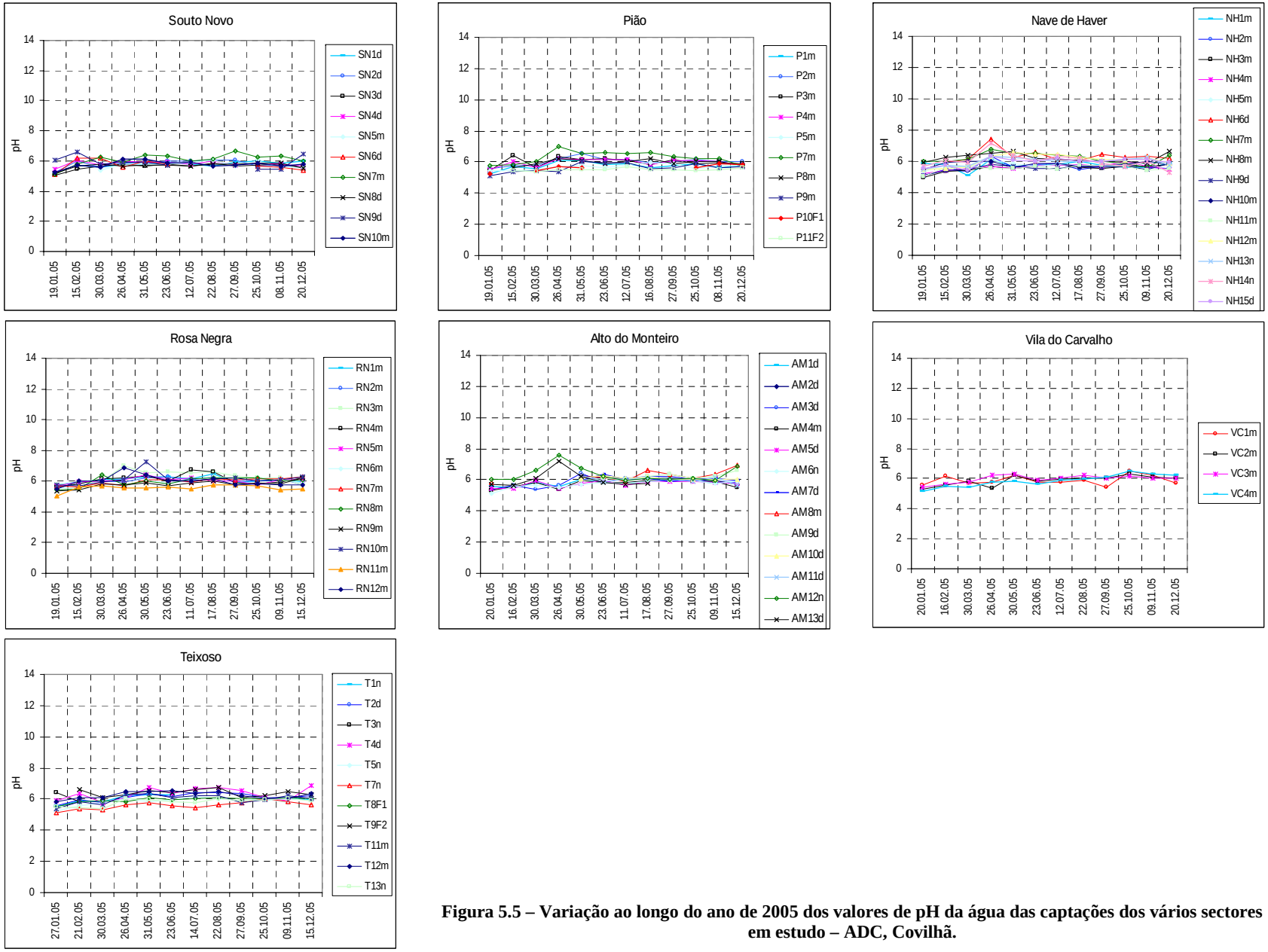


Figura 5.5 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de pH da água das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

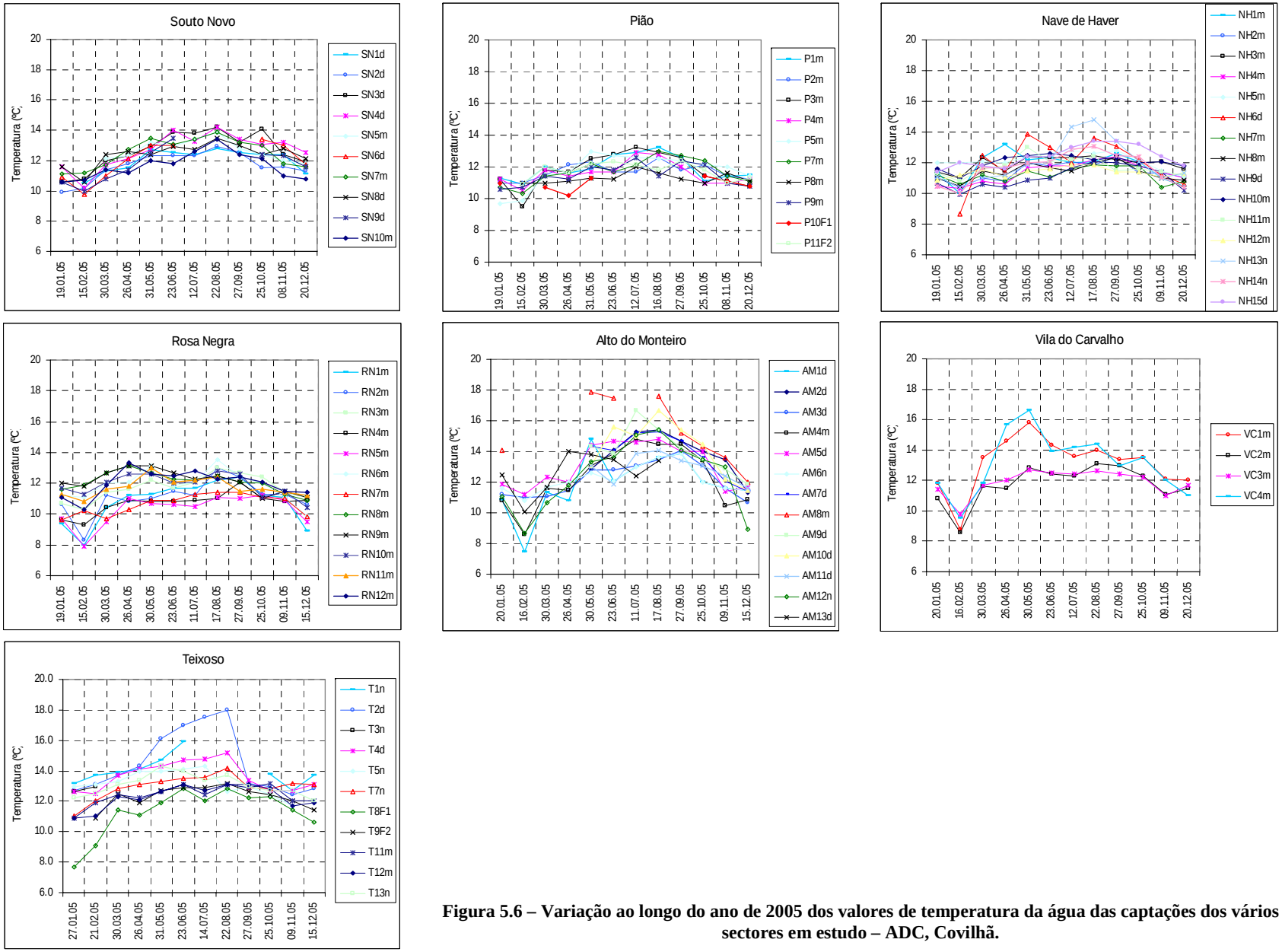


Figura 5.6 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de temperatura da água das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

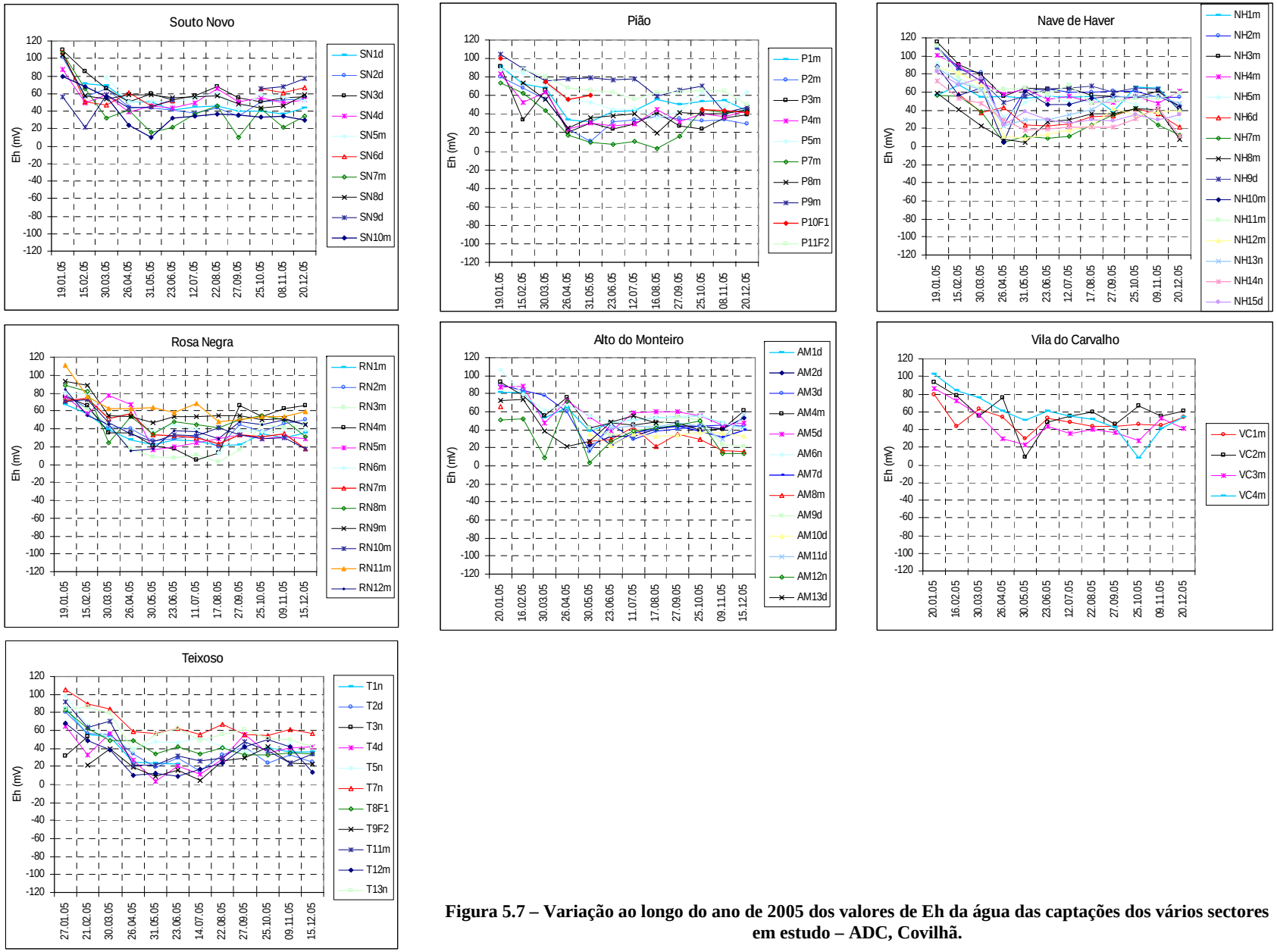


Figura 5.7 – Variação ao longo do ano de 2005 dos valores de Eh da água das captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Condutividade eléctrica

pH

Eh

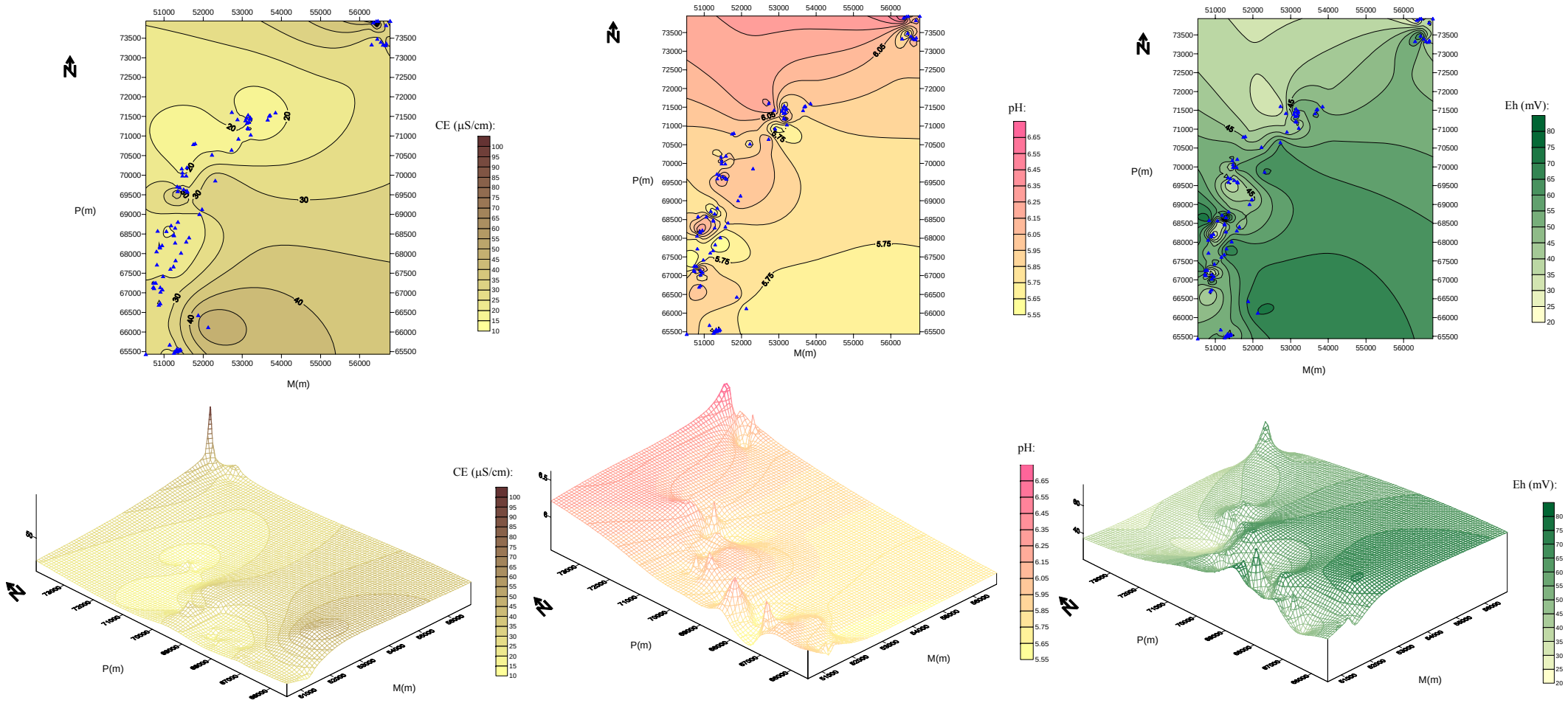


Figura 5.8 - Cartas de isolinhas e respectivos esboços tridimensionais de parâmetros físicos a partir dos resultados obtidos em pontos de água na região das captações de água subterrânea a montante da cidade da Covilhã.

5.2 - PARÂMETROS DE LABORATÓRIO

Com objectivo da caracterização das águas dos vários sectores, sujeitou-se a água de uma captação de cada sector a um controlo analítico clássico, disponibilizando-se de três análises físico-químicas completas e 3 análises bacteriológicas para cada uma das captações.

Na Tabela 5.3 apresenta-se, para cada sector, a síntese dos resultados das análises físico-químicas da água recolhida nos meses de Janeiro, Junho e Outubro, as quais foram efectuadas pelo Laboratório do CITEVE.

Os vários elementos analisados encontram-se dentro dos parâmetros admissíveis em termos de água para consumo humano de acordo com o Decreto-Lei nº 243/2001. Admite-se que o quimismo da água das captações estudadas seja similar à água das outras captações destes sectores, pois os resultados de condutividade eléctrica, pH e Eh medidos em campo dão essa indicação.

Em termos de classificação e de acordo com a composição iónica maioritária, tal como se pode verificar nos diagramas de Piper e de Schoeller representados na Figura 5.9, respectivamente, as águas dos vários sectores, no geral, classificam-se como bicarbonatadas sódicas, pertencente à família das silicatadas, dada a percentagem de SiO_2 em relação à mineralização total ter muito significado. Este teor de sílica poderá estar associado à hidrólise dos minerais silicatados presentes nas rochas ígneas podendo este processo contribuir igualmente para o aumento do teor de HCO_3^- e metais alcalinos (Na^++K^+) ou alcalino terrosos (Ca^{2+}+Mg^{2+}).

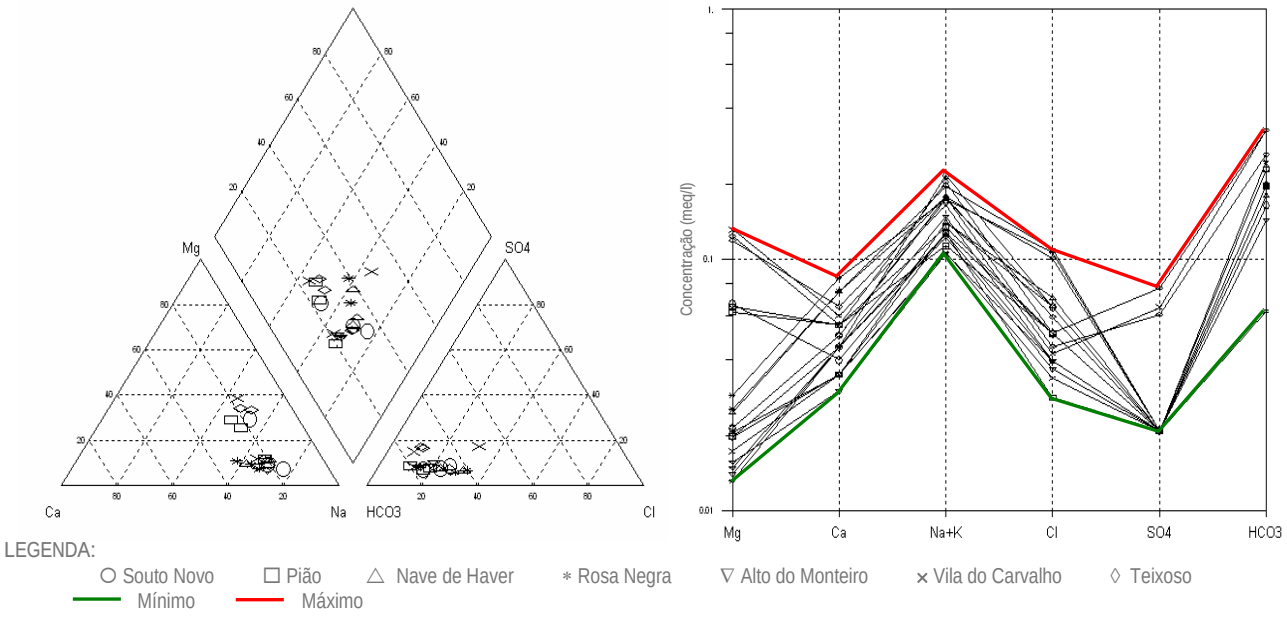


Figura 5.9 – Diagrama de Piper e de Schoeller para as águas subterrâneas da ADC, Covilhã.

Tabela 5.3– Resultado das análises físico-químicas da água subterrânea das várias captações - ADC, Covilhã.

PARÂMETRO		SOUTO NOVO			PIÃO			NAVE DE HAVER			ROSA NEGRA			ALTO DO MONTEIRO			VILA DO CARVALHO			TEIXOSO		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25
pH (*)		5.80	5.76	5.70	5.90	5.52	5.45	6.00	5.68	5.80	6.70	6.00	5.82	6.80	6.16	6.12	6.20	5.91	6.13	6.00	5.95	6.03
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)		25.9	28.0	30.0	23.6	28.0	34.0	21.6	26.0	23.0	30.7	35.0	34.0	19.7	21.0	23.0	17.8	19.0	18.0	37.1	43.0	42.0
Alcalinidade (mg/l de CaCO3)		-	8.4	-	11.0	12.0	<10.0	<10.0	9.3	<10.0	-	12.0	<10.0	-	7.2	<10	-	3.1	<10.0	16.5	16.0	14.0
Sílica (mg/l)		13.0	7.6	12.0	8.9	5.6	9.7	9.2	5.6	9.8	11.0	7.0	12.0	15.0	9.3	11.0	10.0	6.7	11.0	18.0	11.0	17.0
Dureza (mg/l de $CaCO_3$)		3.6	3.2	3.6	5.3	5.8	6.0	2.7	2.8	2.8	5.0	5.0	5.7	2.9	2.9	3.0	2.3	2.6	2.6	9.6	8.9	9.2
Resíduo seco a 180º (mg/l)		23	18	24	20	20	18	16	24	17	22	21	23	25	18	22	24	9	21	38	11	-
Mineralização total (mg/l)		26	21	26	19	21	19	22	-	17	25	25	36	28	22	23	21	11	24	39	12	-
Catiões (mg/l)	Na^+	3.8	4.8	3.9	2.8	2.9	2.4	2.6	2.9	2.9	3.7	4.1	3.6	2.8	3.3	2.7	2.2	2.2	2.2	3.5	4.4	3.8
	Ca^{2+}	1.00	0.90	1.00	0.80	1.10	1.10	0.70	0.70	0.70	1.50	1.50	1.70	0.90	0.90	0.90	0.60	0.70	0.70	1.20	1.10	1.30
	K^+	0.32	0.31	0.34	0.22	0.33	0.36	0.56	0.59	0.60	0.62	0.65	0.67	0.19	0.20	0.23	0.39	0.40	0.42	0.48	0.51	0.52
	Mg^{2+}	0.26	0.24	0.26	0.81	0.75	0.79	0.24	0.25	0.25	0.30	0.31	0.35	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.21	1.60	1.50	1.45
	Fe^{2+}	0.007	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.009	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	<0.005	0.008	<0.005	0.015	0.037	0.011
Aniões (mg/l)	HCO_3^-	< 12.0	10.0	<12.0	14.0	14.0	<12.0	< 12.0	11.0	<12.0	< 12.0	15.0	<12.0	< 12.0	8.8	<12.0	< 12.0	3.8	<12	20.0	20.0	16.0
	Cl^-	2.3	2.3	2.1	1.8	1.8	1.8	<1.0	2.5	2.3	3.6	3.9	3.8	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.2	1.5	1.8	1.6
	SO_4^{2-}	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	-	-	-
	F^-	0.080	<0.400	<0.400	0.030	<0.400	<0.400	0.025	<0.400	<0.400	0.023	<0.400	<0.400	0.086	<0.400	<0.400	0.034	<0.400	<0.400	0.066	<0.400	<0.400
	NO_3^-	2.5	2.5	2.3	<1.0	1.4	1.2	<1.0	<1.0	<1.0	2.6	2.9	3.0	1.3	1.3	1.5	2.4	2.1	1.8	<1.0	<1.0	<1.0
	NO_2^-	<0.30	<0.30	<0.07	<0.30	<0.30	<0.07	<0.30	<0.30	<0.07	<0.30	<0.30	<0.07	<0.30	<0.30	<0.07	<0.30	<0.30	<0.07	<0.30	<0.07	<0.07
Elementos Secundários (µg/l)	Cu	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
	Zn	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
	Al	65.1	60.1	<40	<40.0	51.5	<40.0	<40.0	40.8	<40.0	64.6	48.1	<40.0	43.70	<40	<40.0	<40	<40	<40.0	<40	<40.0	<40.0
	As	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	Pb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Ag	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-	<2	-	-
	Hg	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP's) (µg/l)	Fluoranteno	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	Benzo(b)fluoranteno	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	Benzo(k)fluoranteno	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	Benzo(a)pireno	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	Benzo(g,h,i)perileno	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	Indeno(1,2,3cd)pireno	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0,010
Hidrocarbonetos Totais (mg/l)		<0.16	<0.15	<0.15	<0.16	<0.15	<0.15	<0.16	<0.15	<0.15	<0.16	<0.15	<0.15	<0.16	<0.15	<0.15	<0.16	<0.15	<0.15	<0.16	<0.15	<0.15

No respeitante à mineralização total, as águas são hipossalinas, sendo o resíduo seco a 180ºC igual ou inferior a 38 mg/l. As águas apresentam reacção levemente ácida, variando o pH entre 5.91 e 6.80, são doces e brandas possuindo uma dureza ($CaCO_3$) inferior a 10 ppm.

Sob o ponto de vista químico, a sua composição relativa pode ser expressa por ordem decrescente de importância, sob a forma $HCO_3^->Cl^->NO_3^-$ para os aniões e $Na^+>Ca^{2+}>Mg^{2+}>K^+$ para os catiões, evidenciam-se ainda as reduzidas concentrações de ferro, sulfatos, fluoreto e nitritos em solução, encontrando-se estes na grande maioria abaixo do limite de quantificação.

Ainda, no âmbito das análises físico-químicas foram pesquisados os elementos secundários, os Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH`S) e os Hidrocarbonetos Totais (Tabela 5.3), sendo de realçar que na grande maioria aqueles elementos se encontram abaixo do limite de detecção e todos dentro dos limites legais como águas potáveis e adequadas ao consumo humano (Tabela 5.2).

Da interpretação das análises físico-químicas, efectuadas ao longo do presente estudo, verifica-se que existe uma relativa constância temporal das características químicas dos diferentes elementos, podendo-se assim proceder a uma caracterização hidrogeoquímica e a definição dos teores de base destes aquíferos, em qualquer altura do ano, sem perda de representatividade dos dados.

No sentido de obter sensibilidade sobre a qualidade da água em termos de consumo humano, comparam-se os resultados obtidos, com os respeitantes às águas de consumo humano engarrafadas e que ocupam o 1º lugar no "ranking" nacional segundo as estatísticas oficiais (DGGE, 2007) e que são a água do Luso, como água mineral e a água Fonte da Fraga como água de nascente.

Assim, na Tabela 5.4 e na Figura 5.10 apresentam-se os resultados em termos médios dos vários pontos pesquisados nas captações em estudo e ainda os parâmetros disponíveis daquelas águas que são uma referência para os portugueses em geral. Salienta-se assim, que de acordo com a composição química maioritária, as águas analisadas das captações em estudo, classificam-se como a água do Luso e da Fonte da Fraga, ou seja, como já se referiu são bicarbonatadas sódicas, ricas em sílica em termos relativos, sendo muito leves ou seja hipossalinas.

Em relação às análises bacteriológicas, realizadas nas águas das captações no período em estudo, apresenta-se a síntese dos resultados globais na Tabela 5.5.

Salienta-se que as análises apresentadas correspondem a amostras colhidas antes de entrarem no sistema de tratamento, ou seja, correspondem a amostras colhidas na boca da captação.

Tabela 5.4– Comparação da qualidade em termos físico-químicos da água das captações da ADC com as águas engarrafadas: Luso (água mineral) e Fonte da Fraga (água de nascente).

PARÂMETRO		Souto Novo	Pião	Nave de Haver	Rosa Negra	Alto do Monteiro	Vila do Carvalho	Teixoso	Luso(*)	Fonte da Fraga(*)
pH		5.75	5.62	5.83	6.17	6.36	6.08	5.99	5.80	5.90
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)		27.97	28.53	23.53	33.23	21.23	18.27	40.70	-	-
Alcalinidade (mg/l de $CaCO_3$)		8.40	11.50	9.30	12.00	7.20	3.10	15.50	-	-
Sílica (mg/l)		10.87	8.07	8.20	10.00	11.77	9.23	15.33	13.00	15.00
Dureza (mg/l de $CaCO_3$)		3.47	5.70	2.77	5.23	2.93	2.50	9.23	-	-
Resíduo seco a 180º (mg/l)		21.67	19.33	19.00	22.00	21.67	18.00	24.50	38.30(**)	31.00
Mineralização total (mg/l)		24.33	19.67	19.50	28.67	24.33	18.67	25.50	-	-
Catiões (mg/l)	Na^+	4.17	2.70	2.80	3.80	2.93	2.20	3.90	6.80	4.30
	Ca^{2+}	0.97	1.00	0.70	1.57	0.90	0.67	1.20	0.76	1.20
	K^+	0.32	0.30	0.58	0.65	0.21	0.40	0.50	0.75	0.25
	Mg^{2+}	0.25	0.78	0.25	0.32	0.17	0.20	1.52	1.80	0.33
	Fe^{2+}	0.01	<l.d.	0.01	<l.d.	0.01	0.01	0.02	-	-
Aniões (mg/l)	HCO_3^-	10.00	14.00	11.00	15.00	8.80	3.80	18.67	11.80	11.30
	Cl^-	2.23	1.80	2.40	3.77	1.37	1.33	1.63	9.40	2.60
	SO_4^{2-}	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	1.70	0.60
	F^-	0.08	0.03	0.03	0.02	0.09	0.03	0.07	<0.08	-
	NO_3^-	2.43	1.30	<l.d.	2.83	1.37	2.10	<l.d.	1.70	0.70
	NO_2^-	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
Elementos Secundários (µg/l)	Cu	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Zn	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Al	62.60	51.50	40.80	56.35	43.70	<l.d.	<l.d.	-	-
	As	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Pb	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Ag	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Hg	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP's) (µg/l)	Fluoranteno	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Benzo(b)fluoranteno	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Benzo(k)fluoranteno	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Benzo(a)pireno	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Benzo(g,h,i)perileno	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
	Indeno(1,2,3cd)pireno	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-
Hidrocarbonetos Totais (mg/l)		<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	<l.d.	-	-

(*) - Valores segundo o rótulo apresentado nas garrafas de PET de 1.5l; (**) - Valor calculado

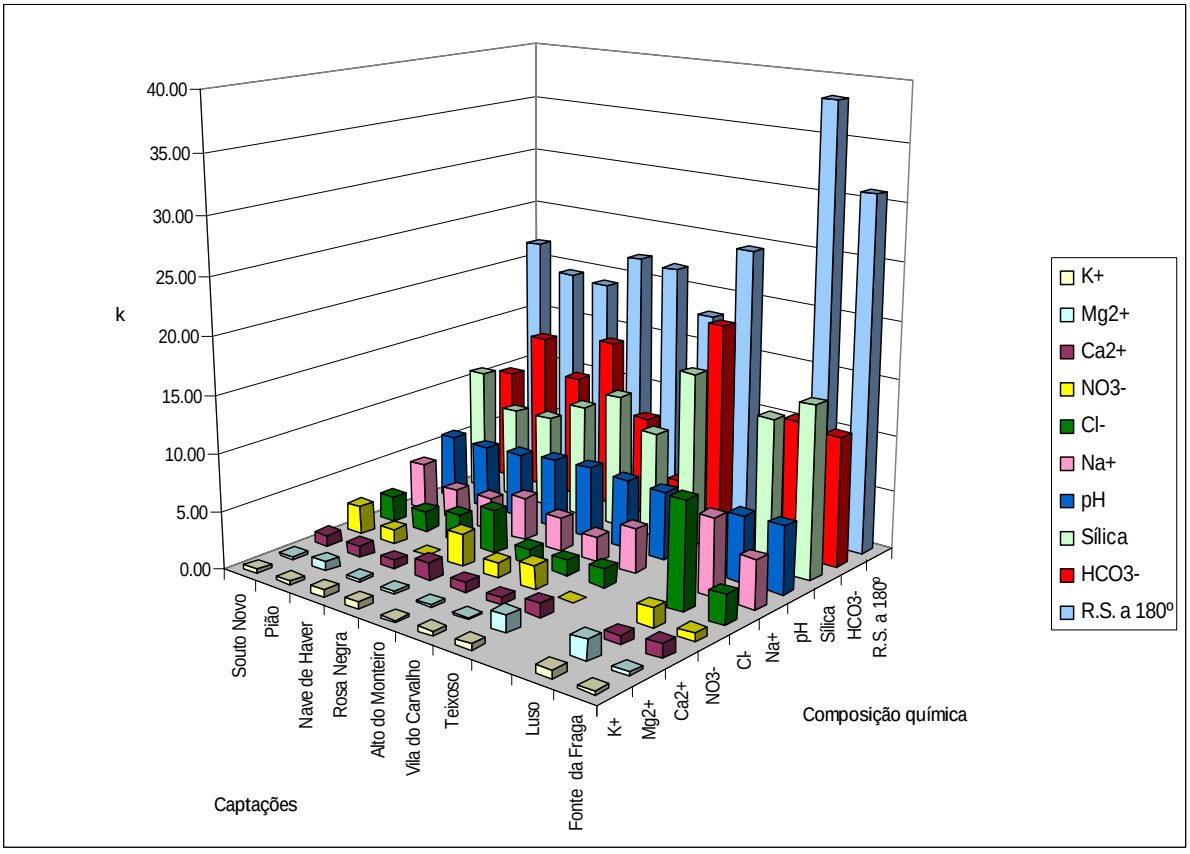


Figura 5.10 – Comparação em termos gráficos da qualidade físico-química da água das captações da ADC com as águas engarrafadas: Luso (água mineral) e Fonte da Fraga (água de nascente). As leituras no eixo das ordenadas (k) excepto o pH (adimensional) são em mg/l.

Os parâmetros microbiológicos detectados que não cumprem os limites legalmente instituídos correspondem a Coliformes Totais, *Escherichia coli* (*E.coli*), Enterococos Fecais e Coliformes Fecais, indicando assim para a poluição da água por material fecal em algumas captações. Esta particularidade não se considera grave, até porque os requisitos actualmente usados no uso das actuais captações, levam a que as águas possam ser sujeitas a intervenções nas estações de tratamento de águas "ETA(s)". Essa situação leva a que por vezes em algumas captações as raízes e outros elementos biológicos possam evoluir mais livremente, do que acontece nas captações de águas licenciadas como minerais e de nascente, em que há frequente manutenção e elevado rigor nos critérios de exigência sobre a qualidade das captações.

Tabela 5.5– Resultados de análises bacteriológicas realizadas na água subterrânea das várias captações – ADC, Covilhã.

PARÂMETRO			SOUTO NOVO			PIÃO			NAVE DE HAVER			ROSA NEGRA			ALTO DO MONTEIRO			VILA DO CARVALHO			TEIXOSO		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
			2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25	2005 JAN 18	2005 JUN 23	2005 OUT 25
	Valor Paramétrico	Unidades																					
Coliformes Totais	0	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	13	0	4	0	5	12	0	9	0	0	0	0	1	0	0
Escherichia coli (*E.coli*)	0	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium perfringes	0	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Germes Totais (37º)	Sem Alteração Anormal	UFC/ ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8	0	0	0	0	0
Germes Totais (22º)	Sem Alteração Anormal	UFC/ ml	0	21	6	0	10	4	20	18	0	22	25	6	0	21	42	10	14	0	0	6	28
Estreptococos Fecais	0	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	29	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fecais	0	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Conclusão			**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	**P**	**I**	**P**	**I**	**I**	**I**	**I**	**P**	**I**	**I**	**P**	**P**	**P**	**I**	**P**	**P**

CAPÍTULO 6 - VULNERABILIDADE E RISCO À POLUIÇÃO

6.1 - VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

Antes de se passar a uma caracterização mais detalhada da vulnerabilidade à poluição, é fundamental distingui-la de risco de poluição. A vulnerabilidade de um terreno corresponde à susceptibilidade de se deixar contaminar, ou seja, à capacidade que o terreno tem de atenuar a contaminação à passagem de poluentes. O risco é causado não apenas pelas características do aquífero, mas também pela existência de actividades poluentes. Na prática pode haver grande vulnerabilidade sem qualquer risco, caso não haja carga poluente, ou até de haver um risco de poluição excepcional apesar de baixa vulnerabilidade.

Uma das metodologias correntes de avaliação da vulnerabilidade de um aquífero à poluição baseia-se na aplicação de índices que, permitam quantificar a referida vulnerabilidade.

São vários os métodos de avaliação da vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas. Entre eles, merecem referência os métodos AVI, GOD, EPPNA e DRASTIC (EPA, 1985).

Neste trabalho será utilizado o método DRASTIC, com algumas adaptações que foram introduzidas por Ferreira Gomes (2001b), pelo que a seguir se faz uma breve caracterização do respectivo método.

O método DRASTIC de avaliação da vulnerabilidade à poluição foi proposto por Aller *et al* (1987). Este índice de vulnerabilidade corresponde ao somatório ponderado de 7 parâmetros ou indicadores hidrogeológicos como a seguir se indicam:

	Peso
D - Profundidade do topo do aquífero (Depth to Water);	5
R - Recarga do Aquífero (Net Recharge);	4
A - Material do aquífero (Aquifer Material);	3
S - Tipo de solo (Soil Type);	2
T - Topografia (Topography);	1
I - Impacto da zona não saturada (Impact of the Vadoze Zone);	5
C - Condutividade hidráulica do aquífero (Hidraulic Condutivy of the Aquifer).	3

O potencial DRASTIC obtém-se através da expressão:

$$DRASTIC = \sum_{i=1}^{7} (Parâmetro_i \times Peso_i)$$

O valor mínimo do índice DRASTIC é 23 e o valor máximo 226, sendo maior a vulnerabilidade quanto maior for o valor do índice DRASTIC. Cada um dos 7 parâmetros DRASTIC é dividido, quer em escalas, quer em tipos de meios significativos que condicionem o

potencial de poluição (Tabela 8.1). Estas classes correspondem a um intervalo de valores para os parâmetros D, R e T, e a uma classificação em função da natureza do meio para os parâmetros A, S e I (por exemplo, um aquífero cársico terá um parâmetro A=10, e um aquífero em arenito maciço, um parâmetro A=6). Segue-se uma breve descrição dos sete indicadores hidrogeológicos.

• D (profundidade do nível das águas subterrâneas): determina a distância que um contaminante tem de percorrer até chegar à zona saturada. Geralmente, existe mais probabilidade de um contaminante sofrer atenuação quanto maior for a profundidade;

• R (recarga do aquífero): quantidade de água que atinge a zona saturada. Este parâmetro condiciona o transporte dos poluentes. De uma forma geral, quanto maior for a recarga maior o potencial de poluição;

• A (material do aquífero): este parâmetro refere-se à capacidade de atenuação do aquífero que é função do material que o constitui;

• S (tipo de solo): corresponde à parte superior da zona vadosa, sendo caracterizado por uma actividade biológica intensa. Em função da sua textura, pode restringir a migração dos contaminantes, o que é particularmente verdade para os pesticidas. Os factores mais importantes na definição do poder de atenuação do solo são a percentagem de argilas que o constituem, o tamanho dos grãos e a quantidade de matéria orgânica;

• T (topografia): refere-se ao declive ou inclinação da zona, correspondendo a situações onde os poluentes vão ser evacuados pelo escoamento superficial, e zonas planas em que os contaminantes vão ser arrastados pelas águas de percolação até à zona saturada;

• I (impacte da zona não saturada): está relacionado com o tipo de material da zona acima do nível freático que determina o tempo de percurso do poluente, permitindo a ocorrência de diversos processos de atenuação: biodegradação, neutralização, filtração mecânica, reacção química, volatilização e dispersão. A fracturação facilita a percolação vertical do poluente até ao aquífero;

• C (condutividade hidráulica): refere-se à capacidade do aquífero para transmitir água (durante um determinado tempo por unidade de secção), o que, juntamente com o gradiente hidráulico, controla o fluxo subterrâneo.

Cada um dos parâmetros DRASTIC é dividido em classes e tipos de meio hidrogeológico significativos que condicionam o potencial de poluição. A cada uma das divisões atribui-se um índice entre 1 e 10 (excepto o caso do parâmetro R: índice que varia entre 1 e 9) e que corresponde a um determinado potencial de poluição, como se apresenta na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Índices parciais a atribuir para o cálculo do Índice DRASTIC função dos vários parâmetros e suas divisões ou classes (Aller *et al.*, 1987).

Situação												
D	Prof. (m)	< 1.5	1.5 – 4.6	4.6 – 9.1	9.1 – 15.2	15.2 – 22.9	22.9 – 30.5	>30.5				
	Índice	10	9	7	5	3	2	1				
R	Recarga (mm\ano)	< 51	51 - 102	102 - 178	178 - 254	> 254						
	Índice	1	3	6	8	9						
A	Natureza do Aquífero	xisto argiloso, argilito	rocha metamórfica e ígnea	rocha metamórfica e ígnea alterada	depósitos glaciares	arenito, calcário, e argilitos estratificados	arenito maciço	calcário maciço	areia e cascalho	basalto	calcário carsificado	
	Índice	1 - 3	2 - 5	3 - 5	4 - 6	5 – 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9	2 - 10	9 - 10	
	Índice típico	2	3	4	5	6	6	6	8	9	10	
S	Solo	fino ou ausente	cascalho	areia	turfa	argila agregada e/ou expansível	franco arenoso	franco	franco siltoso	franco argiloso	lodo	argila não agregada e não expansível
	Índice	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T	Declive (%)	< 2	2-6	6-12	12-18	> 18						
	Índice	10	9	5	3	1						
I	Zona não Saturada	camada confinante	Argila/silte	xisto argiloso, argilito	calcário	arenito, calcário, e argilitos estratificados	arenito, calcário e argilito estratificados	areia e cascalho com muitos finos	rochas metamórficas e ígneas	areia e cascalho	basalto	calcário carsificado
	Índice	1	2-6	2-5	2-7	4-8	4-8	4-8	2-8	6-9	1-10	8-10
	Índice típico	1	3	3	6	6	6	6	4	8	9	10
C	Condutividade Hidráulica (m/dia)	< 4.1	4.1 – 12.2	12.2 – 28.5	28.5-40.7	40.7-81.5	> 81.5					
	Índice	1	2	4	6	8	10					

Segundo Ferreira Gomes (2001), poder-se-á apresentar uma classificação em termos de percentagem (Tabela 6.2), considerando 0 % para o índice 23, e, 100 % para o índice 226, de modo a estabelecer uma classificação qualitativa de vulnerabilidades, para assim, ser entendida mais facilmente por qualquer utilizador.

Assim, após a aplicação do Índice DRASTIC geral à zona dos vários sectores obtêm-se os resultados apresentados na Tabela 6.3, sendo de salientar que à partida a situação para a zona em estudo é favorável, pois sendo constituída essencialmente por granitóides, a sua vulnerabilidade à poluição, é geralmente baixa, podendo ser superior, em especial, nas zonas com "fracturas abertas".

Tabela 6.2 – Relação entre o Índice DRASTIC geral e o potencial à vulnerabilidade de acordo com Ferreira Gomes (2001).

Índice DRASTIC geral - I_D	Cor de Cartografia usual	Potencial à Vulnerabilidade (%)	Vulnerabilidade Qualitativa
< 80	Violeta	< 30	Praticamente Nula
80 – 99	Anil	30 – 39	Extremamente Baixa
100 – 119	Azul	40 – 49	Muito Baixa
120 – 139	Verde Escuro	50 – 59	Baixa
140 – 159	Verde Claro	60 – 69	Média
160 – 179	Amarelo	70 – 79	Alta
180 – 199	Laranja	80 – 89	Muito Alta
> 199	Vermelho	> 90	Extremamente Alta

Tabela 6.3 – Valores do Índice DRASTIC e Vulnerabilidade das principais unidades hidrogeológicas dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Unidade	Parâmetro	Classe	Grau	Peso	Índice Parcial	DRASTIC Total	Vulnerabilidade
Formações Metamórficas	D	9.1 a 15.2 m	5	5	25	113	**Em geral Muito Baixa**
	R	178 a 254 mm	8	4	32		
	A	3 - 5	4	3	12		
	S	Fino ou Ausente	10	2	20		
	T	>18 %	1	1	1		
	I	Rochas Metamórficas	4	5	20		
	C	< 4.1 m/d	1	3	3		
Formações Graníticas	D	9.1 a 15.2 m	5	5	25	127	**Em geral Baixa** Por vezes em algumas fracturas entende-se que se pode apresentar muito alta.
	R	> 254 mm	9	4	36		
	A	3 - 5	4	3	12		
	S	Fino ou Ausente	10	2	20		
	T	>18 %	1	1	1		
	I	Rochas Ígneas	6	5	30		
	C	< 4.1 m/d	1	3	3		

6.2 - RISCO À POLUIÇÃO

O risco de poluição depende da existência de potenciais focos de poluição na zona e das características do aquífero e da própria captação.

A situação das captações da ADC é sob o ponto de vista de ocorrência de focos pontuais ou difusos de poluição, francamente boa, já que a maior parte se encontra em zonas do Parque Natural da Serra da Estrela, longe das áreas urbanas, industriais e agrícolas.

Com efeito, existem zonas de surgência e zonas de recarga, com algumas actividades agrícolas e de ocupação urbanística, que possam vir a contaminar a água das captações (Figura 6.1 e 6.2). A atestar tal situação estão os resultados sobre as análises microbiológicas da água de algumas captações estudadas, as quais orientaram para eventual contaminação de origem fecal nos sectores da Nave de Haver, Rosa Negra, Alto do Monteiro e Teixoso. Nestes sectores o risco de contaminação existe, pois apesar dos terrenos geralmente apresentarem vulnerabilidade muito baixa a baixa (Tabela 6.3), por vezes, ao longo das fracturas pode apresentar-se alta. Assim, entende-se existir algum risco, pelo que deverá haver cuidados especiais no sentido de os eliminar ou minimizar com particular atenção para a zona do Parque de Campismo, Hotel da Varanda dos Carquejais e ao longo da rede de saneamento que serve estas estruturas (Figura 6.2).

Neste sentido, e tendo ainda consideração a vulnerabilidade das captações, por serem muito superficiais e do tipo tubular horizontal, sem protecção especial, entende-se haver algum risco de poluição biológico, no entanto esse será salvarguadado com medidas a implementar na zona a defenir como protecção imediata.

O facto de as captações se encontrarem em algumas situações no interior do perímetro do Parque Natural da Serra da Estrela e noutras se encontrarem muito perto deste limite encontrando-se estas últimas na zona da Reserva Ecológica Nacional (REN) a nível do PDM da Covilhã, confere-lhes uma protecção especial, pois quaisquer tipo de edificações urbanas, turísticas agrícola ou industriais só poderão ser executadas se para tal forem autorizadas pelos serviços competentes, situação esta que muito provavelmente não acontecerá, face aos cada vez maiores cuidados postos na preservação da natureza e dos recursos naturais.



Figura 6.1 – Situação de pastagem de gado, na zona em estudo que por vezes poderá levar a potenciais focos de poluição.

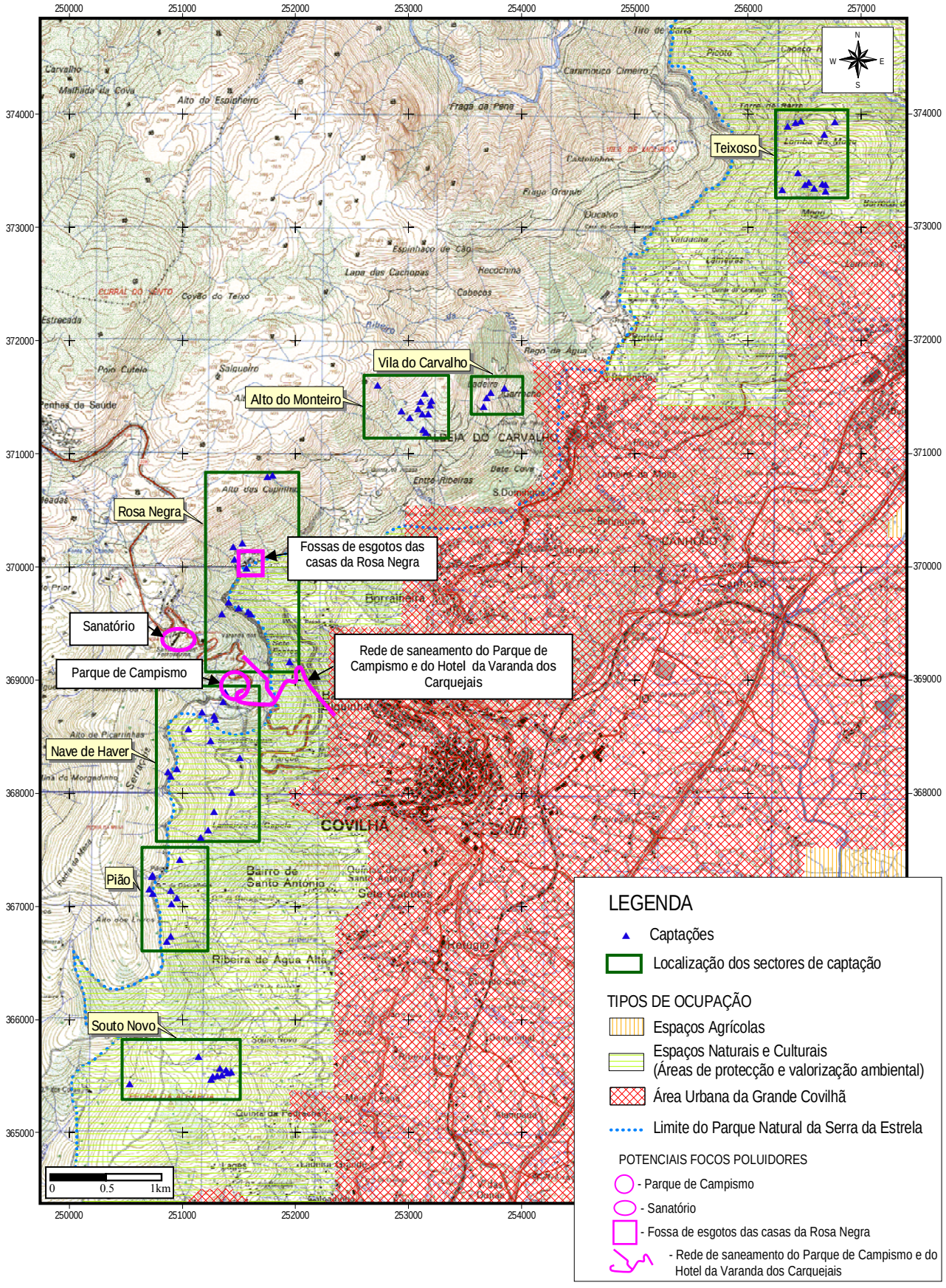


Figura 6.2 – Esboço sobre potenciais focos poluidores na região global em estudo, zona das captações de água subterrânea da cidade da Covilhã.

CAPÍTULO 7 - DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO

7.1 - MÉTODOS USADOS NA OPTIMIZAÇÃO DO PERÍMETRO DE PROTECÇÃO

Neste trabalho, o estabelecimento do perímetro de protecção das várias captações foi realizado recorrendo à adequação dos seguintes métodos ou aspectos:

1) Aplicação da fórmula expressa no Decreto-Lei nº 382/99 de 22 de Setembro;
2) Utilização do Método de Wyssling;
3) Aspectos geológicos/estruturais e geomorfológicos da envolvente às captações;
4) Vulnerabilidade das formações geológicas envolventes às captações.

Numa primeira fase aplica-se a fórmula expressa no Decreto-Lei; numa segunda fase utiliza-se o método de Wyssling com algumas limitações função dos resultados da aplicação da fórmula referida no Decreto-Lei e das zonas resultantes deste, podendo geralmente ser truncadas ou até por vezes alargadas ao aplicar de seguida as reflexões sobre os aspectos geológicos/estruturais e geomorfológicos da envolvente às captações e dos aspectos da vulnerabilidade das formações geológicas .

Refere-se nesta fase que se efectuaram ensaios com outros métodos, nomeadamente com o método analítico de Bear e Jacobs (1965) e com o modelo numérico Modflow® (McDonald e Harbaugh, 1988; Harbaugh e McDonald, 1996). No entanto, verificou-se a dificuldade de simular um meio de baixa permeabilidade e fissurado com elevada escorrência superficial como é o caso da zona de estudo, usando um modelo que assume essencialmente:

- o sistema aquífero como um meio poroso e isotrópico;
- e, o movimento da água subterrânea como sendo predominantemente horizontal.

Não se verificando estas condições entendeu-se que tais metodologias não se adequavam ao presente caso de estudo, pelo que se optou pelo uso integrado do conhecimento hidrogeológico e hidrológico, apoiado por um Sistema de Informação Geográfica (SIG), através do software ArcView, em especial na georeferenciação, no desenho de limites, no cálculo de comprimentos e áreas, de entre outros, como na arquitectura final das zonas de protecção que em muitas situações se sobrepõem várias vezes, resultando casos de grande complexidade, principalmente quando ocorrem captações com grande proximidade física. Assim, enfatiza-se a grande utilidade deste programa em complemento à aplicação dos vários métodos seguidos e que a seguir se descrevem.

7.1.1 - Aplicação do Decreto-Lei nº 382/99 de 22 de Setembro

Para estabelecer o perímetro de protecção para captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público, o Decreto-Lei (DL, 1999), admitindo que a captação é o único elemento drenante do aquífero onde convergem todas as linhas de fluxo e que não existem direcções privilegiadas de fluxo, propõe uma metodologia designada de "Método do Raio Fixo", cujas distâncias ao centro da captação podem ser obtidas a partir de:

$$r = \sqrt{\frac{Q * t}{(3.1416 * n * H)}}$$

sendo:

- r, raio do perímetro de protecção;
- Q, caudal de exploração;
- t, tempo necessário para o poluente atingir a captação;
- *n*, porosidade eficaz, expressa de acordo com o quadro anexo do Decreto-Lei;
- H, espessura saturada na captação.

No sentido de adequar as várias situações, o Decreto-Lei sistematiza ainda as formações aquíferas em 6 tipos, enquadrando-se os terrenos do presente estudo, no Tipo 5.

Assim, para os aquíferos do Tipo 5, ou seja sistema aquífero cujo suporte litológico é constituído por formações ígneas e metamórficas fissuradas, são estabelecidos os seguintes critérios:

- Zona de Protecção Imediata: r = 60 m (r é o raio da zona de protecção);
- Zona de Protecção Intermédia: r é o maior valor entre 140 m e $r_{(t=50\ dias)}$;
- Zona de Protecção Alargada: r é o maior valor entre 1200 m e $r_{(t=3\ 500\ dias)}$.

Note-se que este método é direccionado para captações verticais, com caudais bombeados na própria captação mas oriundos, como se referia anteriormente, de todas as direcções. No presente caso, com captações semi-horizontais, com ressurgências a resultarem geralmente localizadas junto a algumas estruturas geológicas (filões, falhas, diaclases), e que na maioria das vezes (essas ressurgências) ocorrem na zona mais a montante da captação e porque grande parte dessas captações apresentam comprimentos modestos (inferiores aos raios obtidos por aplicação directa do Decreto-Lei, ou seja, 60m no caso da zona de protecção imediata nos terrenos do tipo 5), a aplicação do método, nestas situações efectua-se considerando sempre a ressurgência na zona mais a montante (Figura 7.1), ou seja, considera-se a existência de um virtual furo vertical

nessa zona a descarregar água livremente, com caudais que além de dependerem das características hidrogeológicas, dependem da distância na vertical da cota da base da mina até ao nível freático.

Quando a captação apresenta comprimentos superiores ao referido raio calculado, ou seja, para o caso da zona de protecção imediata, quando a mina tem um comprimento superior a 60m, e tendo ainda ressurgências em vários pontos, o método, por uma questão de segurança aplica-se admitindo ressurgências nos extremos da captação, resultando genericamente configurações em planta do tipo elipsoidais (Figura 7.2).

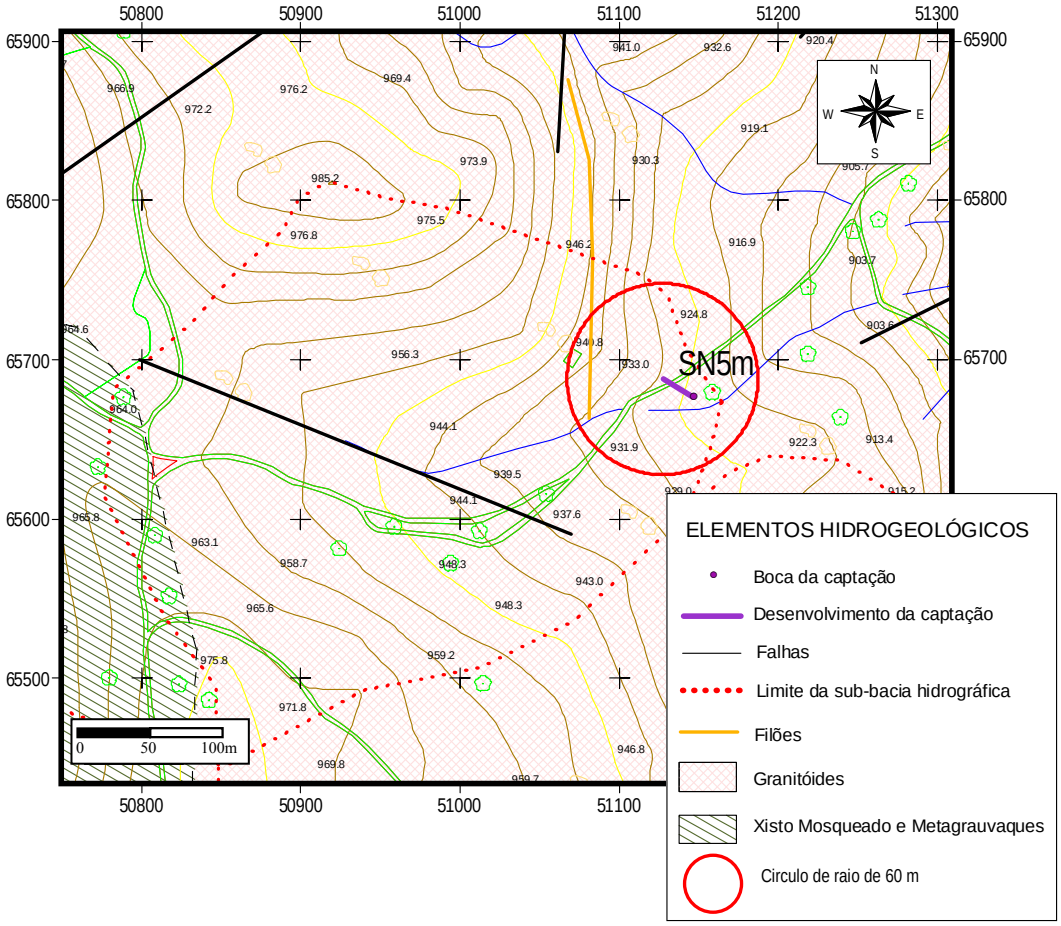


Figura 7.1 – Exemplo da aplicação do valor obtido pelo Decreto-Lei nº382/99 para a delimitação da Zona de Protecção Imediata, a captações semi-horizontais quando apresentam um comprimento inferior a 60m (terreno do tipo 5) considerando a implantação de um furo virtual vertical no ponto mais a montante.

Note-se que no presente caso o tipo de formações aquíferas são do tipo 5 (DL, 1999) e por isso se utilizaram as distâncias de 60m, para a zona imediata e se utilizaram 140 a 1200m (ou valores superiores, função dos resultados) para as zonas de protecção intermédia e alargada, respectivamente, na situação de impôr os círculos de protecção função do comprimento, ou seja, admitir apenas um círculo a montante quando o comprimento da captação horizontal tubular é menor que o obtido e 2 círculos, um em cada extremo, quando o comprimento da captação é

superior ao dos raios obtidos. Entende-se à partida que se estivesse perante formações aquíferas de outros tipos, as distâncias a considerar seriam de acordo com os raios referidos no Decreto-Lei, em vez de se usar os referidos 60, 140 e 1200m.

Salienta-se que estas considerações colocam-se em especial para o caso das zonas de protecção imediata e intermédia, na medida que pode ser possível com facilidade em muitos casos reais ocorrerem captações semi-horizontais com comprimento até cerca de 250m. Assim, no caso da aplicação do método em zonas alargadas a situação só se colocaria em considerar apenas um cículo.

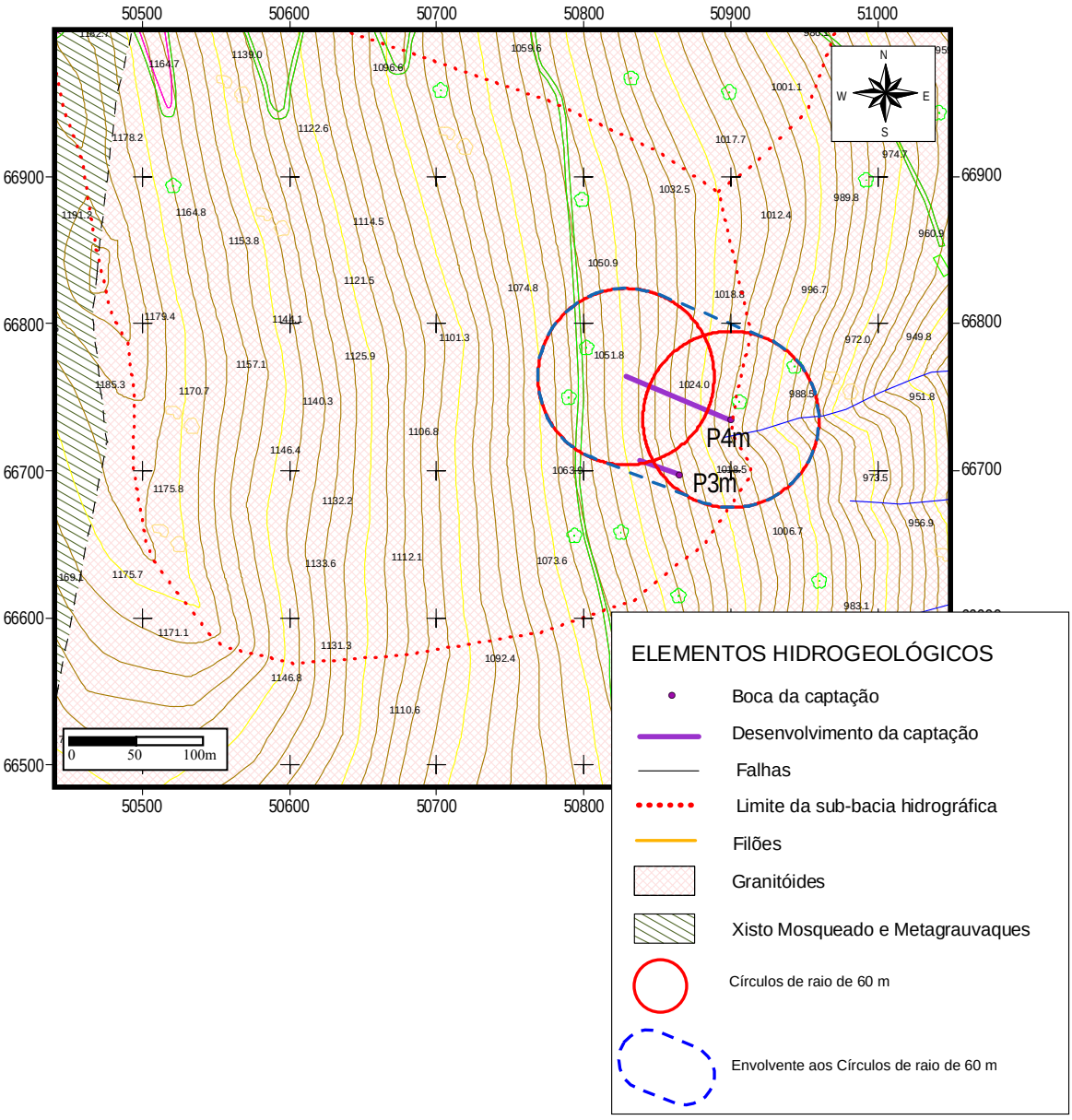


Figura 7.2 – Exemplo da aplicação do valor obtido pelo Decreto-Lei nº382/99 para a delimitação da Zona de Protecção Imediata (em terrenos do tipo 5), a captações semi-horizontais quando apresentam um comprimento igual ou superior a 60m considerando 2 furos verticais virtuais, um em cada extremo da captação horizontal.

7.1.2 - Método de Wyssling

Wyssling propôs um método para a optimização do perímetro de protecção (Wyssling, 1979 *in* Navarrete e Garcia, 2003), que consiste no cálculo da zona de chamada de uma captação, admitindo aquíferos com porosidade intergranular e homogéneos. É um método que considera o gradiente hidráulico do maciço, tendo como vantagem uma medida mais proteccionista a montante do que a jusante da captação. Para a aplicação deste método é necessário o conhecimento dos valores dos seguintes parâmetros:

- Largura da frente de chamada: $B = \frac{Q}{Kbi}$

- Raio de chamada: $X_0 = \frac{Q}{2\pi Kbi}$

- Largura da frente de chamada à altura da captação: $B' = \frac{B}{2}$

- Velocidade eficaz: $v_e = \frac{Ki}{m_e}$

- Distância a montante da captação (na direcção de fluxo): $S_0 = \frac{+l + \sqrt{l(l + 8 * X_0)}}{2}$

- Distância a jusante da captação (na direcção de fluxo): $Su = \frac{-l + \sqrt{l(l + 8 * X_0)}}{2}$

sendo:

- Q, caudal de exploração;
- K, condutividade hidráulica;
- b, espessura saturada do aquífero;
- t, tempo necessário para o poluente atingir a captação;
- i, gradiente hidráulico;
- m_e, porosidade eficaz;
- $l = v_e/t$.

As distâncias a jusante na aplicação do método directo em muitos ensaios no presente estudo resultam com valores em alguns casos considerados não adequados, pelo que se entende limitá-las a um valor mínimo por questões de operacionalidade, e limitá-las a um valor máximo por questões de racionalidade por se entender que em zonas de grandes declives como o presente caso, considerar distâncias demasiado grandes seria um exagero; assim, as distâncias para jusante da captação estarão limitadas a valores de acordo com o seguinte:

- zona imediata: 5 a 25 m;

- zona intermédia: 10 a 35 m;
- zona alargada: 15 a 40 m.

Sobre as distâncias para montante, também nesta fase depois da aplicação de muitos ensaios à generalidade das captações consideram-se sempre os valores resultantes das equações, anteriormente apresentadas, para a zona de protecção imediata; para as zonas de protecção intermédia e alargada os valores resultantes das equações devem limitar-se à distância do método do Decreto-Lei, pois muitas vezes as distâncias evoluem até zonas muito distantes e para bacias vizinhas.

Por fim, refere-se que após desenhado o polígono da zona imediata, na optimização das zonas intermédia e alargada, após a implantação das distâncias para jusante e montante, traçam-se por princípio linhas paralelas ao redor do perímetro da zona de protecção imediata, desde que as eventuais singularidades geológicas ou geomorfológicas não se sobreponham, como se refere de seguida.

7.1.3 - Aspectos geológico-estruturais e geomorfológicos

A delimitação do perímetro de protecção utilizando aspectos geológico-estruturais e geomorfológicos baseiam-se na análise da ocorrência de estruturas geológicas tais como falhas e filões, análise da cartografia hidrogeológica, análises de direcções e sentido de fluxo, relação entre os aquíferos e linhas de água, análise dos limites das bacias de alimentação, entre outros. Nestes aspectos, cada caso poderá ser um caso com alguma especificidade, apesar de no geral, na ocorrência de uma estrutura do tipo barreira analisa-se a relação com as linhas de fluxo, no sentido de levar ao encurtamento de áreas de protecção. Também poderão ocorrer situações de estruturas lineares muito permeáveis como filões muito fracturados, continuos e longos em que neste caso se levaria ao alargamento da zona de protecção com o desenvolvimento nessas estruturas para distâncias superiores aquelas que resultam nos métodos anteriores.

7.1.4 - Vulnerabilidade à poluição

As zonas de protecção estabelecidas pelos critérios anteriormente apresentados foram sempre analisadas em relação à sua vulnerabilidade, e, quando necessário essa análise contribuiu para aferir alguns limites que surgiam com algumas dúvidas em especial quando ocorrem zonas mais complexas em relação às singularidades geológicas, no sentido de optimizar por defeito ou por excesso, função do grau da vulnerabilidade ser menor ou maior, respectivamente.

7.2 - PARÂMETROS NECESSÁRIOS À APLICAÇÃO DOS MÉTODOS SELECCIONADOS

Os principais parâmetros necessários à aplicação dos métodos seleccionados para as várias captações em estudo, apresentam-se na Tabela 7.1. Sobre aqueles parâmetros salienta-se que:

i) o valor de caudal (Q) utilizado em cada captação, designa-se por caudal médio teórico e corresponde ao caudal médio encontrado durante o período de monitorização, ao qual se incrementou uma taxa de 47%, resultante da diferença encontrada entre o valor da precipitação média anual da série de precipitações de 1939/2001 e o valor total da precipitação do ano 2005 como se esclareceu ou constatou no item 3.3.1, ou seja, como no ano de 2005 se obteve um registo anual de precipitação 47% mais baixo do que as precipitações médias anuais daquele longo período, entendeu-se que numa situação normal o caudal a obter nas captações teria esse incremento.

ii) o valor da porosidade eficaz admitido, corresponde ao valor de referência que no anexo do próprio Decreto-Lei nº 382/99, é atribuído para cada tipo de materiais que constituem a formação aquífera;

iii) o valor da espessura saturada (H) utilizado nas captações do tipo mina, corresponde ao valor medido na vertical entre a base da captação e o topo da superfície freática. Em relação às captações do tipo dreno e nascentes considerou-se como valor mínimo, 3 m, por ter sido este, o valor mais baixo verificado nas minas. Note-se que se trabalha com captações semi-horizontais;

iv) o valor de condutividade hidráulica (K) considerado para as formações geológicas graníticas e para as formações metamórficas presentes na região e admitindo valores típicos para este tipo de formações, foi de 3.2×10^{-6} m/s e de 1.6×10^{-6} m/s respectivamente (Davis, 1969);

v) o valor do gradiente hidráulico (i), foi considerado como o equivalente ao valor do declive médio da bacia hidrográfica onde se inserem as captações, uma vez que foi assumido que a profundidade do nível freático se encontra, na maioria dos casos muito perto da superfície e paralelo à superfície topográfica, devido ao facto de não existirem na região em estudo poços ou furos verticais, a partir dos quais se poderia medir com exactidão as cotas piezométricas.

Tabela 7.1 – Parâmetros a usar na aplicação dos métodos seleccionados para a optimização do Perímetro de Protecção das captações de água subterrânea dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Captação	Q (m^3/d)	*n*	H (m)	K (m/d)	i
SN1d	31.1	0.002	3	0.28	0.21
SN2d	24.0	0.002	7	0.28	0.21
SN3d	16.8	0.002	4	0.28	0.21
SN4d	17.4	0.002	3	0.28	0.21
SN5m	49.2	0.002	5	0.28	0.23
SN6d	27.3	0.002	5	0.28	0.21
SN7m	12.6	0.002	5	0.28	0.21
SN8d	20.6	0.002	3	0.28	0.21
SN9d	6.0	0.002	7	0.28	0.21
SN10m	53.8	0.005	16	0.14	0.35
P1m	50.0	0.002	15	0.28	0.38
P2m	51.9	0.002	15	0.28	0.38
P3m	69.0	0.002	7	0.28	0.34
P4m	80.3	0.002	31	0.28	0.34
P5m	31.2	0.002	4	0.28	0.38
P7m	64.0	0.002	6	0.28	0.38
P8m	159.8	0.002	18	0.28	0.38
P9m	55.4	0.002	4	0.28	0.38
P10f	26.6	0.002	17	0.28	0.38
P11f	79.1	0.002	16	0.28	0.38
NH1m	173.6	0.002	15	0.28	0.41
NH2m	124.8	0.002	10	0.28	0.42
NH3m	163.5	0.002	5	0.28	0.50
NH4n	230.9	0.002	3	0.28	0.41
NH5m	557.9	0.002	19	0.28	0.30
NH6n	209.1	0.002	3	0.28	0.44
NH7m	42.1	0.002	12	0.28	0.44
NH8m	29.5	0.002	25	0.28	0.44
NH9d	111.4	0.002	3	0.28	0.40
NH10m	235.6	0.002	20	0.28	0.29
NH11m	165.2	0.002	5	0.28	0.37
NH12m	237.1	0.002	10	0.28	0.41
NH13n	97.9	0.002	3	0.28	0.37
NH14n	52.2	0.002	3	0.28	0.37
NH15n	161.4	0.002	3	0.28	0.41
RN1m	237.1	0.002	7	0.28	0.31
RN2m	182.2	0.002	11	0.28	0.31

Captação	Q (m^3/d)	*n*	H (m)	K (m/d)	i
RN3m	64.0	0.002	17	0.28	0.31
RN4m	56.0	0.002	5	0.28	0.31
RN5m	50.0	0.002	16	0.28	0.31
RN6m	124.8	0.002	5	0.28	0.44
RN7m	195.6	0.002	17	0.28	0.44
RN8m	253.4	0.002	5	0.28	0.46
RN9m	277.5	0.002	5	0.28	0.46
RN10m	338.7	0.002	13	0.28	0.46
RN11m	160.0	0.002	13	0.28	0.46
RN12m	256.2	0.002	30	0.28	0.37
AM1d	49.6	0.002	5	0.28	0.35
AM2d	33.0	0.002	4	0.28	0.35
AM3d	55.4	0.002	3	0.28	0.35
AM4n	28.8	0.002	3	0.28	0.35
AM5d	15.5	0.002	7	0.28	0.35
AM6n	55.4	0.002	3	0.28	0.35
AM7d	67.7	0.002	4	0.28	0.35
AM8m	93.6	0.002	5	0.28	0.37
AM9d	201.1	0.002	5	0.28	0.35
AM10d	49.3	0.002	5	0.28	0.35
AM11d	78.5	0.002	4	0.28	0.35
AM12n	3.5	0.002	3	0.28	0.35
AM13d	184.9	0.002	6	0.28	0.35
VC1m	15.7	0.002	30	0.28	0.53
VC2m	31.8	0.002	10	0.28	0.53
VC3m	21.7	0.002	15	0.28	0.53
VC4m	36.7	0.002	5	0.28	0.53
T1n	4.6	0.002	3	0.14	0.37
T2d	11.3	0.002	3	0.14	0.37
T4d	14.5	0.002	3	0.14	0.37
T5n	14.8	0.002	3	0.14	0.37
T7n	12.5	0.002	3	0.14	0.37
T8f	22.4	0.002	39	0.14	0.49
T9f	13.5	0.002	30	0.14	0.49
T11m	42.5	0.002	13	0.14	0.35
T12m	52.3	0.002	20	0.14	0.35
T13n	12.6	0.002	3	0.14	0.37

7.3 - PROPOSTA DE PERÍMETRO DE PROTECÇÃO

Com o intuito de se proceder à delimitação das zonas de protecção, tiveram-se em consideração vários aspectos, os quais são comuns para a grande maioria das captações, neste documento, estudadas. Neste sentido e como o raciocínio utilizado é muito similar para as várias captações, apresenta-se a seguir, a título de exemplo, a descrição detalhada da delimitação das zonas de protecção da captação SN1d.

Assim, para a delimitação da zona de protecção imediata da captação SN1d, considera-se numa primeira fase o valor do Decreto-Lei nº382/99 com as devidas adequações apresentadas no item 7.1.1, ou seja, resulta um círculo com raio de 60m (Tabela 7.2 e Figura 7.3). No entanto, tendo em atenção as características das captações e o seu enquadramento geométrico e geomorfológico (captações semi-horizontais em zonas muito inclinadas), considera-se que a aplicação desse valor se traduziria numa protecção excessiva a jusante da captação.

Numa segunda fase, optou-se pela aplicação do método de Wyssling, resultando assim áreas de protecção a jusante com menor expressão e a áreas com um carácter mais proteccionista a montante da captação (Tabela 7.3 e Figura 7.3).

Tabela 7.2 – Resultados obtidos para as várias zonas de protecção de acordo com o método do Decreto-Lei nº382/99, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Captação	Q (m^3/d)	*n*	H	Zona de Protecção Imediata (tempo = 1 dia)	Zona de Protecção Intermédia (tempo = 50 dias)	Zona de Protecção Alargada (tempo =3500 dias)
				r (m)	r (m)	r (m)
SN1d	31.1	0.002	3	**60**	287	2404
SN2d	24.0	0.002	7	**60**	165	1384
SN3d	16.8	0.002	4	**60**	183	1530
SN4d	17.4	0.002	3	**60**	215	1796
SN5m	49.2	0.002	5	**60**	280	2343
SN6d	27.3	0.002	5	**60**	209	1746
SN7m	12.6	0.002	5	**60**	142	**1200**
SN8d	20.6	0.002	3	**60**	234	1958
SN9d	6.0	0.002	7	**60**	**140**	**1200**
SN10m	53.8	0.005	16	**60**	**140**	**1200**
P1m	50.0	0.002	15	**60**	163	1363
P2m	51.9	0.002	15	**60**	166	1388
P3m	69.0	0.002	7	**60**	280	2344
P4m	80.3	0.002	31	**60**	144	1201
P5m	31.2	0.002	4	**60**	249	2085
P7m	64.0	0.002	6	**60**	291	2437
P8m	159.8	0.002	18	**60**	266	2224
P9m	55.4	0.002	4	**60**	332	2779
P10f	26.6	0.002	17	**60**	**140**	**1200**
P11f	79.1	0.002	16	**60**	198	1660
NH1m	173.6	0.002	15	**60**	304	2540
NH2m	124.8	0.002	10	**60**	315	2638
NH3m	163.5	0.002	5	72	510	4269
NH4n	230.9	0.002	3	111	783	6550
NH5m	557.9	0.002	19	69	484	4045
NH6n	209.1	0.002	3	105	745	6233
NH7m	42.1	0.002	12	**60**	167	1399
NH8m	29.5	0.002	25	**60**	**140**	**1200**
NH9d	111.4	0.002	3	77	544	4549
NH10m	235.6	0.002	20	**60**	306	2562
NH11m	165.2	0.002	5	94	662	5539
NH12m	237.1	0.002	10	61	434	3635
NH13n	97.9	0.002	3	72	510	4266
NH14n	52.2	0.002	3	**60**	372	3113
NH15n	161.4	0.002	3	93	654	5476
RN1m	237.1	0.002	7	73	519	4344
RN2m	182.2	0.002	11	**60**	363	3038
RN3m	64.0	0.002	17	**60**	173	1448
RN4m	56.0	0.002	5	**60**	299	2498
RN5m	50.0	0.002	16	**60**	158	1319
RN6m	124.8	0.002	5	63	446	3730
RN7m	195.6	0.002	17	**60**	303	2532
RN8m	253.4	0.002	5	90	635	5314
RN9m	277.5	0.002	5	94	665	5562
RN10m	338.7	0.002	13	64	455	3810
RN11m	160.0	0.002	13	**60**	313	2619
RN12m	256.2	0.002	30	**60**	261	2182
AM1d	49.6	0.002	5	**60**	281	2351
AM2d	33.0	0.002	4	**60**	256	2145
AM3d	55.4	0.002	3	**60**	384	3209
AM4n	28.8	0.002	3	**60**	276	2313
AM5d	15.5	0.002	7	**60**	**140**	**1200**
AM6n	55.4	0.002	3	**60**	384	3209
AM7d	67.7	0.002	4	**60**	367	3072
AM8m	93.6	0.002	5	**60**	386	3231
AM9d	201.1	0.002	5	80	566	4735
AM10d	49.3	0.002	5	**60**	280	2345
AM11d	78.5	0.002	4	**60**	395	3306
AM12n	3.5	0.002	3	**60**	**140**	**1200**
AM13d	184.9	0.002	6	70	495	4144
VC1m	15.7	0.002	30	**60**	**140**	**1200**
VC2m	31.8	0.002	10	**60**	159	1331
VC3m	21.7	0.002	15	**60**	**140**	**1200**
VC4m	36.7	0.002	5	**60**	242	2023
T1n	4.6	0.002	3	**60**	**140**	**1200**
T2d	11.3	0.002	3	**60**	173	1447
T4d	14.5	0.002	3	**60**	196	1643
T5n	14.8	0.002	3	**60**	198	1659
T7n	12.5	0.002	3	**60**	182	1524
T8f	22.4	0.002	39	**60**	**140**	**1200**
T9f	13.5	0.002	30	**60**	**140**	**1200**
T11m	42.5	0.002	13	**60**	161	1350
T12m	52.3	0.002	20	**60**	144	1207
T13n	12.6	0.002	3	**60**	183	1532

Nota: Os valores a negrito correspondem aos valores mínimos impostos pelo referido diploma.

Após a aplicação deste método, verifica-se que a área delimitada é cortada por uma falha (F1), e considerando esta estrutura como uma fronteira ao escoamento subterrâneo, e tendo em consideração ainda que as formações geológicas em estudo são de baixa vulnerabilidade, entende-se que não será relevante a protecção da área delimitada a sudeste desta estrutura.

Assim, a zona de protecção imediata, apresentada como solução final na Figura 7.3, resulta do cruzamento entre os métodos analíticos utilizados e os aspectos geológico/geomorfológicos da envolvente à captação.

Para a delimitação da zona de protecção intermédia, seguiu-se a mesma metodologia anteriormente utilizada na optimização da zona de protecção imediata. Assim, considerando ainda com todo o detalhe a situação da captação SN1d, numa primeira fase aplicou-se o valor resultante do Decreto-Lei nº382/99 (Tabela 7.2 e Figura 7.4), obtendo-se um círculo com raio de 287m. Neste sentido e tendo em atenção as características das captações e o seu enquadramento geométrico e geomorfológico (captações semi-horizontais em zonas muito inclinadas), considera-se que a aplicação do valor do Decreto-Lei nº382/99, também aqui se traduz numa protecção excessiva a jusante e daí a necessidade de se avançar para o método seguinte.

Numa segunda fase aplica-se o método de Wyssling e obtém-se o valor de 35m (valor máximo considerado) para a distância a jusante da captação e de 1524m para o valor da distância a montante (Tabela 7.4 e Figura 7.4). A aplicação deste método apesar de já ser mais consistente que o método do Decreto-Lei nº382/99 em relação às áreas a jusante, entende-se que para montante tem uma protecção excessiva e em especial quando comparada com o resultado da aplicação do Decreto-Lei (Figura 7.4). Assim, opta-se por um compromisso entre os dois métodos, considerando o valor do método de Wyssling para a distância a jusante da captação, traçando-se depois, a partir deste ponto, linhas paralelas em relação à zona protecção imediata anteriormente definida até se intersectar para montante da captação a tangente ao círculo resultante da aplicação do Decreto-Lei nº382/99 na zona de sobreposição das áreas dos dois métodos (Figura 7.4).

Após a delimitação desta área, verifica-se que esta é cortada por duas falhas (F1 e F2), e considerando estas estruturas como fronteiras ao escoamento subterrâneo, e tendo ainda em consideração que as formações geológicas em estudo são de baixa vulnerabilidade, entende-se que não será relevante a protecção da área delimitada a Este e Sudeste daquelas estruturas (Figura 7.4). Assim, resulta a zona de protecção intermédia, apresentada como solução final na Figura 7.4, como uma consequência do cruzamento entre os métodos analíticos utilizados e os aspectos geológico/geomorfológicos da envolvente à captação.

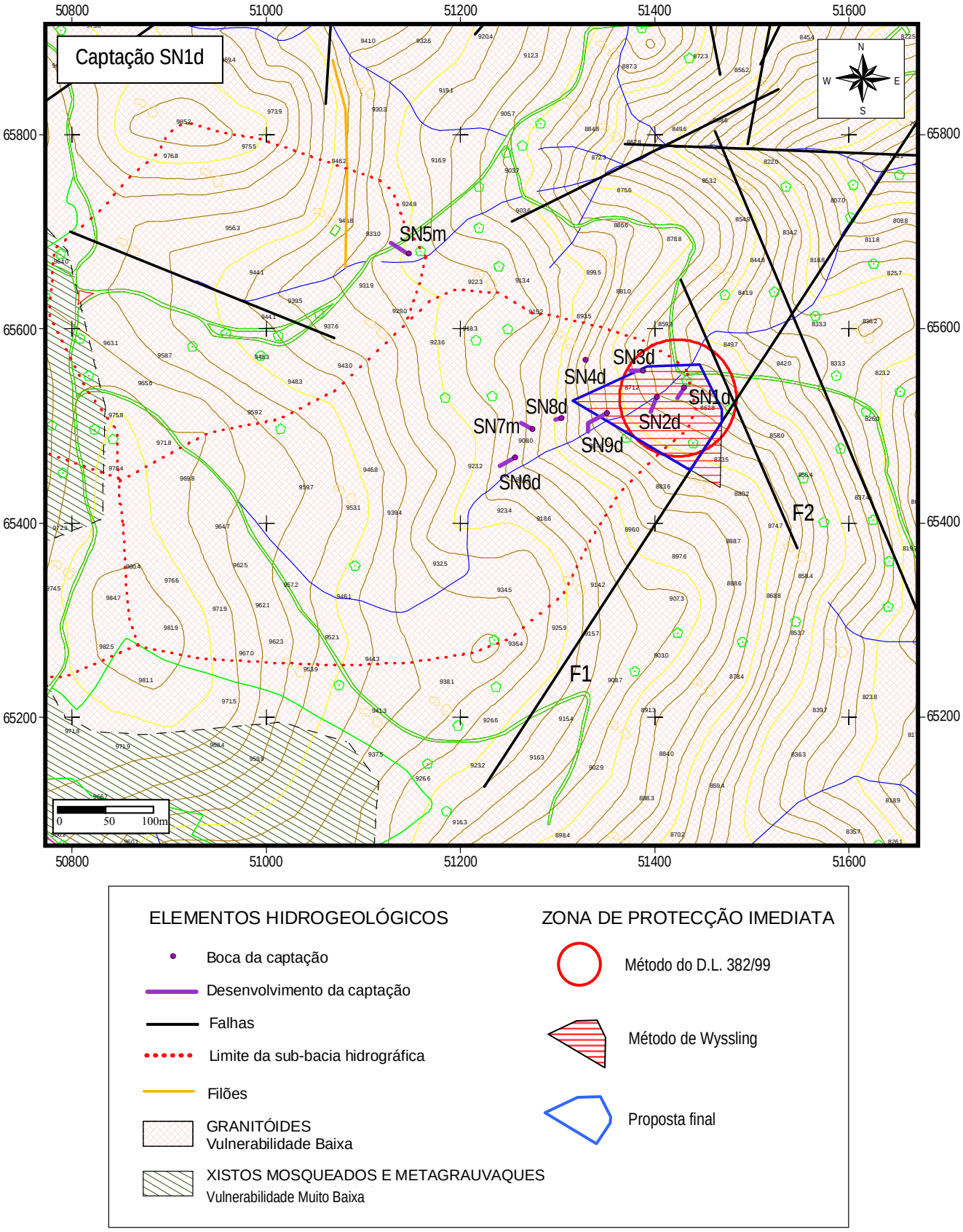


Figura 7.3 – Aplicação das várias metodologias para a delimitação da zona de protecção imediata da captação SN1d do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã.

Tabela 7.3 – Aplicação do método de Wyssling, na determinação da dimensão da zona de protecção imediata, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Zona de Protecção Imediata													
Captação	**Q (m^3/d)**	**Tempo (dias)**	***n***	**H (m)**	**K (m/d)**	**i**	**B (m)**	**X0 (m)**	**B' (m)**	**ve (m/d)**	**I (m)**	**montante S_0 (m)**	**jusante S_u (m)**
SN1d	31.1	1	0.002	3	0.28	0.21	176	28	88	29	29	58	29 (25)
SN2d	24.0	1	0.002	7	0.28	0.21	58	9	29	29	29	42	13
SN3d	16.8	1	0.002	4	0.28	0.21	71	11	36	29	29	44	15
SN4d	17.4	1	0.002	3	0.28	0.21	98	16	49	29	29	48	19
SN5m	49.2	1	0.002	5	0.28	0.23	153	24	76	32	32	59	27 (25)
SN6d	27.3	1	0.002	5	0.28	0.21	93	15	47	29	29	48	18
SN7m	12.6	1	0.002	5	0.28	0.21	43	7	21	29	29	40	10
SN8d	20.6	1	0.002	3	0.28	0.21	117	19	58	29	29	51	22
SN9d	6.0	1	0.002	7	0.28	0.21	14	2	7	29	29	33	4 (5)
SN10m	53.8	1	0.005	16	0.14	0.35	69	11	34	10	10	20	11
P1m	50.0	1	0.002	15	0.28	0.38	31	5	16	53	53	62	9
P2m	51.9	1	0.002	15	0.28	0.38	32	5	16	53	53	62	9
P3m	69.0	1	0.002	7	0.28	0.34	104	16	52	48	48	70	22
P4m	80.3	1	0.002	31	0.28	0.34	27	4	14	48	48	55	7
P5m	31.2	1	0.002	4	0.28	0.38	73	12	37	53	53	71	18
P7m	64.0	1	0.002	6	0.28	0.38	100	16	50	53	53	76	22
P8m	159.8	1	0.002	18	0.28	0.38	83	13	42	53	53	73	19
P9m	55.4	1	0.002	4	0.28	0.38	130	21	65	53	53	81	27 (25)
P10f	26.6	1	0.002	17	0.28	0.38	15	2	7	53	53	58	4 (5)
P11f	79.1	1	0.002	16	0.28	0.38	46	7	23	53	53	65	12
NH1m	173.6	1	0.002	15	0.28	0.41	101	16	50	57	57	80	23
NH2m	124.8	1	0.002	10	0.28	0.42	106	17	53	59	59	83	24
NH3m	163.5	1	0.002	5	0.28	0.5	234	37	117	70	70	115	45 (25)
NH4n	230.9	1	0.002	3	0.28	0.41	671	107	335	57	57	143	86 (25)
NH5m	557.9	1	0.002	19	0.28	0.3	350	56	175	42	42	93	51 (25)
NH6n	209.1	1	0.002	3	0.28	0.44	566	90	283	62	62	141	79(25)
NH7m	42.1	1	0.002	12	0.28	0.44	28	5	14	62	62	70	8
NH8m	29.5	1	0.002	25	0.28	0.44	10	2	5	62	62	65	3 (5)
NH9d	111.4	1	0.002	3	0.28	0.4	332	53	166	56	56	110	54 (25)
NH10m	235.6	1	0.002	20	0.28	0.29	145	23	73	41	41	68	28 (25)
NH11m	165.2	1	0.002	5	0.28	0.37	319	51	159	52	52	103	51 (25)
NH12m	237.1	1	0.002	10	0.28	0.41	206	33	103	57	57	96	39 (25)
NH13n	97.9	1	0.002	3	0.28	0.37	315	50	158	52	52	102	51 (25)
NH14n	52.2	1	0.002	3	0.28	0.37	168	27	84	52	52	85	33 (25)
NH15n	161.4	1	0.002	3	0.28	0.41	469	75	234	57	57	126	68 (25)
RN1m	237.1	1	0.002	7	0.28	0.31	390	62	195	43	43	98	55 (25)
RN2m	182.2	1	0.002	11	0.28	0.31	191	30	95	43	43	77	34 (25)
RN3m	64.0	1	0.002	17	0.28	0.31	43	7	22	43	43	54	11
RN4m	56.0	1	0.002	5	0.28	0.31	129	21	64	43	43	69	26 (25)
RN5m	50.0	1	0.002	16	0.28	0.31	36	6	18	43	43	53	9
RN6m	124.8	1	0.002	5	0.28	0.44	203	32	101	62	62	101	39 (25)
RN7m	195.6	1	0.002	17	0.28	0.44	93	15	47	62	62	84	22
RN8m	253.4	1	0.002	5	0.28	0.46	393	63	197	64	64	128	63 (25)
RN9m	277.5	1	0.002	5	0.28	0.46	431	69	215	64	64	132	67 (25)
RN10m	338.7	1	0.002	13	0.28	0.46	202	32	101	64	64	104	40 (25)
RN11m	160.0	1	0.002	13	0.28	0.46	96	15	48	64	64	87	23
RN12m	256.2	1	0.002	30	0.28	0.37	82	13	41	52	52	71	19
AM1d	49.6	1	0.002	5	0.28	0.35	101	16	51	49	49	71	22
AM2d	33.0	1	0.002	4	0.28	0.35	84	13	42	49	49	68	19
AM3d	55.4	1	0.002	3	0.28	0.35	189	30	94	49	49	84	35 (25)
AM4n	28.8	1	0.002	3	0.28	0.35	98	16	49	49	49	71	22
AM5d	15.5	1	0.002	7	0.28	0.35	23	4	11	49	49	55	6
AM6n	55.4	1	0.002	3	0.28	0.35	189	30	94	49	49	84	35 (25)
AM7d	67.7	1	0.002	4	0.28	0.35	173	28	86	49	49	82	33 (25)
AM8m	93.6	1	0.002	5	0.28	0.37	181	29	90	52	52	86	35 (25)
AM9d	201.1	1	0.002	5	0.28	0.35	410	65	205	49	49	108	59 (25)
AM10d	49.3	1	0.002	5	0.28	0.35	101	16	50	49	49	71	22
AM11d	78.5	1	0.002	4	0.28	0.35	200	32	100	49	49	86	37 (25)
AM12n	3.5	1	0.002	3	0.28	0.35	12	2	6	49	49	53	4 (5)
AM13d	184.9	1	0.002	6	0.28	0.35	314	50	157	49	49	99	50 (25)
VC1m	15.7	1	0.002	30	0.28	0.53	4	1	2	74	74	75	1 (5)
VC2m	31.8	1	0.002	10	0.28	0.53	21	3	11	74	74	80	6
VC3m	21.7	1	0.002	15	0.28	0.53	10	2	5	74	74	77	3 (5)
VC4m	36.7	1	0.002	5	0.28	0.53	49	8	25	74	74	88	13
T1n	4.6	1	0.002	3	0.14	0.37	30	5	15	26	26	33	7
T2d	11.3	1	0.002	3	0.14	0.37	73	12	36	26	26	41	15
T4d	14.5	1	0.002	3	0.14	0.37	94	15	47	26	26	44	18
T5n	14.8	1	0.002	3	0.14	0.37	95	15	48	26	26	44	18
T7n	12.5	1	0.002	3	0.14	0.37	80	13	40	26	26	42	16
T8f	22.4	1	0.002	39	0.14	0.49	8	1	4	34	34	37	2 (5)
T9f	13.5	1	0.002	30	0.14	0.49	7	1	3	34	34	36	2 (5)
T11m	42.5	1	0.002	13	0.14	0.35	67	11	33	25	25	38	14
T12m	52.3	1	0.002	20	0.14	0.35	53	8	27	25	25	36	12
T13n	12.6	1	0.002	3	0.14	0.37	81	13	41	26	26	42	16

Nota: como se referiu na explanação do método de Wyssling considerou-se Su sempre no intervalo entre 5 e 25 m.

Tabela 7.4 – Aplicação do método de Wyssling, na determinação da dimensão da zona de protecção intermédia, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Zona de Protecção Intermédia													
Captação	**Q (m^3/d)**	**Tempo (dias)**	***n***	**H (m)**	**K (m/d)**	**i**	**B (m)**	**X0 (m)**	**B' (m)**	**ve (m/d)**	**I (m)**	**montante S_0 (m)**	**jusante S_u (m)**
SN1d	31.1	50	0.002	3	0.28	0.21	176	28	88	29	1470	1524	54 (35)
SN2d	24.0	50	0.002	7	0.28	0.21	58	9	29	29	1470	1488	18
SN3d	16.8	50	0.002	4	0.28	0.21	71	11	36	29	1470	1492	22
SN4d	17.4	50	0.002	3	0.28	0.21	98	16	49	29	1470	1501	31
SN5m	49.2	50	0.002	5	0.28	0.23	153	24	76	32	1610	1657	47 (35)
SN6d	27.3	50	0.002	5	0.28	0.21	93	15	47	29	1470	1499	29
SN7m	12.6	50	0.002	5	0.28	0.21	43	7	21	29	1470	1484	14
SN8d	20.6	50	0.002	3	0.28	0.21	117	19	58	29	1470	1506	36 (35)
SN9d	6.0	50	0.002	7	0.28	0.21	14	2	7	29	1470	1475	5 (10)
SN10m	53.8	50	0.005	16	0.14	0.35	69	11	34	10	490	511	21
P1m	50.0	50	0.002	15	0.28	0.38	31	5	16	53	2660	2670	10
P2m	51.9	50	0.002	15	0.28	0.38	32	5	16	53	2660	2670	10
P3m	69.0	50	0.002	7	0.28	0.34	104	16	52	48	2380	2413	33
P4m	80.3	50	0.002	31	0.28	0.34	27	4	14	48	2380	2389	9 (10)
P5m	31.2	50	0.002	4	0.28	0.38	73	12	37	53	2660	2683	23
P7m	64.0	50	0.002	6	0.28	0.38	100	16	50	53	2660	2692	32
P8m	159.8	50	0.002	18	0.28	0.38	83	13	42	53	2660	2686	26
P9m	55.4	50	0.002	4	0.28	0.38	130	21	65	53	2660	2701	41 (35)
P10 f	26.6	50	0.002	17	0.28	0.38	15	2	7	53	2660	2665	5 (10)
P11 f	79.1	50	0.002	16	0.28	0.38	46	7	23	53	2660	2675	15
NH1m	173.6	50	0.002	15	0.28	0.41	101	16	50	57	2870	2902	32
NH2m	124.8	50	0.002	10	0.28	0.42	106	17	53	59	2940	2973	33
NH3m	163.5	50	0.002	5	0.28	0.5	234	37	117	70	3500	3573	73 (35)
NH4n	230.9	50	0.002	3	0.28	0.41	671	107	335	57	2870	3070	200 (35)
NH5m	557.9	50	0.002	19	0.28	0.3	350	56	175	42	2100	2206	106 (35)
NH6n	209.1	50	0.002	3	0.28	0.44	566	90	283	62	3080	3251	171 (35)
NH7m	42.1	50	0.002	12	0.28	0.44	28	5	14	62	3080	3089	9 (10)
NH8m	29.5	50	0.002	25	0.28	0.44	10	2	5	62	3080	3083	3 (10)
NH9d	111.4	50	0.002	3	0.28	0.4	332	53	166	56	2800	2902	102 (10)
NH10m	235.6	50	0.002	20	0.28	0.29	145	23	73	41	2030	2075	45 (35)
NH11m	165.2	50	0.002	5	0.28	0.37	319	51	159	52	2590	2688	98 (35)
NH12m	237.1	50	0.002	10	0.28	0.41	206	33	103	57	2870	2934	64 (35)
NH13n	97.9	50	0.002	3	0.28	0.37	315	50	158	52	2590	2687	97 (35)
NH14n	52.2	50	0.002	3	0.28	0.37	168	27	84	52	2590	2642	52 (35)
NH15n	161.4	50	0.002	3	0.28	0.41	469	75	234	57	2870	3012	142 (35)
RN1m	237.1	50	0.002	7	0.28	0.31	390	62	195	43	2170	2288	118 (35)
RN2m	182.2	50	0.002	11	0.28	0.31	191	30	95	43	2170	2229	59 (35)
RN3m	64.0	50	0.002	17	0.28	0.31	43	7	22	43	2170	2184	14
RN4m	56.0	50	0.002	5	0.28	0.31	129	21	64	43	2170	2210	40 (35)
RN5m	50.0	50	0.002	16	0.28	0.31	36	6	18	43	2170	2181	11
RN6m	124.8	50	0.002	5	0.28	0.44	203	32	101	62	3080	3143	63 (35)
RN7m	195.6	50	0.002	17	0.28	0.44	93	15	47	62	3080	3109	29
RN8m	253.4	50	0.002	5	0.28	0.46	393	63	197	64	3220	3341	121 (35)
RN9m	277.5	50	0.002	5	0.28	0.46	431	69	215	64	3220	3352	132 (35)
RN10m	338.7	50	0.002	13	0.28	0.46	202	32	101	64	3220	3283	63 (35)
RN11m	160.0	50	0.002	13	0.28	0.46	96	15	48	64	3220	3250	30
RN12m	256.2	50	0.002	30	0.28	0.37	82	13	41	52	2590	2616	26
AM1d	49.6	50	0.002	5	0.28	0.35	101	16	51	49	2450	2482	32
AM2d	33.0	50	0.002	4	0.28	0.35	84	13	42	49	2450	2477	27
AM3d	55.4	50	0.002	3	0.28	0.35	189	30	94	49	2450	2509	59 (35)
AM4n	28.8	50	0.002	3	0.28	0.35	98	16	49	49	2450	2481	31
AM5d	15.5	50	0.002	7	0.28	0.35	23	4	11	49	2450	2457	7 (10)
AM6n	55.4	50	0.002	3	0.28	0.35	189	30	94	49	2450	2509	59 (35)
AM7d	67.7	50	0.002	4	0.28	0.35	173	28	86	49	2450	2504	54 (35)
AM8m	93.6	50	0.002	5	0.28	0.37	181	29	90	52	2590	2646	56 (35)
AM9d	201.1	50	0.002	5	0.28	0.35	410	65	205	49	2450	2574	124 (35)
AM10d	49.3	50	0.002	5	0.28	0.35	101	16	50	49	2450	2482	32
AM11d	78.5	50	0.002	4	0.28	0.35	200	32	100	49	2450	2512	62 (35)
AM12n	3.5	50	0.002	3	0.28	0.35	12	2	6	49	2450	2454	4 (10)
AM13d	184.9	50	0.002	6	0.28	0.35	314	50	157	49	2450	2546	96 (35)
VC1m	15.7	50	0.002	30	0.28	0.53	4	1	2	74	3710	3711	1 (10)
VC2m	31.8	50	0.002	10	0.28	0.53	21	3	11	74	3710	3717	7 (10)
VC3m	21.7	50	0.002	15	0.28	0.53	10	2	5	74	3710	3713	3 (10)
VC4m	36.7	50	0.002	5	0.28	0.53	49	8	25	74	3710	3726	16
T1n	4.6	50	0.002	3	0.14	0.37	30	5	15	26	1295	1304	9 (10)
T2d	11.3	50	0.002	3	0.14	0.37	73	12	36	26	1295	1318	23
T4d	14.5	50	0.002	3	0.14	0.37	94	15	47	26	1295	1324	29
T5n	14.8	50	0.002	3	0.14	0.37	95	15	48	26	1295	1325	30
T7n	12.5	50	0.002	3	0.14	0.37	80	13	40	26	1295	1320	25
T8f	22.4	50	0.002	39	0.14	0.49	8	1	4	34	1715	1718	3 (10)
T9f	13.5	50	0.002	30	0.14	0.49	7	1	3	34	1715	1717	2 (10)
T11m	42.5	50	0.002	13	0.14	0.35	67	11	33	25	1225	1246	21
T12m	52.3	50	0.002	20	0.14	0.35	53	8	27	25	1225	1242	17
T13n	12.6	50	0.002	3	0.14	0.37	81	13	41	26	1295	1320	25

Nota: como se referiu na explanação do método de Wyssling considerou-se Su sempre no intervalo entre 10 e 35 m

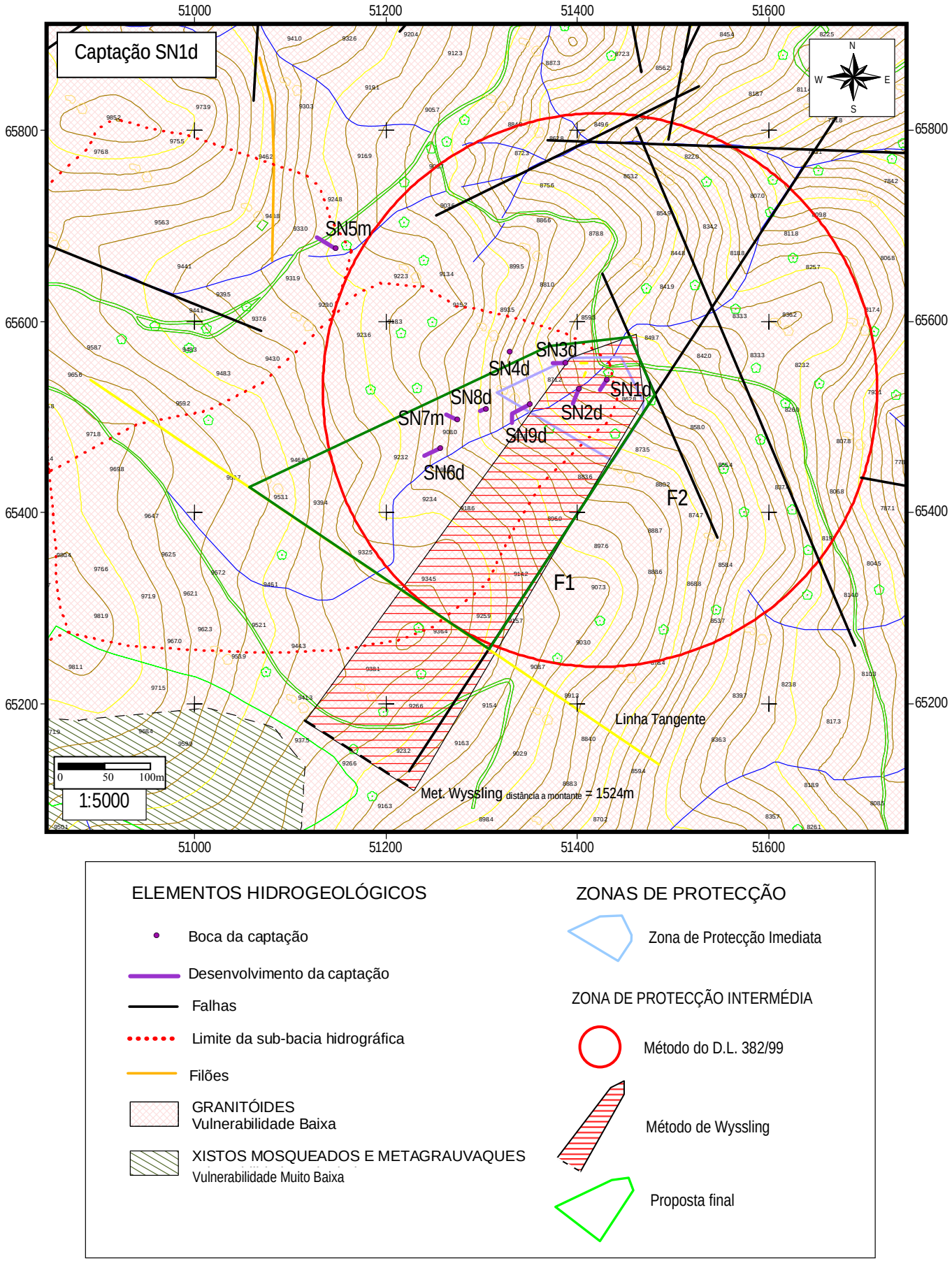


Figura 7.4 – Aplicação das várias metodologias para a delimitação da zona de protecção intermédia da captação SN1d, do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã.

Para a delimitação da zona de protecção alargada seguiu-se a metodologia anteriormente utilizada, sendo de salientar que se continua a analisar com detalhe a captação SN1d. Assim, considerando numa primeira fase o valor obtido pela aplicação do Decreto-Lei nº382/99 (Tabela 7.2 e Figura 7.5) e do método de Wyssling (Tabela 7.5 e Figura 7.5), verifica-se que os referidos valores abrangem uma área muito vasta de terrenos exteriores à suposta zona de recarga das captações. Neste sentido e considerando mais uma vez as características das captações e o seu enquadramento geométrico e geomorfológico (captações semi-horizontais em zonas muito inclinadas), entende-se que a delimitação da zona de protecção alargada deverá corresponder a uma área na qual se engloba à partida toda a bacia hidrográfica inerente à própria captação (Figura 7.5). Salienta-se que para a delimitação desta zona de protecção teve-se ainda em atenção as estruturas geológicas que funcionam como barreiras ao escoamento subterrâneo e a vulnerabilidade das formações geológicas da região.

Assim, na Figura 7.6 apresenta-se a solução final do perímetro de protecção considerando todas as zonas para a captação SN1d, resultante do raciocínio anteriormente exposto.

Seguindo um raciocínio análogo ao apresentado para a delimitação das zonas de protecção da captação SN1d, apresentam-se nas Figuras 7.7 a 7.13 a delimitação do perímetro de protecção, considerando as situações individuais, das captações SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d. Note-se que as captações SN5m e SN10m são apresentadas em separado pois a sua situação individual não interfere com mais nenhuma captação e por isso são tratadas à parte. Assim, das figuras apresentadas, verifica-se claramente uma proximidade entre captações, as quais causam, quando efectuada a projecção de todos os perímetros de protecção (Figura 7.14), uma sobreposição de zonas de protecção. Por exemplo, constata-se que parte das zonas de protecção imediata das captações SN2d e SN3d encontram-se sobrepostas a área da zona de protecção imediata da captação SN1d (Figura 7.14). Salienta-se que do mesmo modo, se verifica uma sobreposição de áreas, tanto para a zona de protecção intermédia, como para a zona de protecção alargada.

Neste sentido, para as captações SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d, entende-se uma zona de protecção imediata, intermédia e alargada comum, de acordo com a configuração apresentada na Figura 7.15, resultante da envolvente das zonas de protecção imediatas, intermédias e alargadas individuais de cada captação.

Tabela 7.5 – Aplicação do método de Wyssling, na determinação da dimensão da zona de protecção alargada, para as captações dos vários sectores em estudo – ADC, Covilhã.

Zona de Protecção Alargada													
Captação	**Q (m^3/d)**	**Tempo (dias)**	***n***	**H (m)**	**K (m/d)**	**i**	**B (m)**	**X0 (m)**	**B' (m)**	**ve (m/d)**	**I (m)**	**montante S_0 (m)**	**jusante S_u (m)**
SN1d	31.1	3500	0.002	3	0.28	0.21	176	28	88	29	102900	102956	56 (40)
SN2d	24.0	3500	0.002	7	0.28	0.21	58	9	29	29	102900	102919	19
SN3d	16.8	3500	0.002	4	0.28	0.21	71	11	36	29	102900	102923	23
SN4d	17.4	3500	0.002	3	0.28	0.21	98	16	49	29	102900	102931	31
SN5m	49.2	3500	0.002	5	0.28	0.23	153	24	76	32	112700	112749	49 (40)
SN6d	27.3	3500	0.002	5	0.28	0.21	93	15	47	29	102900	102930	30
SN7m	12.6	3500	0.002	5	0.28	0.21	43	7	21	29	102900	102914	14 (15)
SN8d	20.6	3500	0.002	3	0.28	0.21	117	19	58	29	102900	102937	37
SN9d	6.0	3500	0.002	7	0.28	0.21	14	2	7	29	102900	102905	5 (15)
SN10m	53.8	3500	0.005	16	0.14	0.35	69	11	34	10	34300	34322	22
P1m	50.0	3500	0.002	15	0.28	0.38	31	5	16	53	186200	186210	10 (15)
P2m	51.9	3500	0.002	15	0.28	0.38	32	5	16	53	186200	186210	10 (15)
P3m	69.0	3500	0.002	7	0.28	0.34	104	16	52	48	166600	166633	33
P4m	80.3	3500	0.002	31	0.28	0.34	27	4	14	48	166600	166609	9 (15)
P5m	31.2	3500	0.002	4	0.28	0.38	73	12	37	53	186200	186223	23
P7m	64.0	3500	0.002	6	0.28	0.38	100	16	50	53	186200	186232	32
P8m	159.8	3500	0.002	18	0.28	0.38	83	13	42	53	186200	186227	27
P9m	55.4	3500	0.002	4	0.28	0.38	130	21	65	53	186200	186241	41 (40)
P10f	26.6	3500	0.002	17	0.28	0.38	15	2	7	53	186200	186205	5 (15)
P11f	79.1	3500	0.002	16	0.28	0.38	46	7	23	53	186200	186215	15
NH1m	173.6	3500	0.002	15	0.28	0.41	101	16	50	57	200900	200932	32
NH2m	124.8	3500	0.002	10	0.28	0.42	106	17	53	59	205800	205834	34
NH3m	163.5	3500	0.002	5	0.28	0.5	234	37	117	70	245000	245074	74 (40)
NH4n	230.9	3500	0.002	3	0.28	0.41	671	107	335	57	200900	201113	213 (40)
NH5m	557.9	3500	0.002	19	0.28	0.3	350	56	175	42	147000	147111	111 (40)
NH6n	209.1	3500	0.002	3	0.28	0.44	566	90	283	62	215600	215780	180 (40)
NH7m	42.1	3500	0.002	12	0.28	0.44	28	5	14	62	215600	215609	9 (15)
NH8m	29.5	3500	0.002	25	0.28	0.44	10	2	5	62	215600	215603	3 (15)
NH9d	111.4	3500	0.002	3	0.28	0.4	332	53	166	56	196000	196105	105 (40)
NH10m	235.6	3500	0.002	20	0.28	0.29	145	23	73	41	142100	142146	46 (40)
NH11m	165.2	3500	0.002	5	0.28	0.37	319	51	159	52	181300	181401	101 (40)
NH12m	237.1	3500	0.002	10	0.28	0.41	206	33	103	57	200900	200966	66 (40)
NH13n	97.9	3500	0.002	3	0.28	0.37	315	50	158	52	181300	181400	100 (40)
NH14n	52.2	3500	0.002	3	0.28	0.37	168	27	84	52	181300	181353	53 (40)
NH15n	161.4	3500	0.002	3	0.28	0.41	469	75	234	57	200900	201049	149 (40)
RN1m	237.1	3500	0.002	7	0.28	0.31	390	62	195	43	151900	152024	124 (40)
RN2m	182.2	3500	0.002	11	0.28	0.31	191	30	95	43	151900	151961	61 (40)
RN3m	64.0	3500	0.002	17	0.28	0.31	43	7	22	43	151900	151914	14 (15)
RN4m	56.0	3500	0.002	5	0.28	0.31	129	21	64	43	151900	151941	41 (40)
RN5m	50.0	3500	0.002	16	0.28	0.31	36	6	18	43	151900	151911	11 (15)
RN6m	124.8	3500	0.002	5	0.28	0.44	203	32	101	62	215600	215664	64 (40)
RN7m	195.6	3500	0.002	17	0.28	0.44	93	15	47	62	215600	215630	30
RN8m	253.4	3500	0.002	5	0.28	0.46	393	63	197	64	225400	225525	125 (40)
RN9m	277.5	3500	0.002	5	0.28	0.46	431	69	215	64	225400	225537	137 (40)
RN10m	338.7	3500	0.002	13	0.28	0.46	202	32	101	64	225400	225464	64 (40)
RN11m	160.0	3500	0.002	13	0.28	0.46	96	15	48	64	225400	225430	30
RN12m	256.2	3500	0.002	30	0.28	0.37	82	13	41	52	181300	181326	26
AM1d	49.6	3500	0.002	5	0.28	0.35	101	16	51	49	171500	171532	32
AM2d	33.0	3500	0.002	4	0.28	0.35	84	13	42	49	171500	171527	27
AM3d	55.4	3500	0.002	3	0.28	0.35	189	30	94	49	171500	171560	60 (40)
AM4n	28.8	3500	0.002	3	0.28	0.35	98	16	49	49	171500	171531	31
AM5d	15.5	3500	0.002	7	0.28	0.35	23	4	11	49	171500	171507	7 (15)
AM6n	55.4	3500	0.002	3	0.28	0.35	189	30	94	49	171500	171560	60 (40)
AM7d	67.7	3500	0.002	4	0.28	0.35	173	28	86	49	171500	171555	55 (40)
AM8m	93.6	3500	0.002	5	0.28	0.37	181	29	90	52	181300	181358	58 (40)
AM9d	201.1	3500	0.002	5	0.28	0.35	410	65	205	49	171500	171631	131 (40)
AM10d	49.3	3500	0.002	5	0.28	0.35	101	16	50	49	171500	171532	32
AM11d	78.5	3500	0.002	4	0.28	0.35	200	32	100	49	171500	171564	64 (40)
AM12n	3.5	3500	0.002	3	0.28	0.35	12	2	6	49	171500	171504	4 (15)
AM13d	184.9	3500	0.002	6	0.28	0.35	314	50	157	49	171500	171600	100 (40)
VC1m	15.7	3500	0.002	30	0.28	0.53	4	1	2	74	259700	259701	1 (15)
VC2m	31.8	3500	0.002	10	0.28	0.53	21	3	11	74	259700	259707	7 (15)
VC3m	21.7	3500	0.002	15	0.28	0.53	10	2	5	74	259700	259703	3 (15)
VC4m	36.7	3500	0.002	5	0.28	0.53	49	8	25	74	259700	259716	16
T1n	4.6	3500	0.002	3	0.14	0.37	30	5	15	26	90650	90659	9 (15)
T2d	11.3	3500	0.002	3	0.14	0.37	73	12	36	26	90650	90673	23
T4d	14.5	3500	0.002	3	0.14	0.37	94	15	47	26	90650	90680	30
T5n	14.8	3500	0.002	3	0.14	0.37	95	15	48	26	90650	90680	30
T7n	12.5	3500	0.002	3	0.14	0.37	80	13	40	26	90650	90676	26
T8f	22.4	3500	0.002	39	0.14	0.49	8	1	4	34	120050	120053	3 (15)
T9f	13.5	3500	0.002	30	0.14	0.49	7	1	3	34	120050	120052	2 (15)
T11m	42.5	3500	0.002	13	0.14	0.35	67	11	33	25	85750	85771	21
T12m	52.3	3500	0.002	20	0.14	0.35	53	8	27	25	85750	85767	17
T13n	12.6	3500	0.002	3	0.14	0.37	81	13	41	26	90650	90676	26

Nota: como se referiu na explanação do método de Wyssling considerou-se Su sempre no intervalo entre 15 e 40 m.

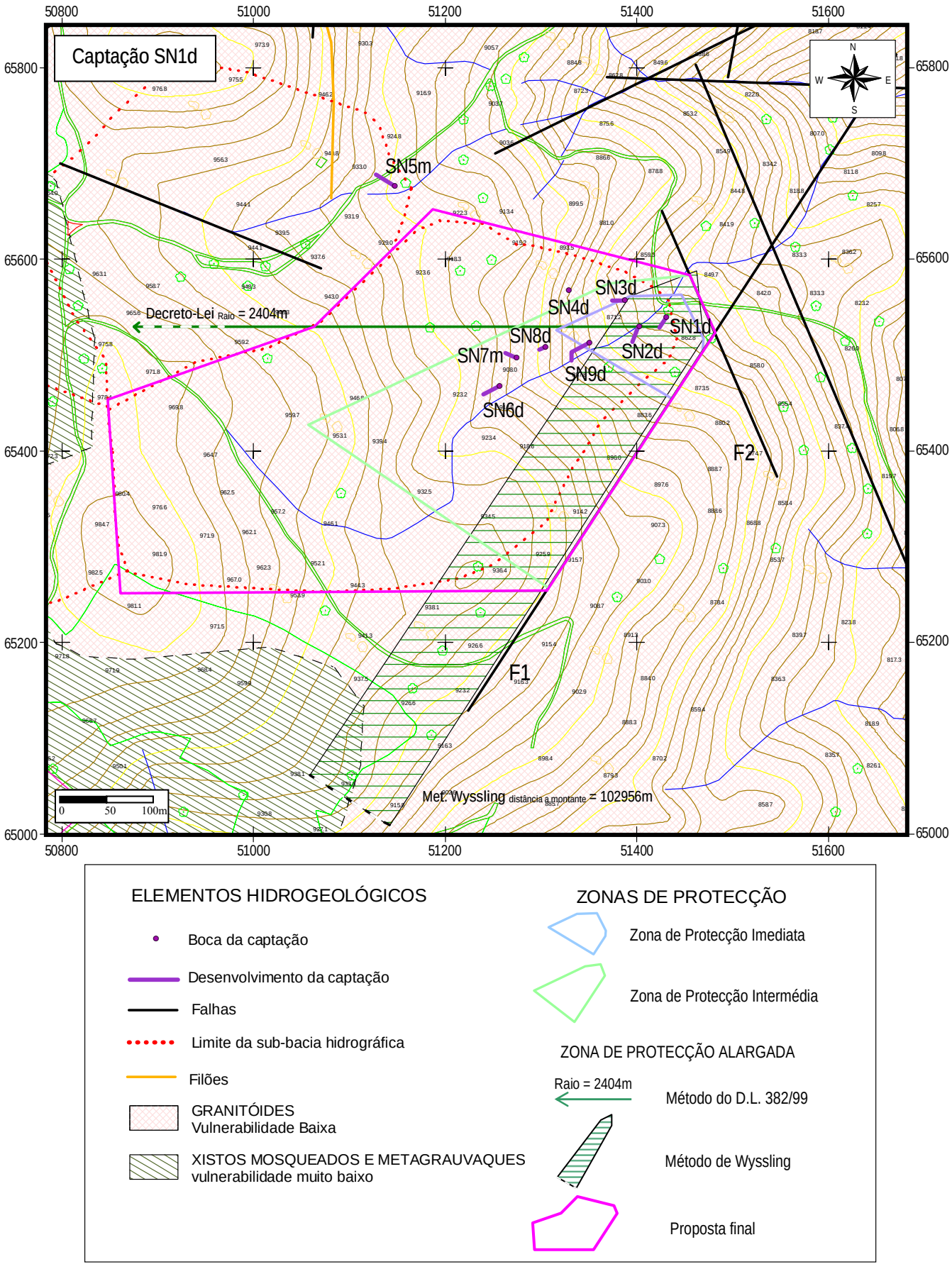


Figura 7.5 – Aplicação das várias metodologias para a delimitação da zona de protecção alargada da captação SN1d do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã

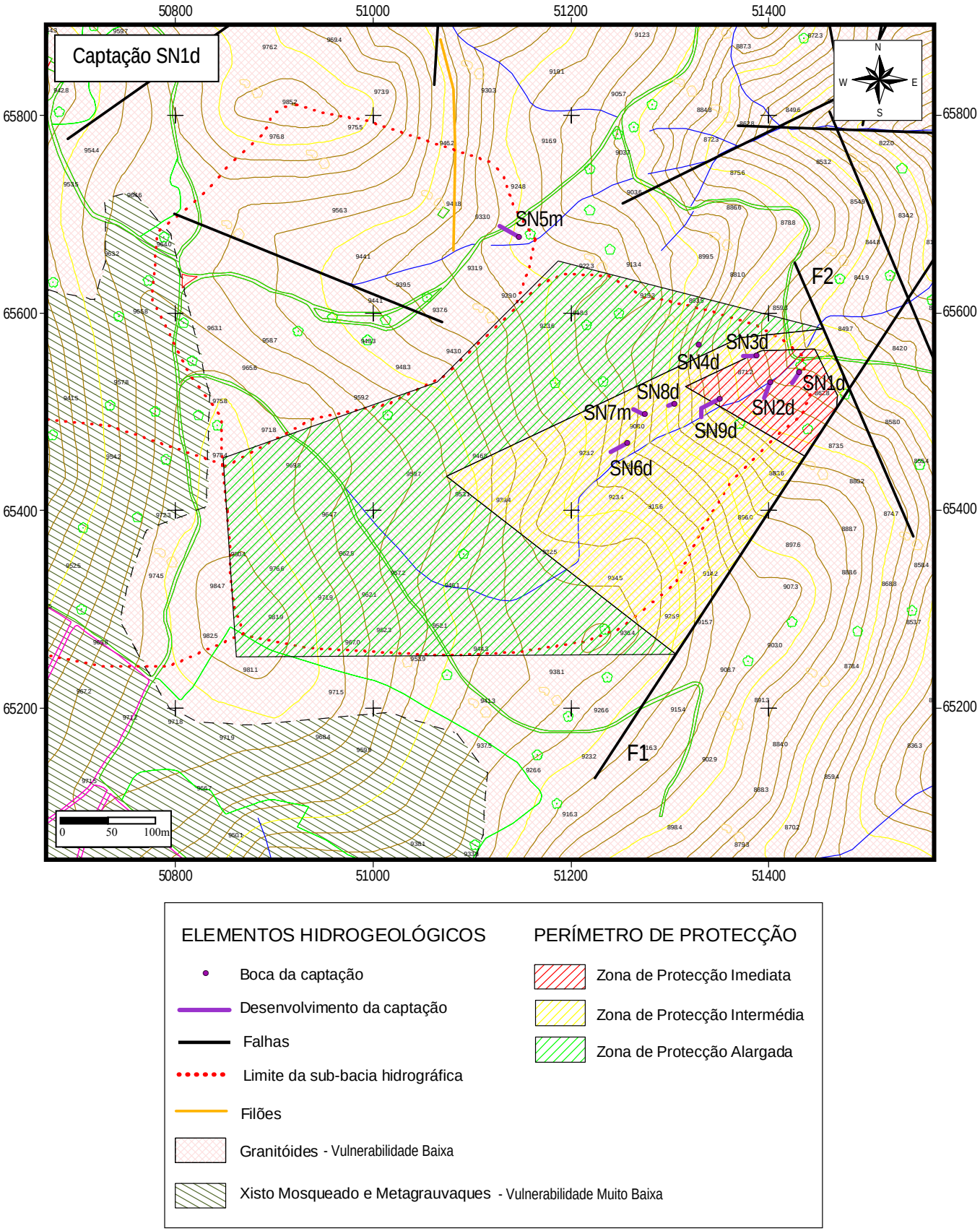


Figura 7.6 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN1d do sector do Souto Novo – Covilhã.

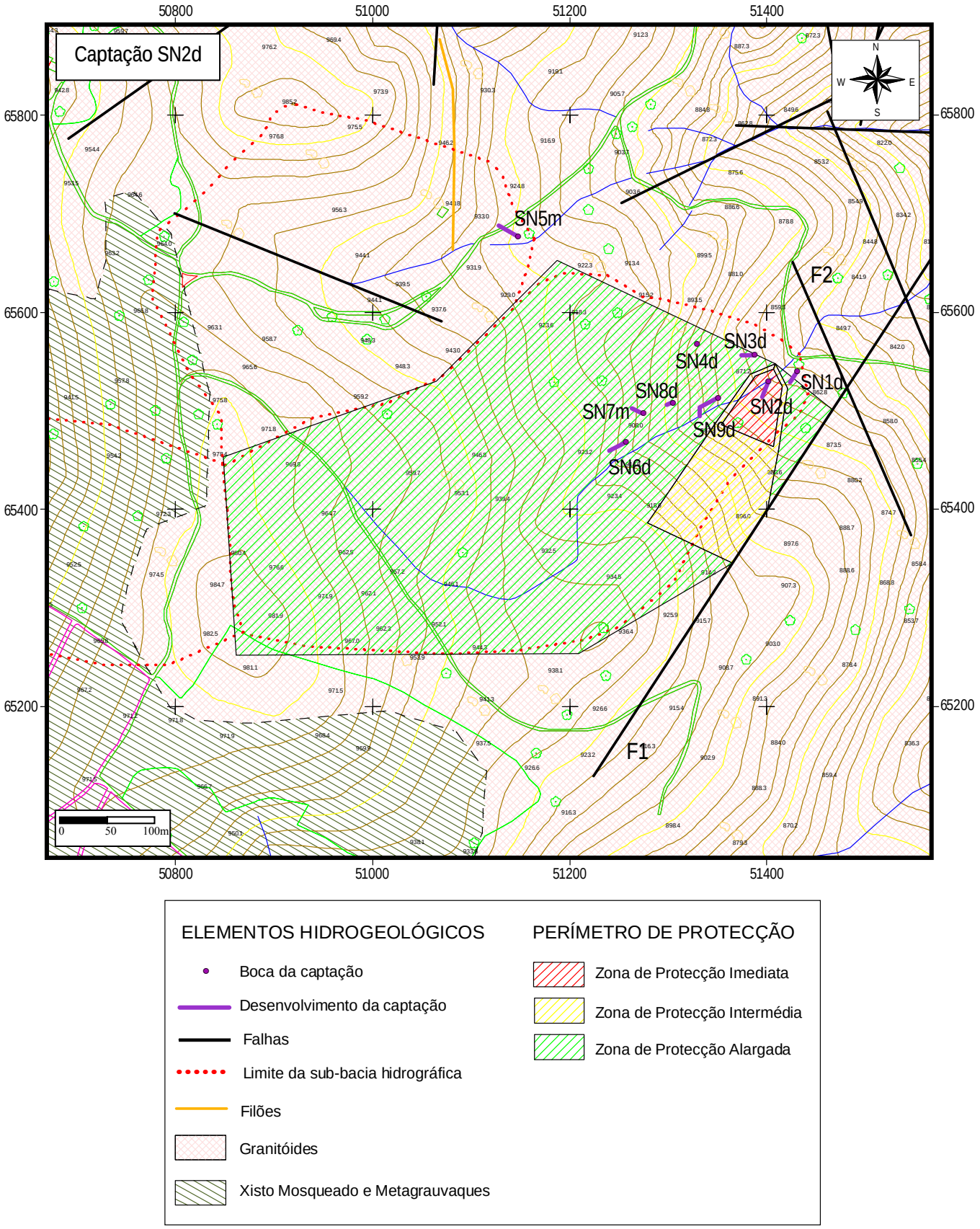


Figura 7.7 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN2d do sector do Souto Novo – Covilhã.

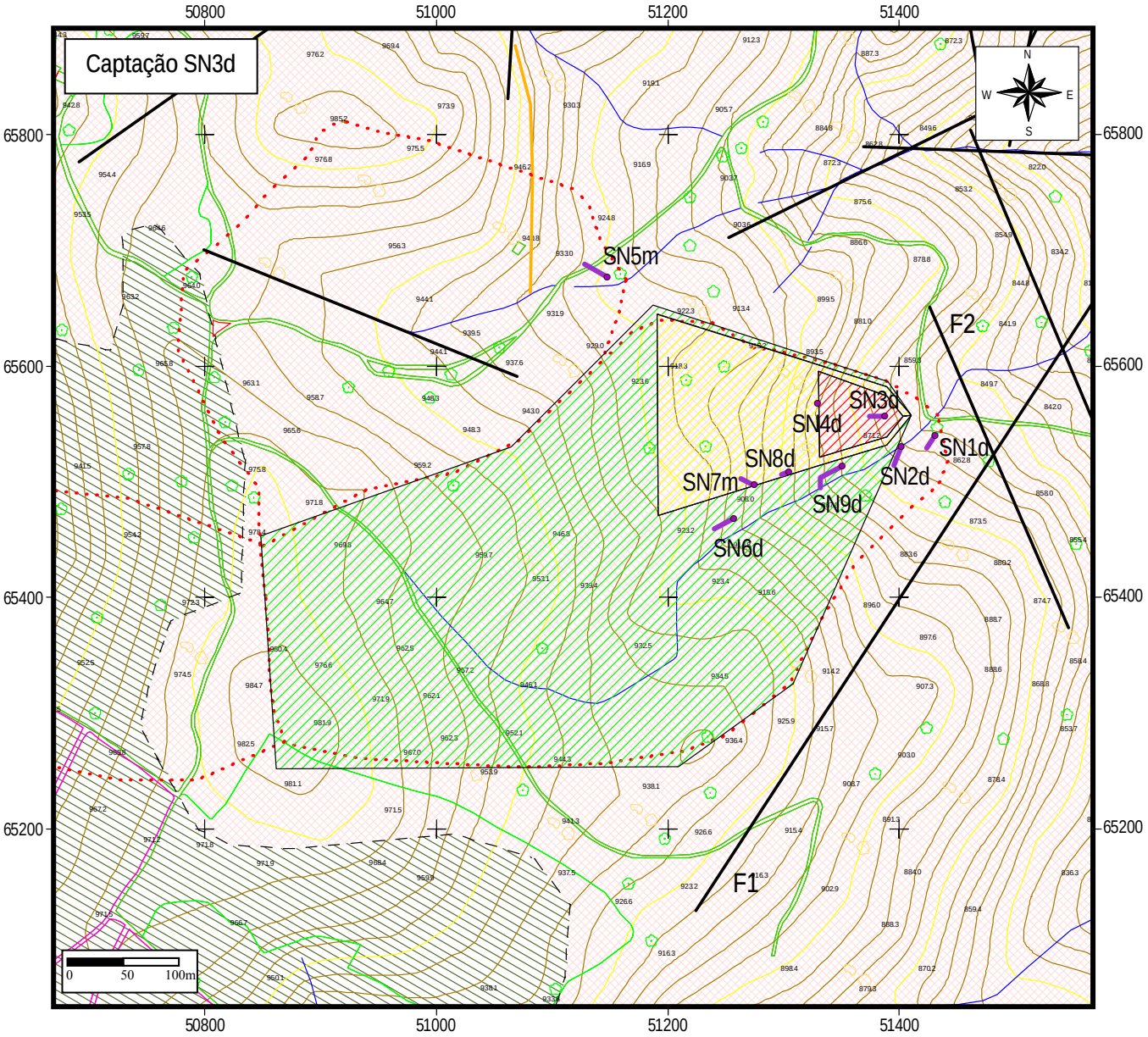


Figura 7.8 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN3d do Sector do Souto Novo – Covilhã.

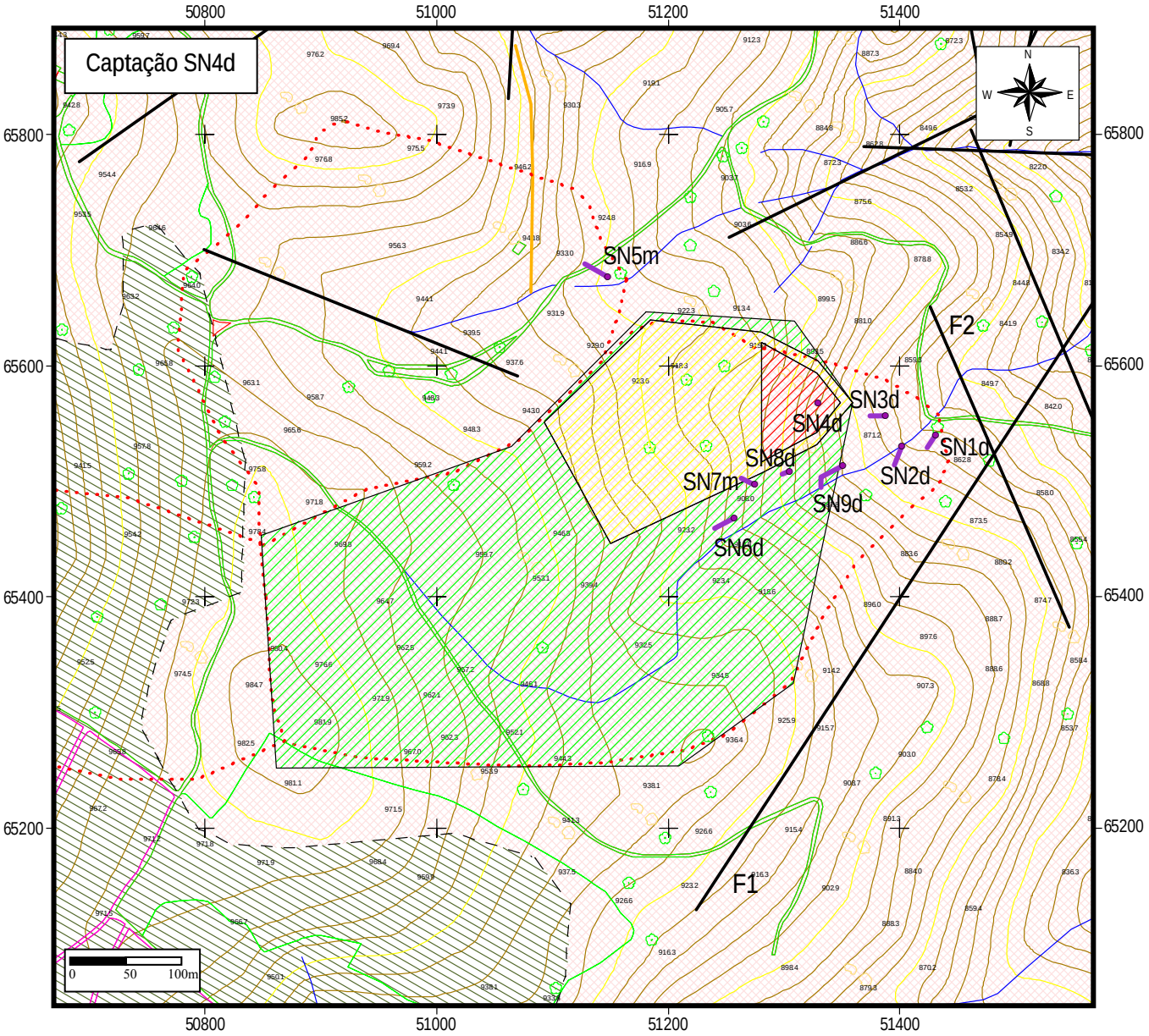


Figura 7.9 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN4d do sector do Souto Novo – Covilhã.

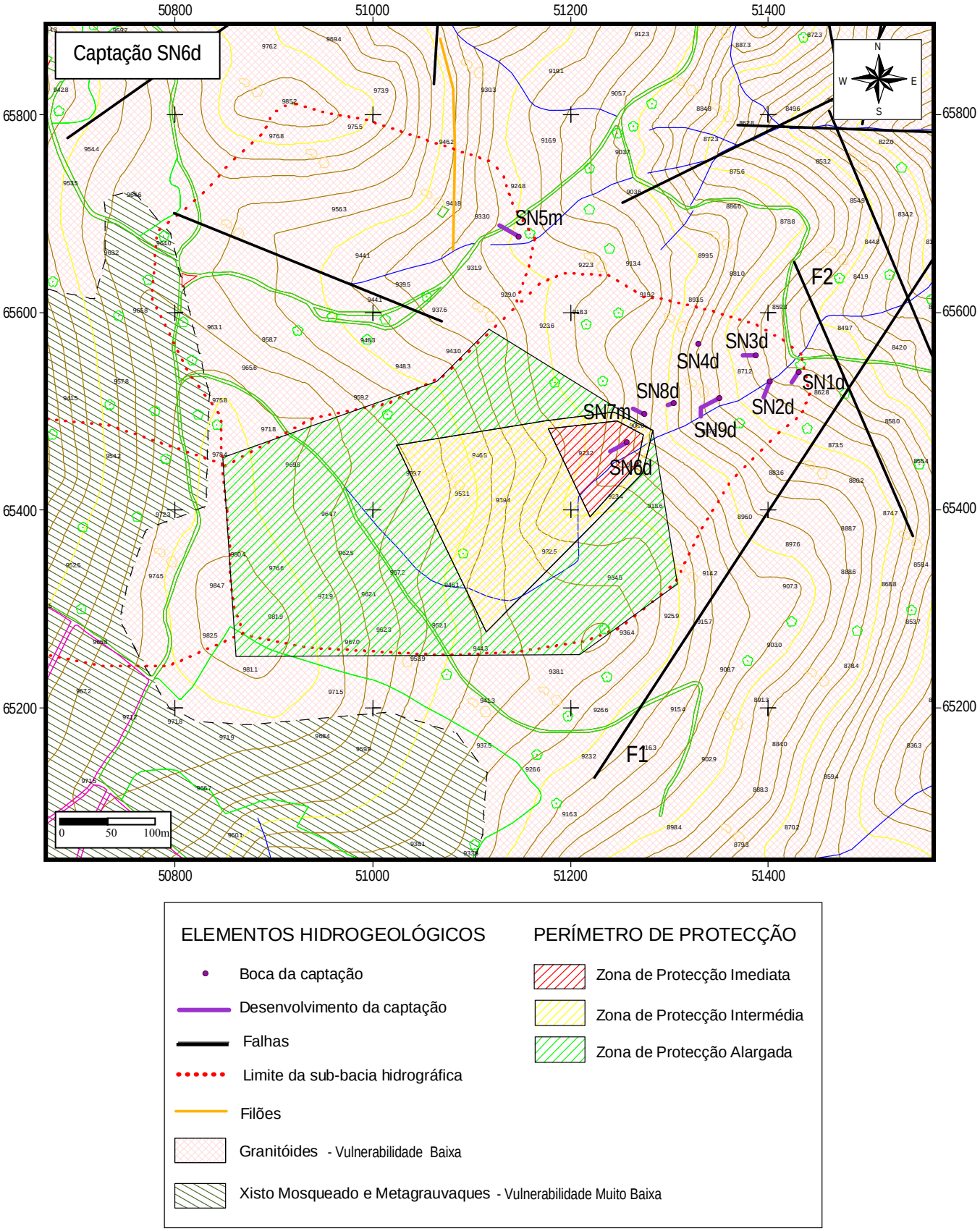


Figura 7.10 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN6d do sector do Souto Novo – Covilhã.

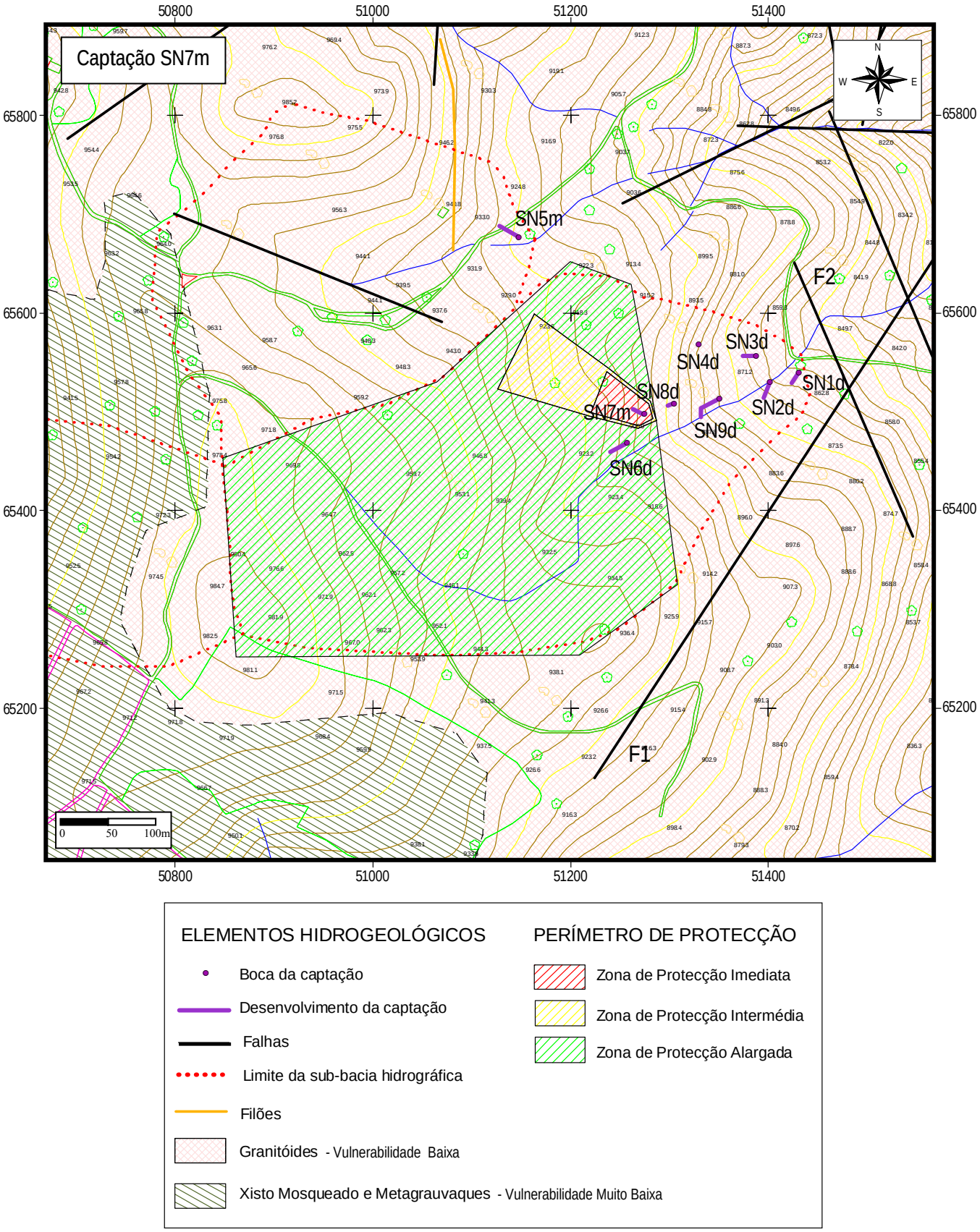


Figura 7.11 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN7m do sector do Souto Novo – Covilhã.

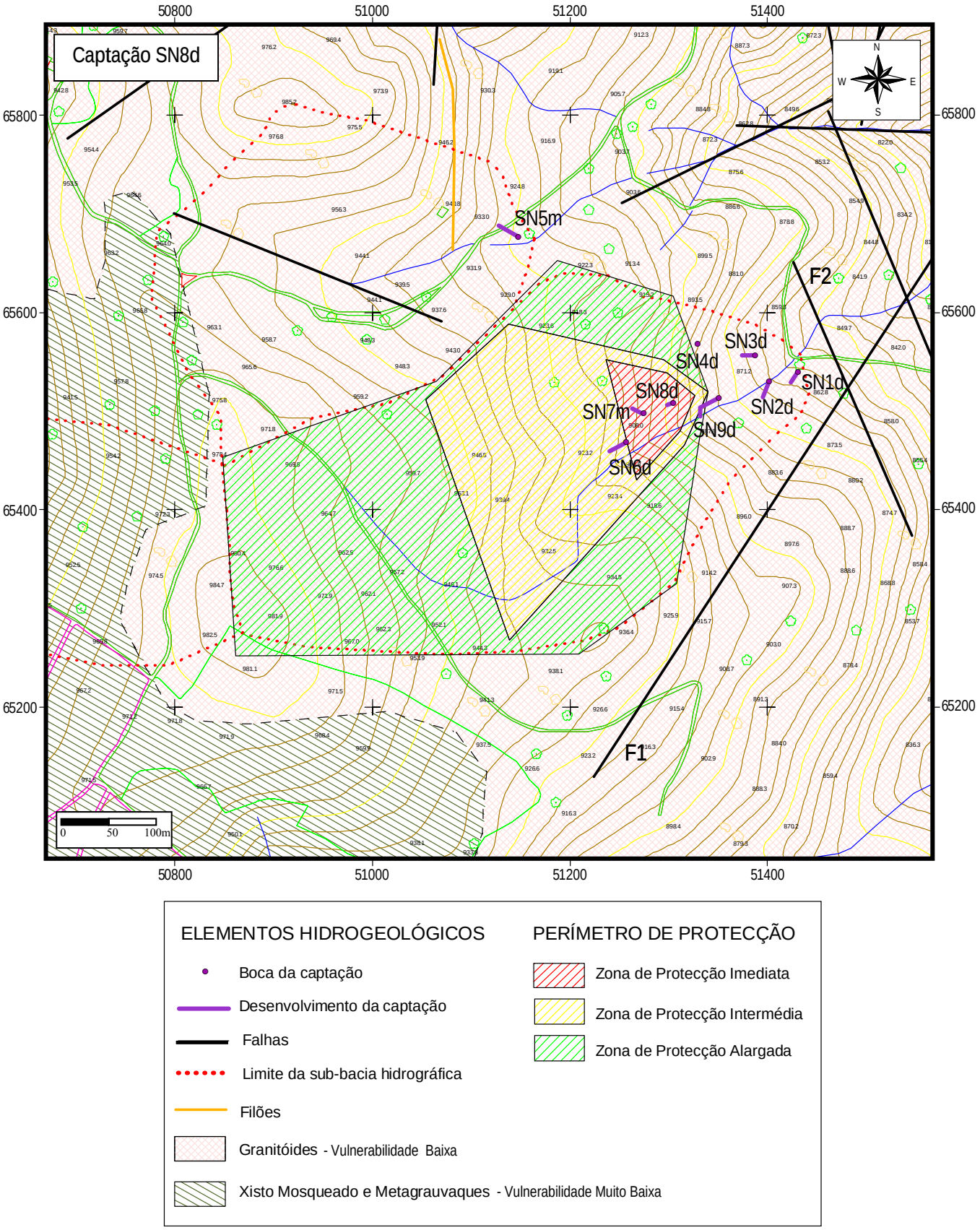


Figura 7.12 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN8d do sector do Souto Novo – Covilhã.

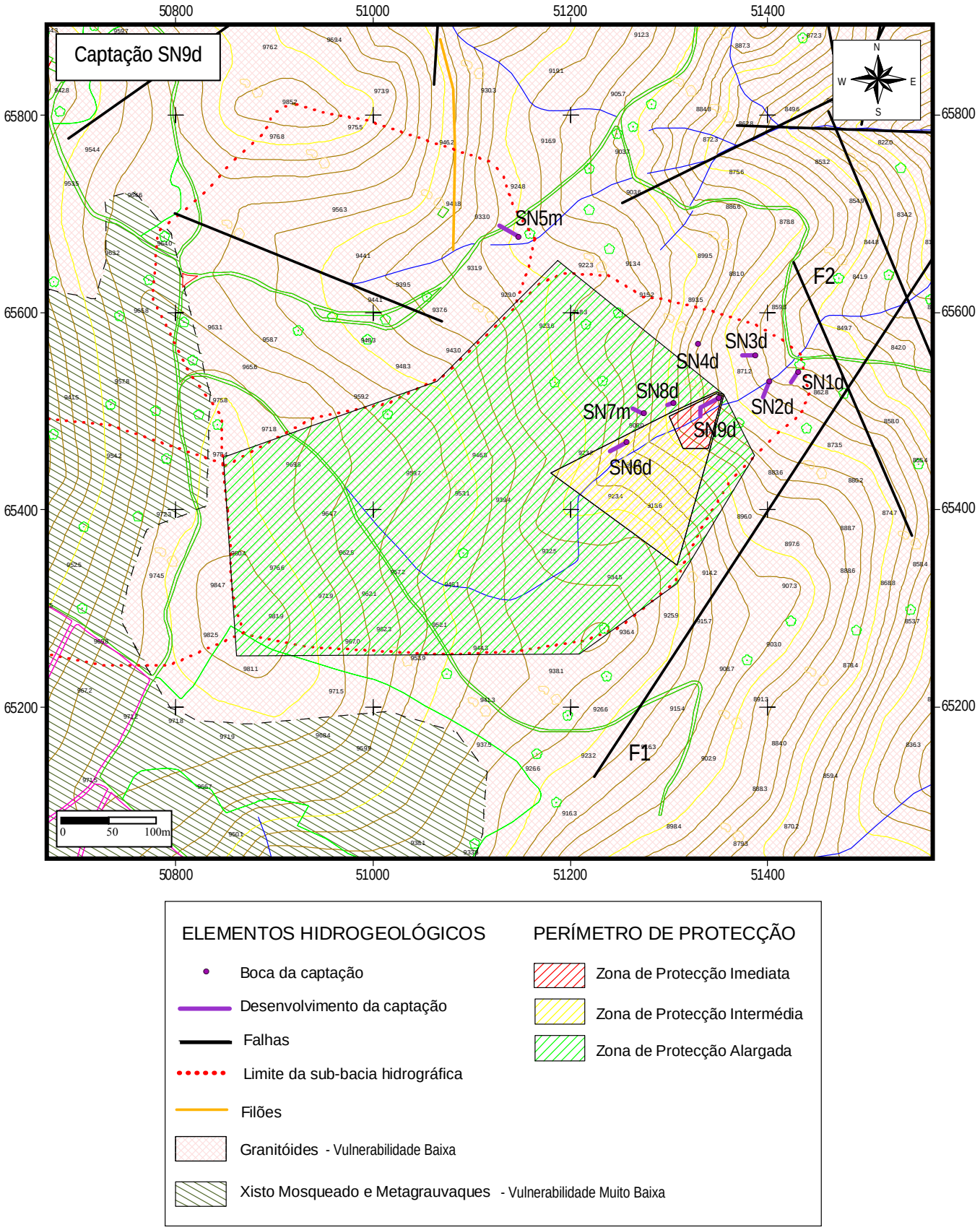


Figura 7.13 – Resultado do exercício de optimização do perímetro de protecção, considerando a ocorrência individual, da captação SN9d do sector do Souto Novo – Covilhã.

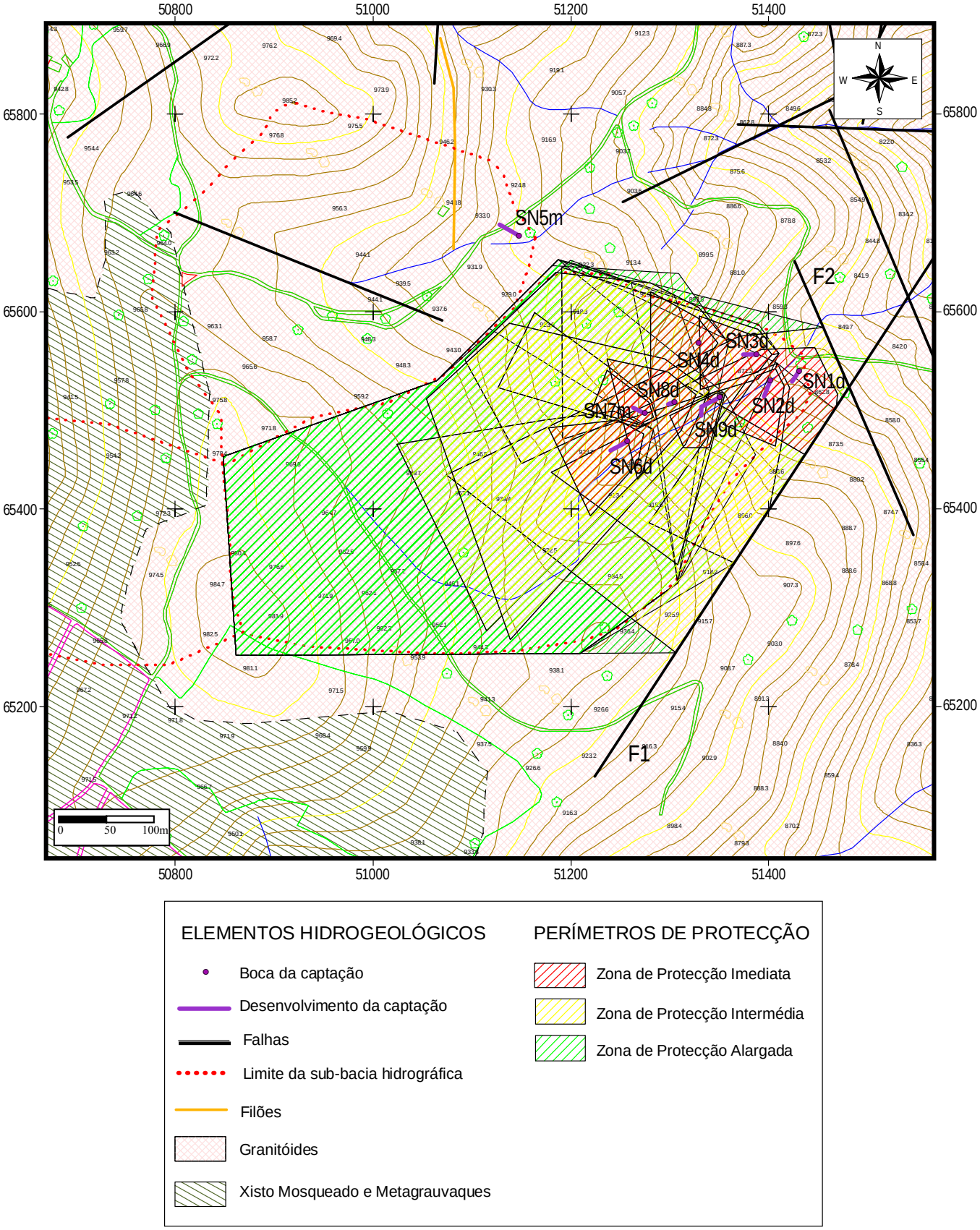
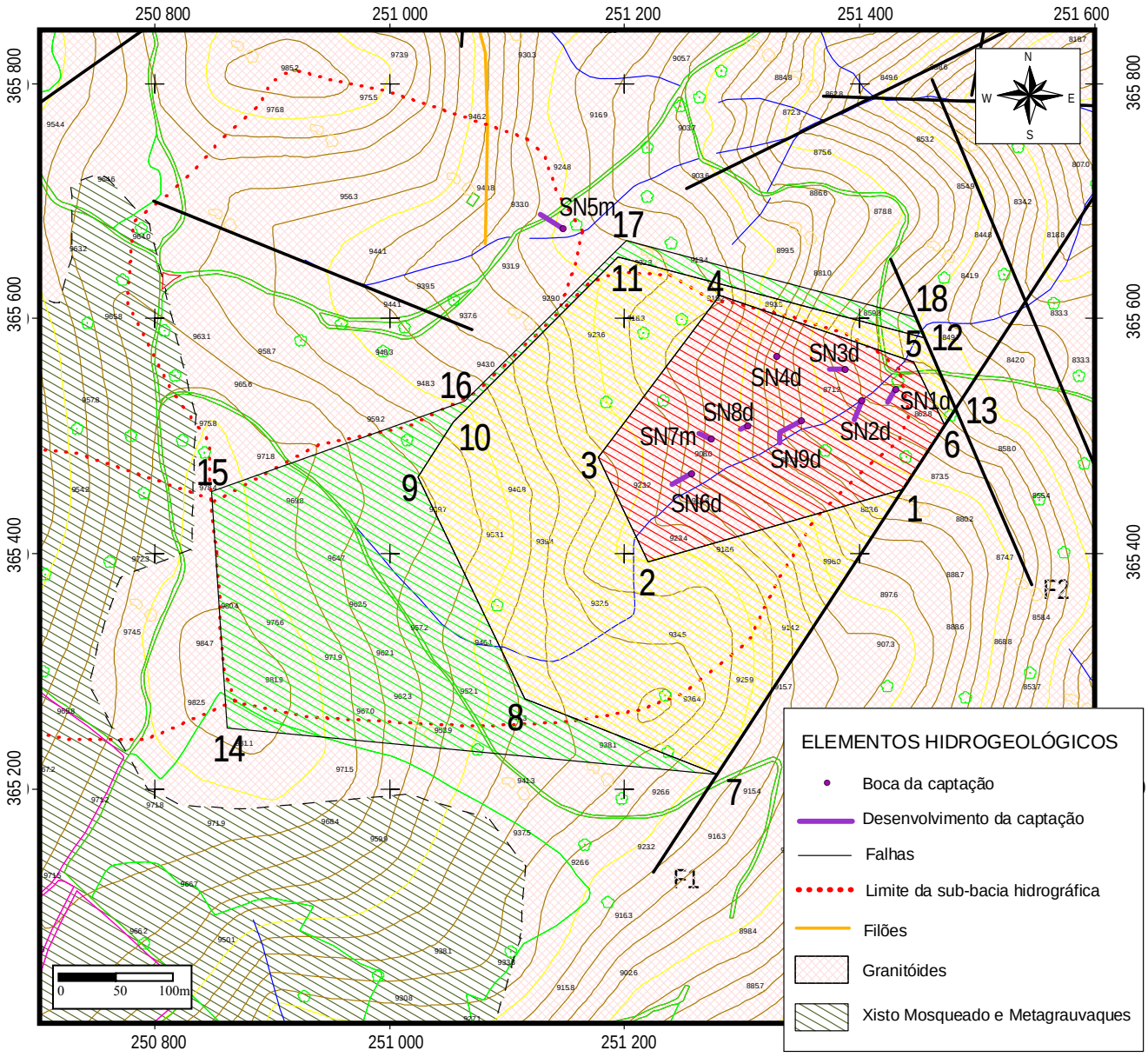


Figura 7.14 – Ensaio de sobreposição dos perímetros de protecção individuais das captações SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d do sector do Souto Novo – ADC, Covilhã.



PERÍMETRO DE PROTECÇÃO

Zona de Protecção Imediata

	Coordenadas(*)	
	M	P
1	251437	365455
2	251220	365393
3	251178	365482
4	251281	365620
5	251446	365563
6	251473	365510
Área = 4.1128 hectares		

(*) Coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

Zona de Protecção Intermédia

	Coordenadas(*)	
	M	P
1	251437	365455
2	251220	365393
3	251178	365482
4	251281	365620
5	251446	365563
6	251473	365510
7	251279	365212
8	251115	365277
9	251024	365465
10	251054	365512
11	251194	365652
12	251455	365584
13	251482	365523
Área = 8.2660 hectares		

Zona de Protecção Alargada

	Coordenadas(*)	
	M	P
7	251279	365212
8	251115	365277
9	251024	365465
10	251054	365512
11	251194	365652
12	251455	365584
14	250862	365252
15	250849	365453
16	251064	365530
17	251202	365667
18	251448	365602
Área = 6.3563 hectares		

Figura 7.15 – Perímetro de Protecção das captações SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d e SN9d do sector do Souto Novo – Covilhã.

Seguindo um raciocínio análogo ao apresentado para a delimitação das zonas de protecção da captação SN1d, apresenta-se nas Figuras 7.16 e 7.17 o perímetro de protecção das captações SN5m e SN10m, respectivamente.

Para as captações dos restantes sectores a metodologia proposta é similar à descrita anteriormente pelo que se apresenta:

i) nas Figuras 7.18 a 7.20 o exercício para a delimitação da zona de protecção imediata, intermédia e alargada, respectivamente, das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e Rosa Negra;

ii) na Figura 7.21 a solução final das zonas de protecção imediata, intermédia e alargada das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e Rosa Negra;

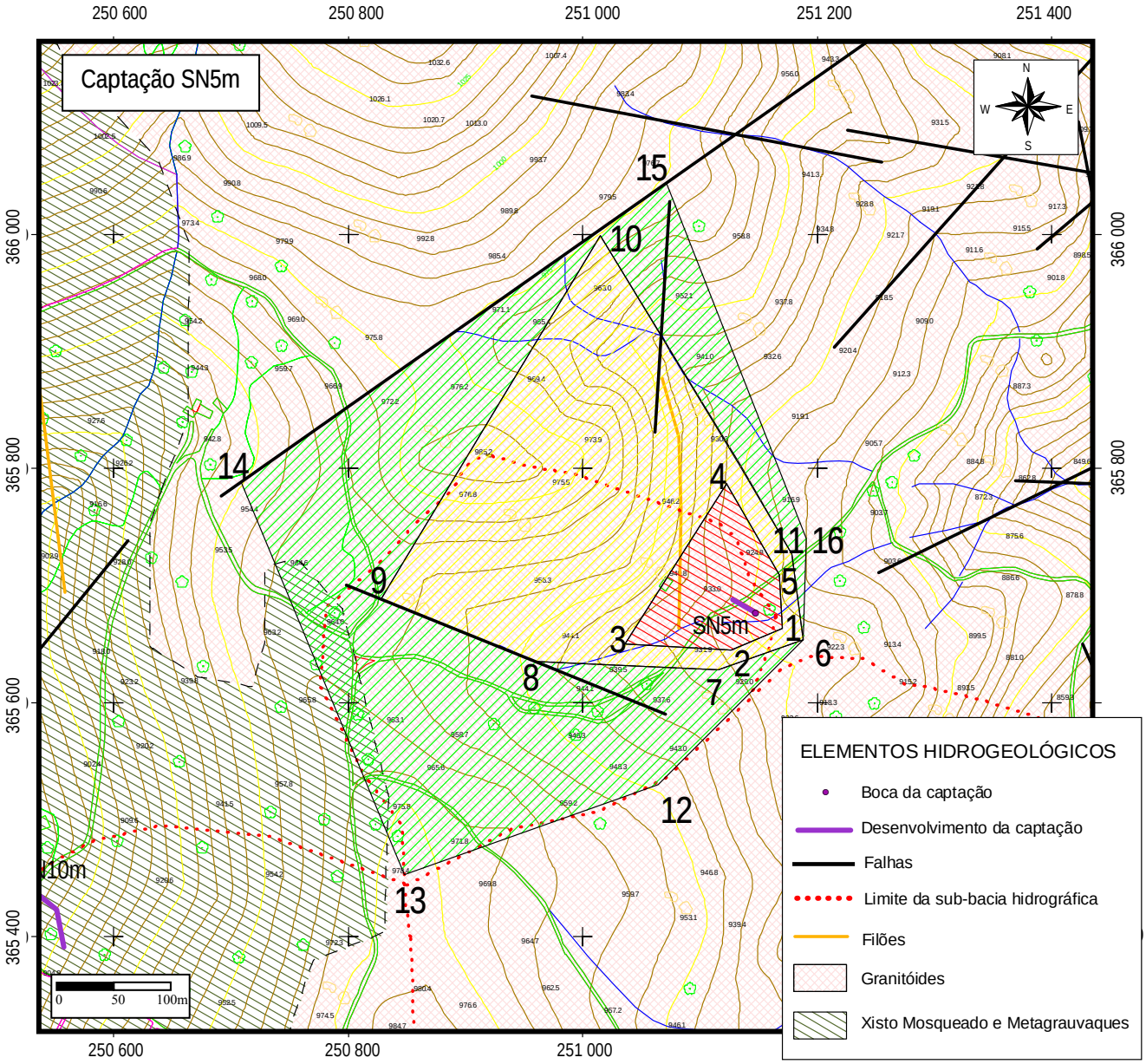
iii) na Figura 7.22 a 7.24 o exercício para a delimitação da zona de protecção imediata, intermédia e alargada, respectivamente, das captações dos sectores do Alto do Monteiro e Vila do Carvalho;

iv) na Figura 7.25 a solução final das zonas de protecção imediata, intermédia e alargada das captações dos sectores do Alto do Monteiro e Vila do Carvalho;

v) na Figura 7.26 a 7.28 o exercício para a delimitação da zona de protecção imediata, intermédia e alargada, respectivamente, das captações do sector do Teixoso;

vi) na Figura 7.29 a proposta das zonas de protecção imediata, intermédia e alargada das captações do sectore do Teixoso.

Algumas considerações finais sobre os 74 exercícios efectuados na optimização dos perímetros de protecção, são efectuadas no capítulo seguinte, “Capítulo 8 - Conclusões”.



PERÍMETRO DE PROTECÇÃO

Zona de Protecção Imediata | Zona de Protecção Intermédia | Zona de Protecção Alargada

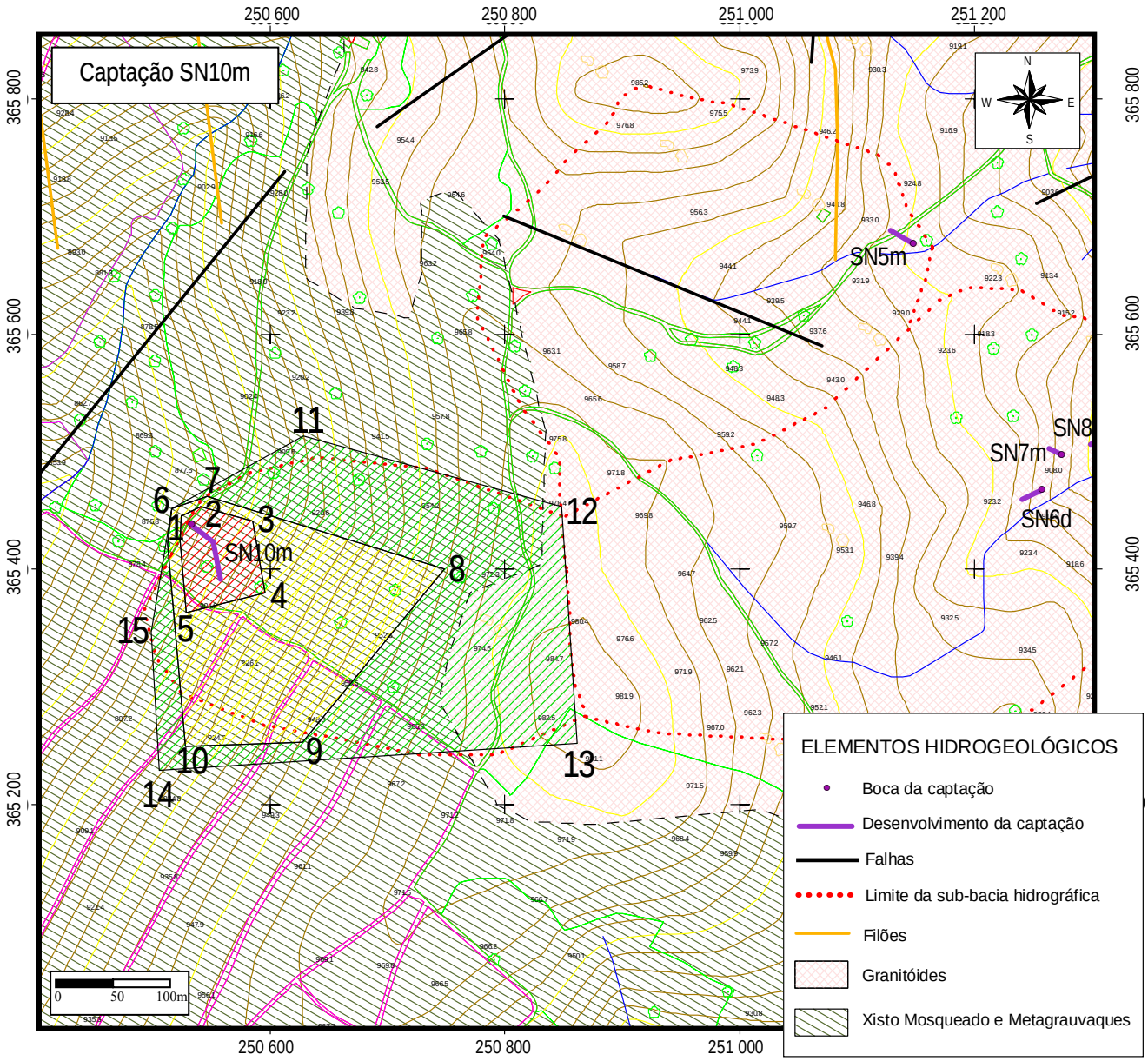
	Coordenadas(*)	
	M	P
1	251170	365663
2	251127	365645
3	251036	365650
4	251123	365786
5	251167	365709
Área = 1.0460 hectares		

(*) Coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

	Coordenadas(*)	
	M	P
1	251170	365663
2	251127	365645
3	251036	365650
4	251123	365786
5	251167	365709
6	251188	365653
7	251116	365628
8	250960	365635
9	250828	365688
10	251015	365998
11	251178	365727
Área = 6.3114 hectares		

	Coordenadas(*)	
	M	P
6	251188	365653
7	251116	365628
8	250960	365635
9	250828	365688
10	251015	365998
11	251178	365727
12	251064	365530
13	250849	365453
14	250709	365788
15	251072	366044
16	251190	365740
Área = 9.7200 hectares		

Figura 7.16 – Perímetro de protecção da captação SN5m, sector do Souto Novo – ADC, Covilhã.



PERÍMETRO DE PROTECÇÃO

Zona de Protecção Imediata | Zona de Protecção Intermédia | Zona de Protecção Alargada

	Coordenadas(*)	
	M	P
1	250524	365445
2	250542	365454
3	250585	365441
4	250596	365380
5	250529	365364
Área = 0.4962 hectares		

(*) Coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

	Coordenadas(*)	
	M	P
1	250524	365445
2	250542	365454
3	250585	365441
4	250596	365380
5	250529	365364
6	250516	365452
7	250547	365462
8	250749	365401
9	250628	365253
10	250528	365250
Área = 2.7905 hectares		

	Coordenadas(*)	
	M	P
6	250516	365452
7	250547	365462
8	250749	365401
9	250628	365253
10	250528	365250
11	250629	365513
12	250849	365453
13	250862	365252
14	250506	365229
15	250499	365346
Área = 5.1547 hectares		

Figura 7.17 – Perímetro de protecção da captação SN10m, sector do Souto Novo – ADC, Covilhã.

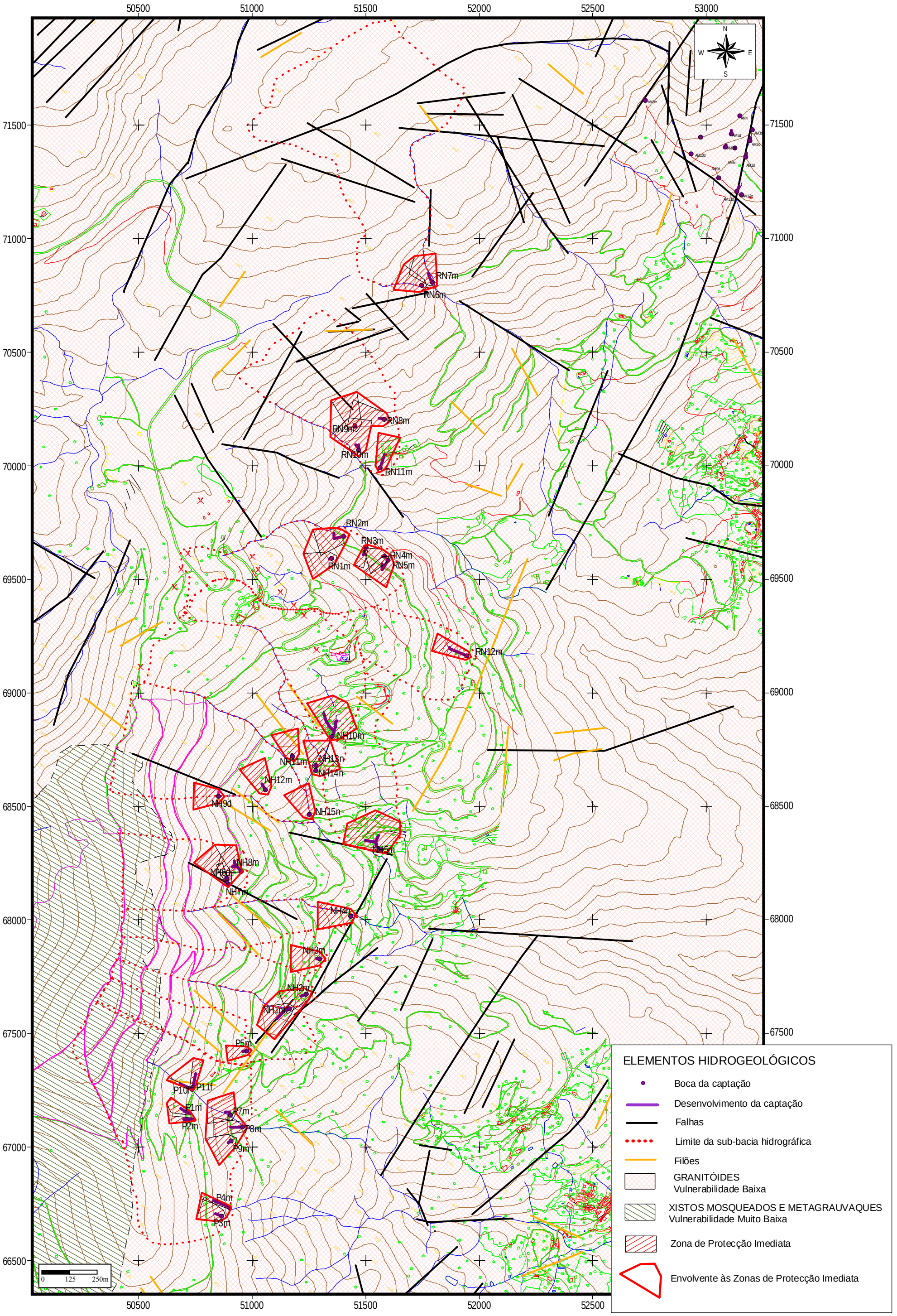


Figura 7.18 – Exercício sobre as zonas de Protecção Imediata das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e da Rosa Negra – ADC, Covilhã

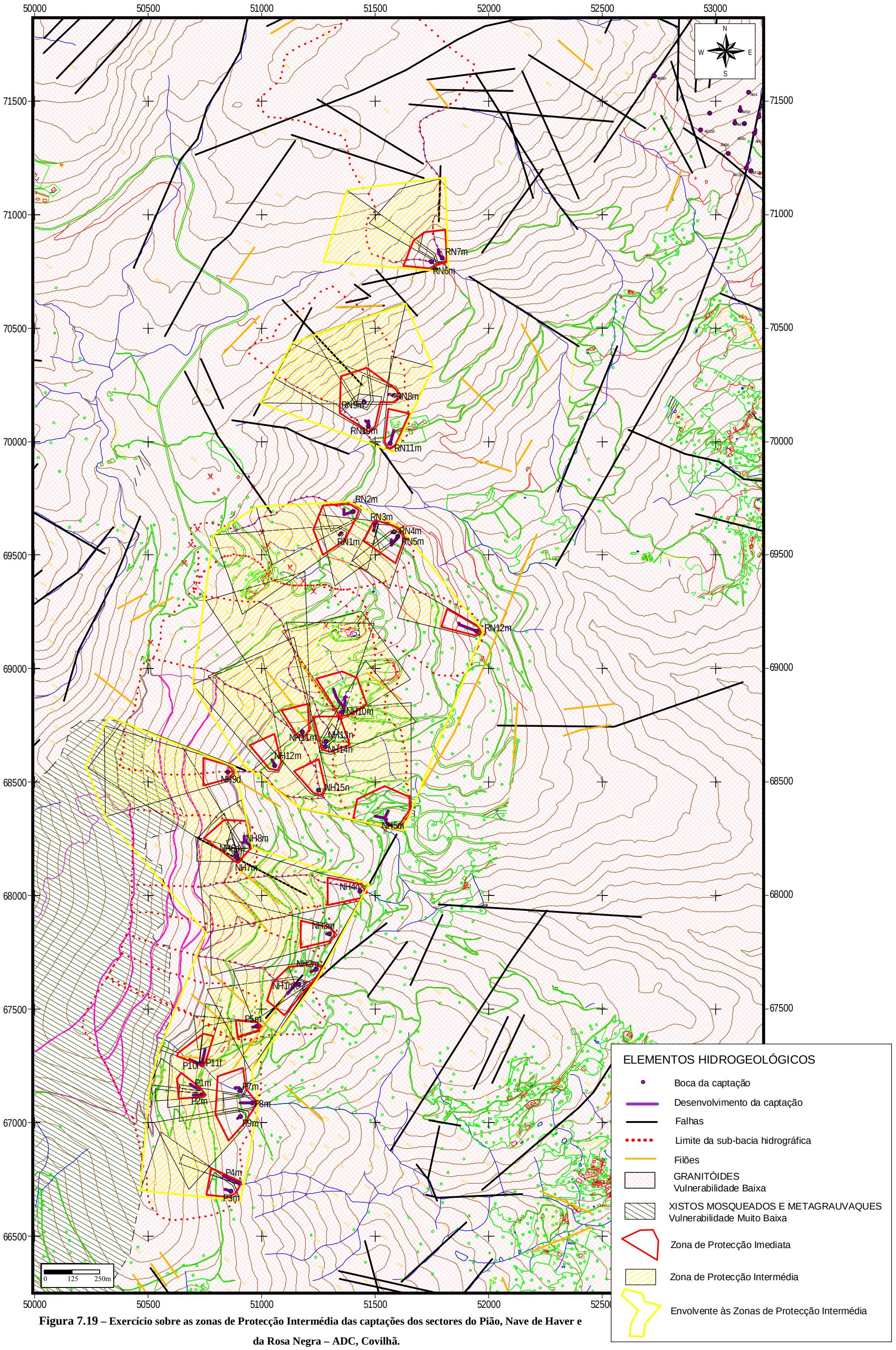


Figura 7.19 – Exercício sobre as zonas de Protecção Intermédia das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e da Rosa Negra – ADC, Covilhã.

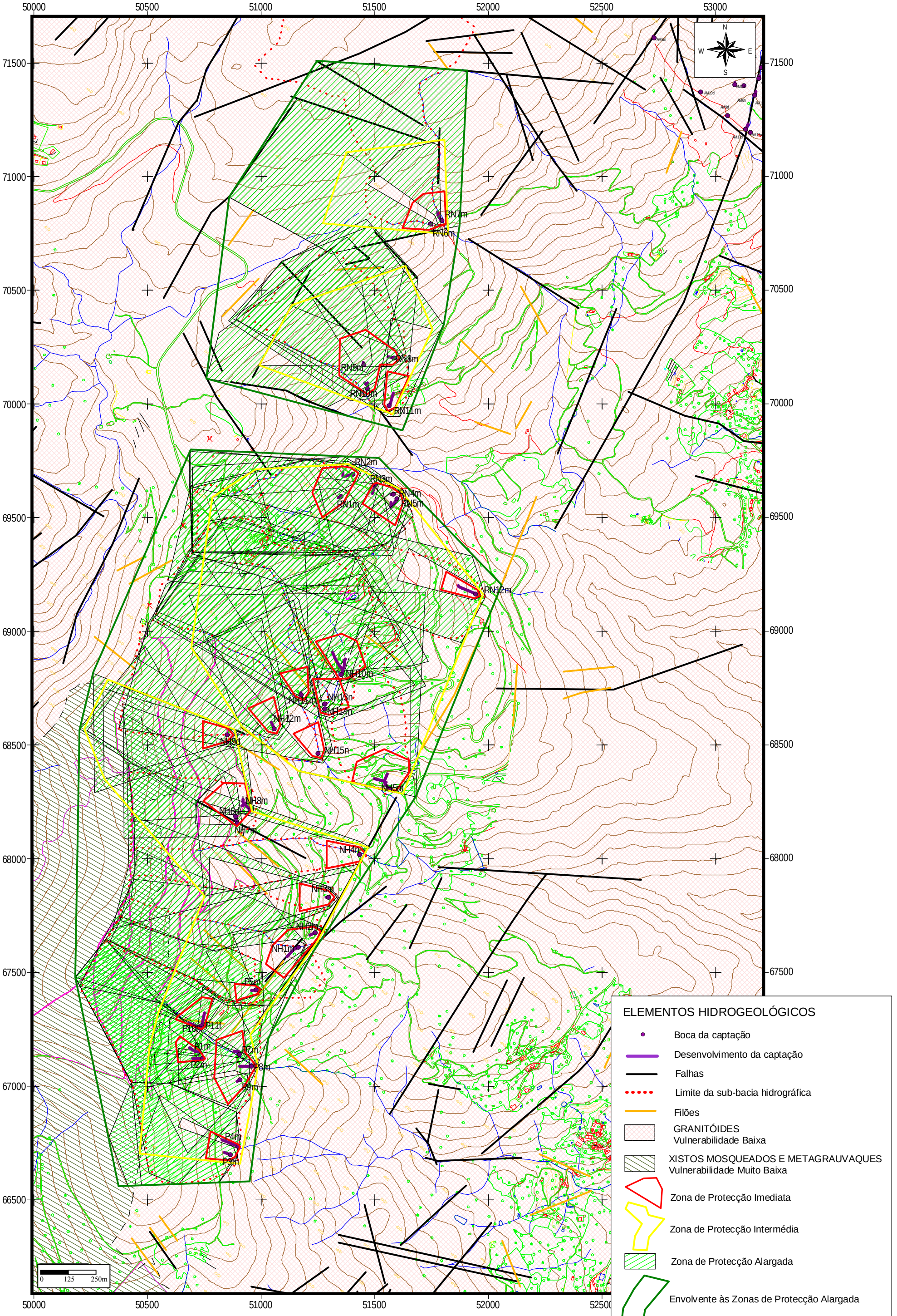
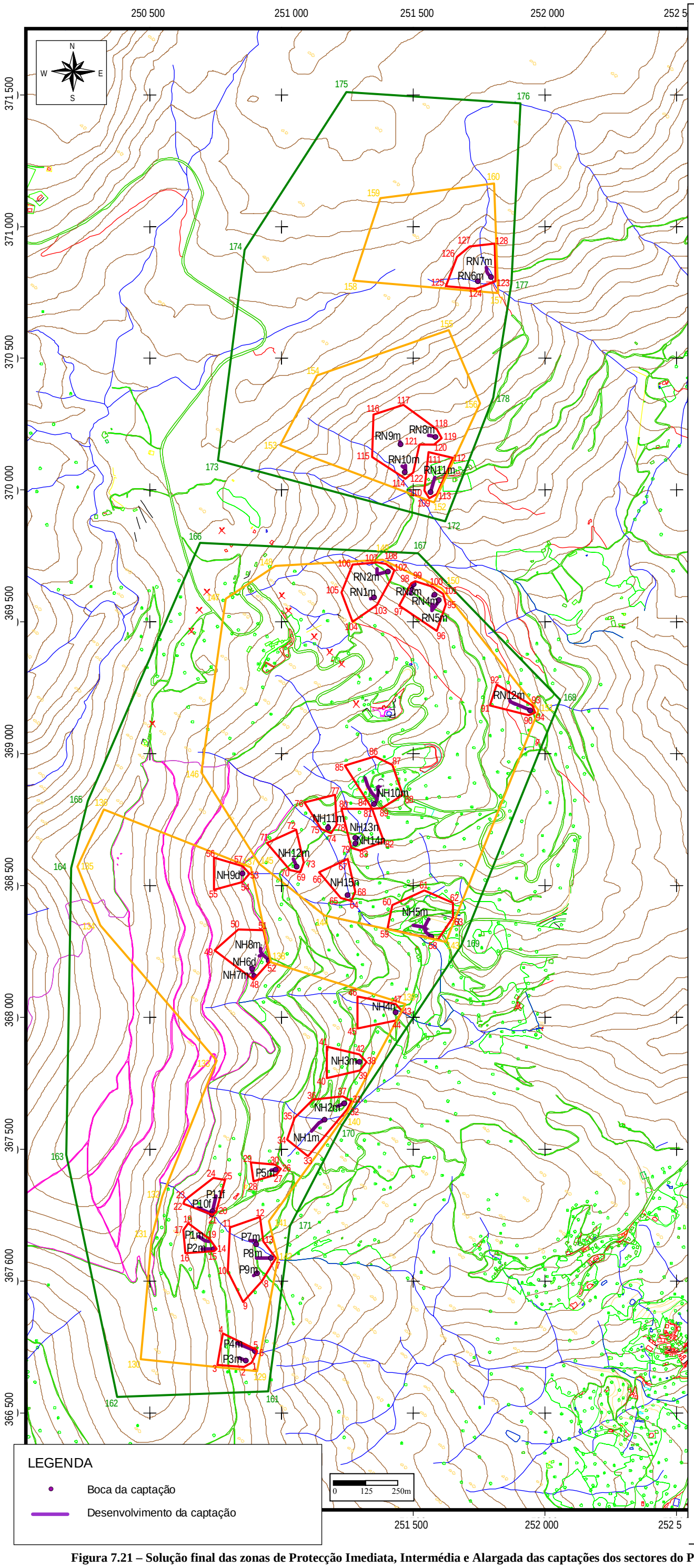


Figura 7.20 - Exercício sobre as zonas de Protecção Alargada das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e da Rosa Negra – ADC, Covilhã.



Zona de Protecção Imediata

		Coordenadas(*)				Coordenadas(*)	
		M (m)	P (m)			M (m)	P (m)
P3m e P4m	1	250886	366690	NH15n	64	251263	368443
	2	250857	366673		65	251225	368452
	3	250755	366683		66	251142	368550
	4	250777	366800		67	251250	368601
	5	250902	366741		68	251279	368478
	6	250907	366732		Área = 1.1833 hectares		
Área = 1.2524 hectares				NH12m	69	251069	368551
P7m; P8m e P9m	7	250979	367088		70	251032	368558
	8	250925	367000		71	250945	368662
	9	250854	366921		72	251055	368712
	10	250794	367037		73	251085	368588
	11	250804	367204		Área = 1.2437 hectares		
	12	250917	367242	NH11m	74	251186	368699
	13	250929	367149		75	251149	368715
Área = 3.6281 hectares					76	251086	368814
P1m e P2m	14	250752	367121		77	251202	368844
	15	250743	367113		78	251208	368732
	16	250633	367105		Área = 1.0852 hectares		
	17	250625	367193	NH13n e NH14n	79	251263	368643
	18	250643	367218		80	251226	368790
	19	250726	367157		81	251344	368790
Área = 0.8676 hectares					82	251387	368666
P10f e P11f	20	250750	367262		83	251299	368633
	21	250738	367250		Área = 1.7876 hectares		
	22	250625	367293	NH10m	84	251343	368792
	23	250631	367307		85	251240	368955
	24	250741	367392		86	251354	368989
	25	250786	367382		87	251419	368958
Área = 1.2292 hectares					88	251461	368843
P5m	26	250997	367426		89	251380	368795
	27	250981	367405		Área = 2.6216 hectares		
	28	250892	367378	RN12m	90	251939	369145
	29	250883	367449		91	251790	369184
	30	250976	367441		92	251816	369262
Área = 0.5268 hectares					93	251953	369183
NH1m e NH2m	31	251263	367683		94	251964	369157
	32	251248	367650		Área = 0.9807 hectares		
	33	251099	367474	RN3m; RN4m e RN5m	95	251625	369567
	34	251021	367537		96	251590	369465
	35	251050	367620		97	251448	369562
	36	251118	367686		98	251492	369647
	37	251231	367700		99	251506	369653
Área = 2.8446 hectares					100	251574	369632
NH3m	38	251322	367830		101	251613	369606
	39	251297	367800		Área = 1.9595 hectares		
	40	251170	367770	RN1m e RN2m	102	251428	369697
	41	251170	367890		103	251362	369565
	42	251297	367860		104	251268	369501
Área =1.2244 hectares					105	251226	369613
NH4n	43	251456	368023		106	251268	369719
	44	251437	367989		107	251361	369726
	45	251289	367959		108	251395	369720
	46	251289	368079		Área = 2.8202 hectares		
	47	251434	368050	RN11m	109	251559	369970
Área =1.4011 hectares					110	251542	369998
NH6d, NH7m e NH8m	48	250893	368143		111	251557	370145
	49	250744	368253		112	251650	370123
	50	250835	368333		113	251589	369985
	51	250929	368330		Área = 1.1188 hectares		
	52	250956	368214	RN8m; RN9m e RN10m	114	251469	370043
Área = 2.4353 hectares					115	251343	370126
NH9d	53	250877	368544		116	251347	370288
	54	250851	368515		117	251462	370325
	55	250742	368485		118	251590	370233
	56	250742	368605		119	251609	370198
	57	250851	368575		120	251578	370174
Área = 1.0681 hectares					121	251523	370174
NH5m	58	251591	368293		122	251499	370068
	59	251400	368335		Área = 4.5277 hectares		
	60	251419	368425	RN6m e RN7m	123	251812	370792
	61	251542	368482		124	251737	370765
	62	251650	368434		125	251623	370774
	63	251651	368378		126	251667	370886
Área = 3.2780 hectares					127	251714	370924
					128	251808	370935
					Área = 2.3878 hectares		

Zona de Protecção Intermédia

		Coordenadas(*)	
		M (m)	P (m)
Grupo I	129	250907	366657
	130	250465	366702
	131	250506	367168
	132	250548	367323
	133	250752	367836
	134	250310	368349
	135	250223	368571
	136	250324	368790
	137	250883	368568
	138	250959	368208
	139	251471	368049
	140	251248	367637
	141	250953	367227
	142	250986	367088
Área 98.4374 hectares			
Grupo II	143	251624	368285
	144	251164	368386
	145	250915	368581
	146	250693	368930
	147	250786	369589
	148	250975	369712
	149	251383	369736
	150	251608	369627
	151	251975	369165
Área 115.6479 hectares			
Grupo III	152	251580	369955
	153	250993	370171
	154	251134	370435
	155	251634	370608
	156	251754	370328
Área 24.1884 hectares			
Grupo IV	157	251822	370748
	158	251272	370794
	159	251375	371107
	160	251807	371163
Área 15.4876 hectares			

Zona de Protecção Alargada

		Coordenadas(*)	
		M (m)	P (m)
Grupo I	161	250949	366581
	162	250373	366560
	163	250182	367478
	164	250200	368567
	165	250262	368821
	166	250689	369801
	167	251518	369761
	168	252058	369204
	169	251681	368272
	170	251229	367592
	171	251030	367207
Área 137.6582 hectares			
Grupo II	172	251621	369883
	173	250758	370111
	174	250858	370911
	175	251246	371510
	176	251906	371467
	177	251873	370784
	178	251803	370349
Área 93.0409 hectares			

(*) Coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

Figura 7.21 – Solução final das zonas de Protecção Imediata, Intermédia e Alargada das captações dos sectores do Pião, Nave de Haver e Rosa Negra – ADC, Covilhã.

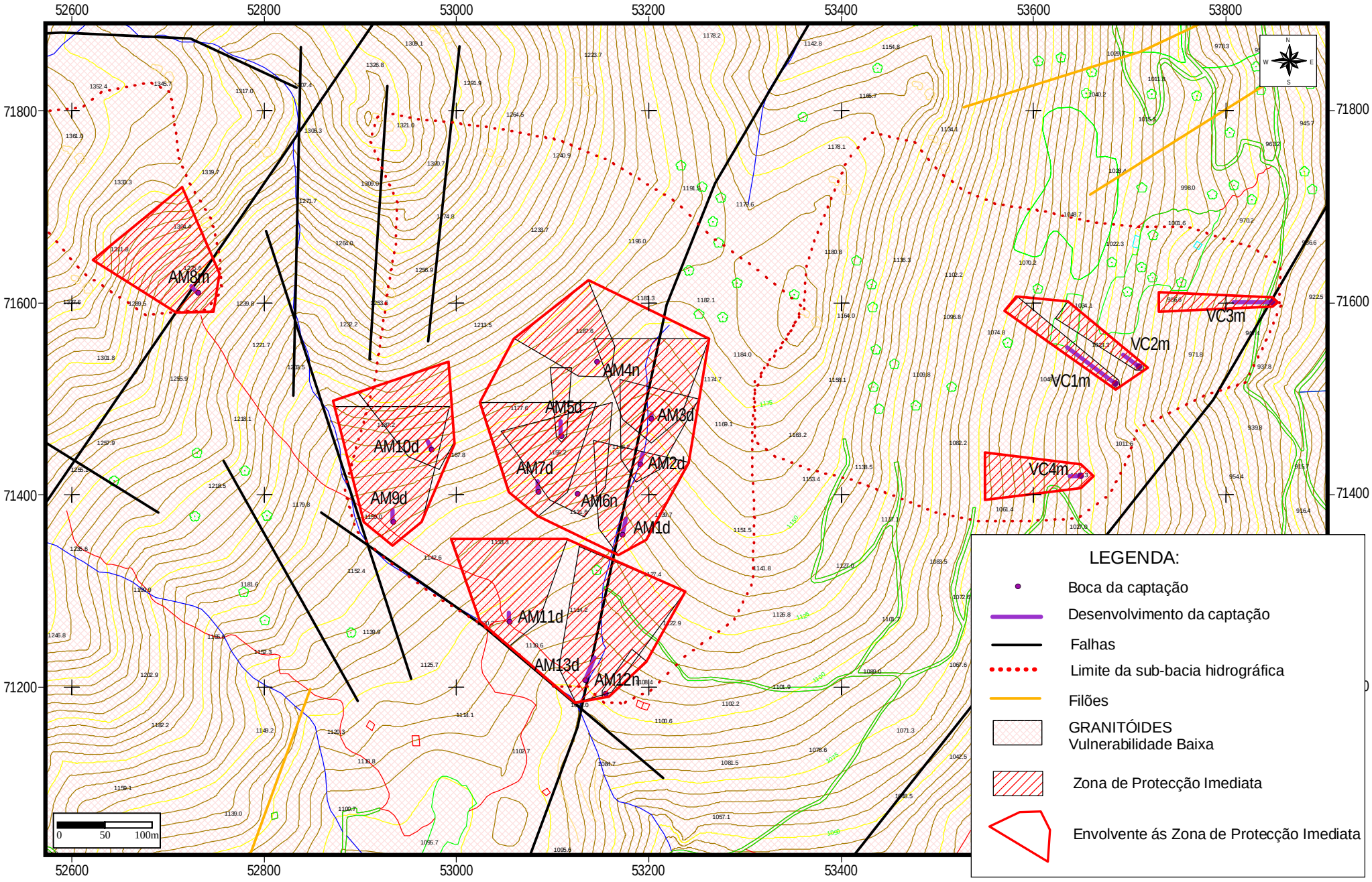


Figura 7.22 – Exercício sobre as zonas de Protecção Imediata das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã

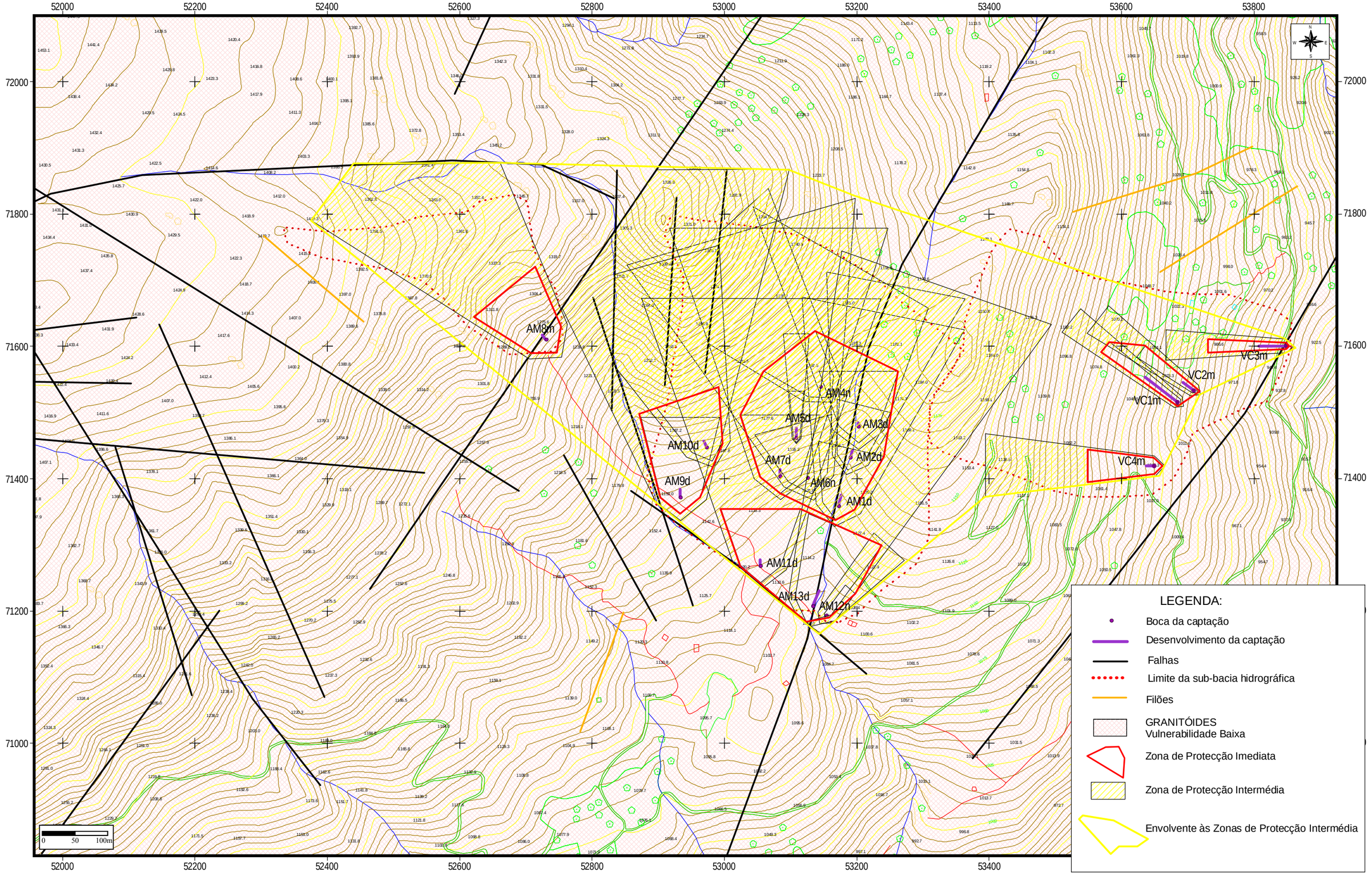


Figura 7.23 - Exercício sobre optimização das zonas de Protecção Alargada das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã.

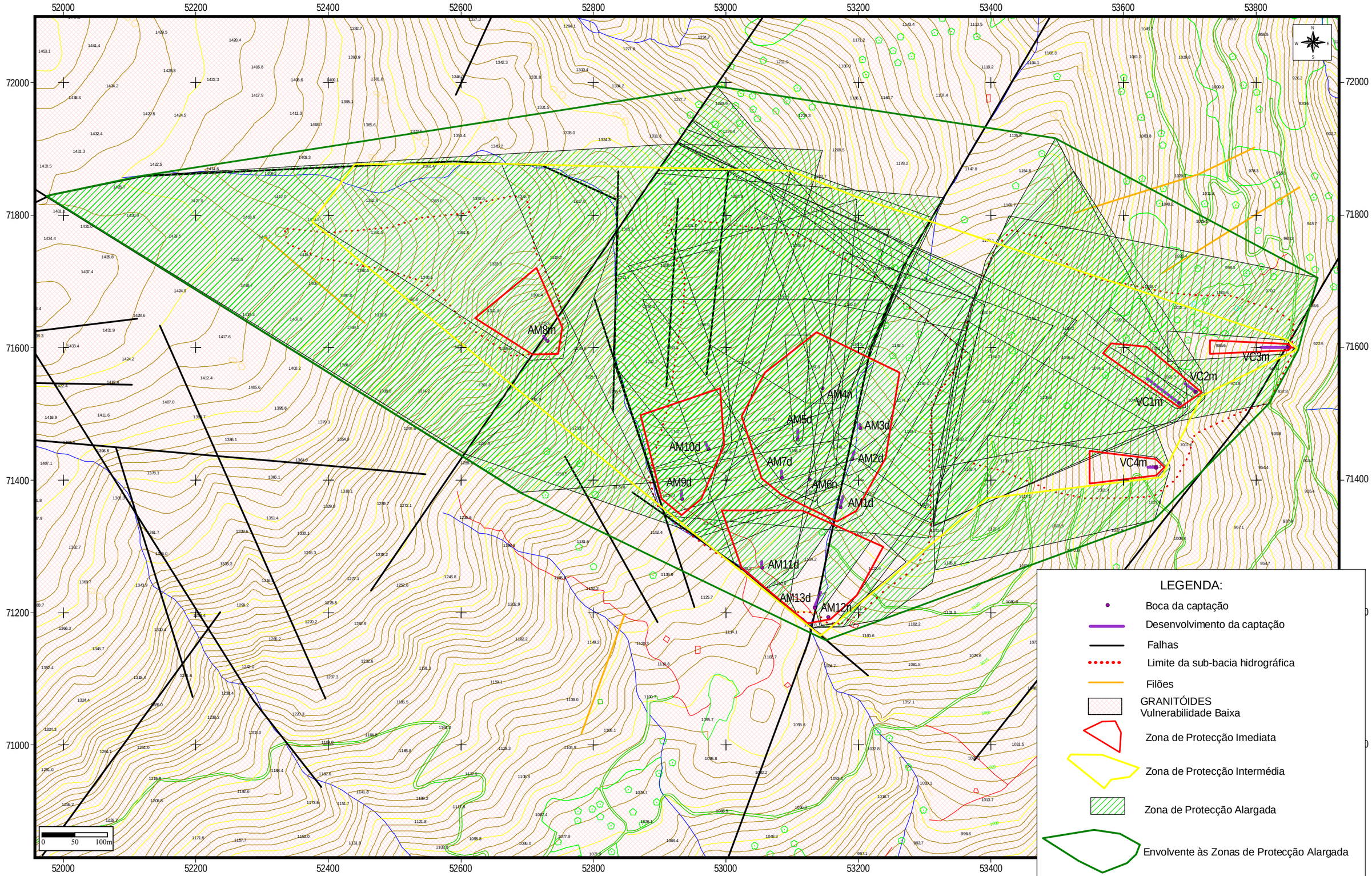
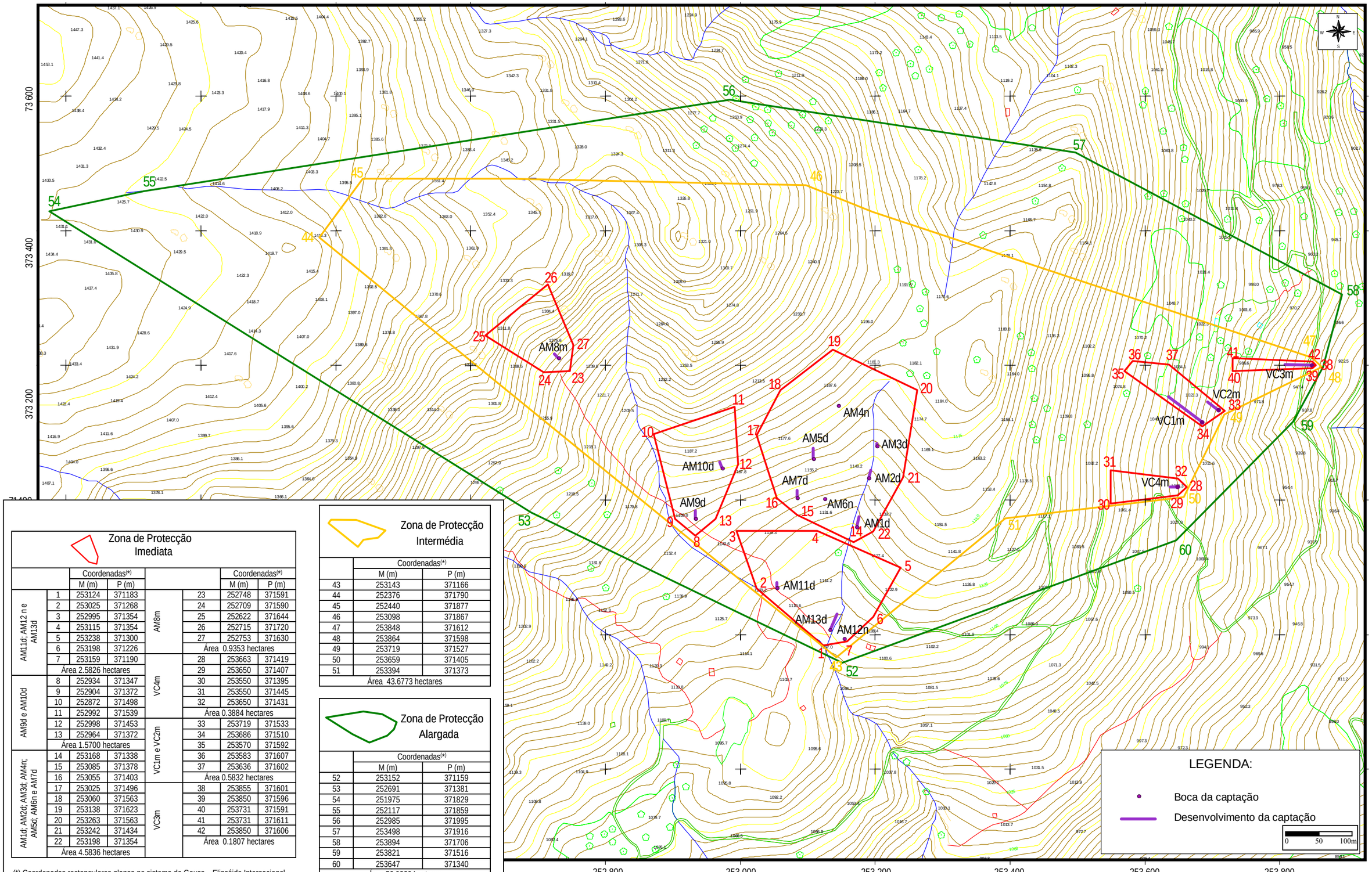


Figura 7.24 - Exercício sobre optimização das zonas de Protecção Alargada das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã.



Zona de Protecção Imediata

		Coordenadas(*) M (m)	Coordenadas(*) P (m)			Coordenadas(*) M (m)	Coordenadas(*) P (m)
AM11d; AM12 n e AM13d	1	253124	371183	AM8m	23	252748	371591
	2	253025	371268		24	252709	371590
	3	252995	371354		25	252622	371644
	4	253115	371354		26	252715	371720
	5	253238	371300		27	252753	371630
	6	253198	371226	Área 0.9353 hectares			
	7	253159	371190	VC4m	28	253663	371419
Área 2.5826 hectares					29	253650	371407
AM9d e AM10d	8	252934	371347		30	253550	371395
	9	252904	371372		31	253550	371445
	10	252872	371498		32	253650	371431
	11	252992	371539	Área 0.3884 hectares			
	12	252998	371453	VC1m e VC2m	33	253719	371533
	13	252964	371372		34	253686	371510
Área 1.5700 hectares					35	253570	371592
AM1d; AM2d; AM3d; AM4n; AM5d; AM6n e AM7d	14	253168	371338		36	253583	371607
	15	253085	371378		37	253636	371602
	16	253055	371403	Área 0.5832 hectares			
	17	253025	371496	VC3m	38	253855	371601
	18	253060	371563		39	253850	371596
	19	253138	371623		40	253731	371591
	20	253263	371563		41	253731	371611
	21	253242	371434		42	253850	371606
	22	253198	371354	Área 0.1807 hectares			
Área 4.5836 hectares							

Zona de Protecção Intermédia

	Coordenadas(*) M (m)	Coordenadas(*) P (m)
43	253143	371166
44	252376	371790
45	252440	371877
46	253098	371867
47	253848	371612
48	253864	371598
49	253719	371527
50	253659	371405
51	253394	371373
Área 43.6773 hectares		

Zona de Protecção Alargada

	Coordenadas(*) M (m)	Coordenadas(*) P (m)
52	253152	371159
53	252691	371381
54	251975	371829
55	252117	371859
56	252985	371995
57	253498	371916
58	253894	371706
59	253821	371516
60	253647	371340
Área 50.0330 hectares		

(*) Coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

Figura 7.25 – Solução final das zonas de Protecção Imediata, Intermédia e Alargada das captações dos sectores do Alto do Monteiro e da Vila do Carvalho – ADC, Covilhã.

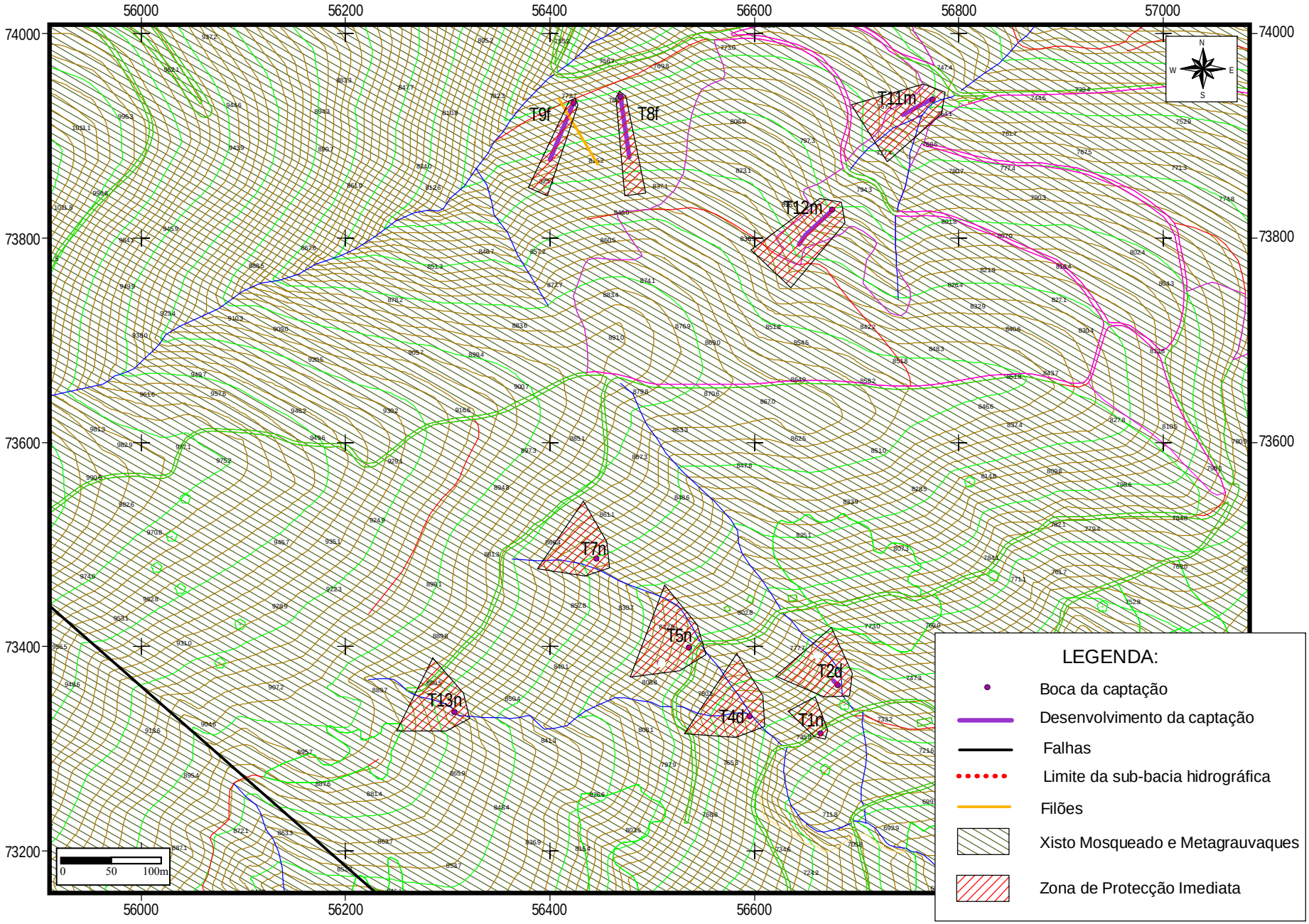


Figura 7.26 – Exercício sobre as zonas de Protecção Imediata das captações individuais Sector do Teixoso – ADC, Covilhã.

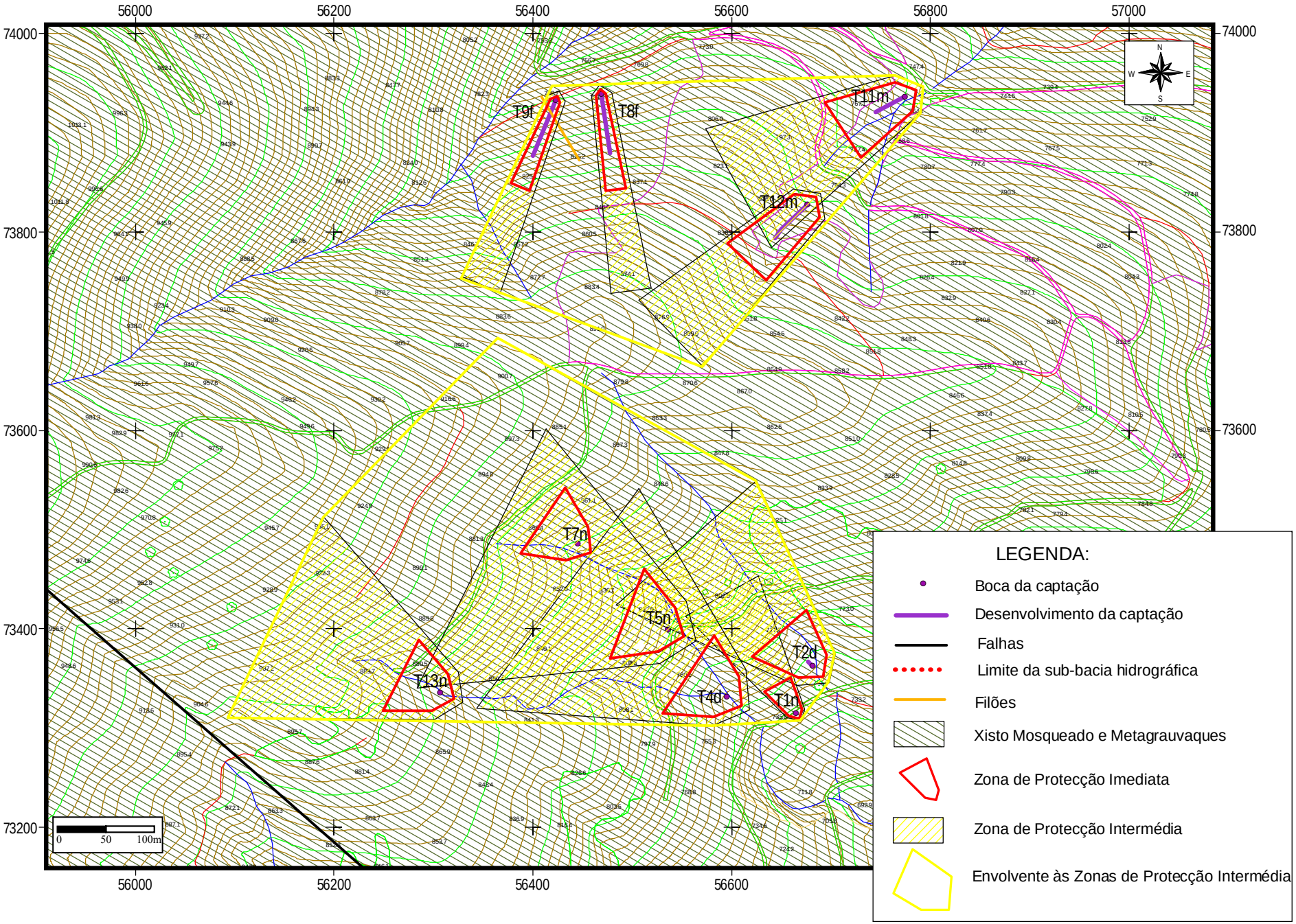


Figura 7.27– Exercício sobre as zonas de Protecção Intermédia das captações individuais do Sector do Teixoso – ADC, Covilhã.

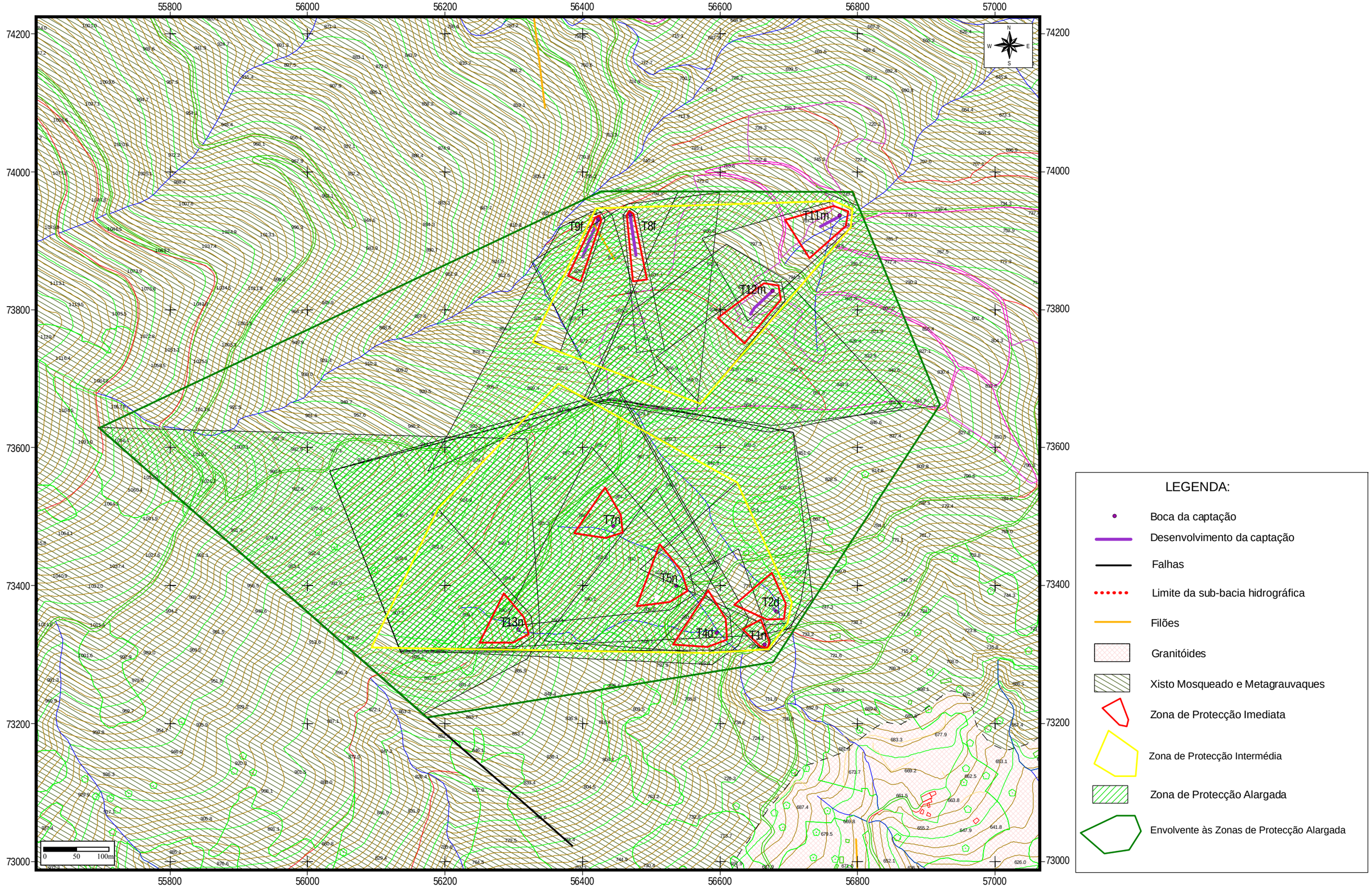
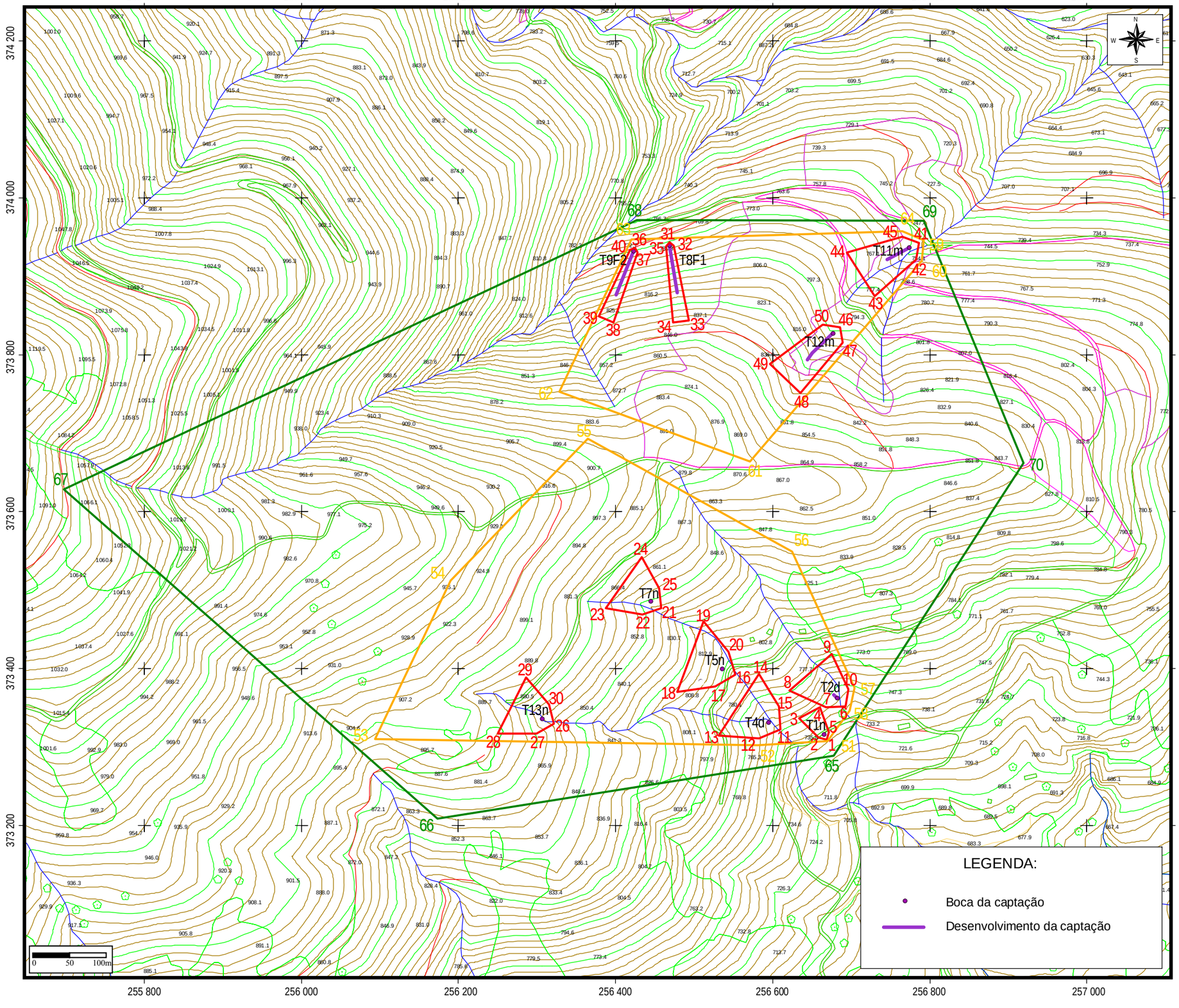


Figura 7.28 – Exercício sobre a optimização de zonas de Protecção Alargada das captações Sector do Teixoso – ADC, Covilhã.



Zona de Protecção Imediata

		Coordenadas(*) M (m)	P (m)
T1n	1	256669	373309
	2	256658	373312
	3	256633	373336
	4	256660	373350
	5	256672	373319
	Área = 0.0813 hectares		
T2d	6	256693	373352
	7	256668	373351
	8	256621	373372
	9	256676	373419
	10	256696	373374
	Área = 0.2812 hectares		
T4d	11	256610	373322
	12	256582	373311
	13	256532	373315
	14	256583	373393
	15	256608	373351
	Área = 0.3569 hectares		
T5n	16	256553	373392
	17	256527	373377
	18	256479	373370
	19	256512	373460
	20	256544	373422
	Área = 0.3542 hectares		
T7n	21	256458	373477
	22	256434	373469
	23	256388	373476
	24	256433	373542
	25	256456	373503
	Área = 0.2827 hectares		
T13n	26	256321	373329
	27	256299	373317
	28	256250	373317
	29	256286	373389
	30	256315	373354
	Área = 0.2873 hectares		
T8f	31	256468	373944
	32	256474	373940
	33	256494	373844
	34	256473	373841
	35	256464	373938
	Área = 0.1507 hectares		
T9f	36	256425	373937
	37	256428	373931
	38	256397	373841
	39	256379	373849
	40	256418	373934
	Área = 0.1439 hectares		
T11m	41	256787	373943
	42	256783	373922
	43	256730	373875
	44	256695	373931
	45	256765	373951
	Área = 0.3736 hectares		
T12m	46	256685	373835
	47	256689	373815
	48	256636	373751
	49	256597	373789
	50	256664	373838
	Área = 0.3844 hectares		

Zona de Protecção Intermédia

		Coordenadas(*) M (m)	P (m)
Grupo I	51	256670	373307
	52	256581	373302
	53	256093	373310
	54	256190	373512
	55	256365	373693
	56	256625	373549
	57	256705	373376
	58	256699	373346
	Área = 13.9220 hectares		
Grupo II	59	256793	373947
	60	256790	373920
	61	256571	373664
	62	256328	373753
	63	256420	373948
	64	256765	373958
	Área = 7.4750 hectares		

Zona de Protecção Alargada

	Coordenadas(*) M (m)	P (m)
65	256678	373289
66	256173	373209
67	255697	373629
68	256427	373972
69	256793	373971
70	256920	373662
Área = 38.9040 hectares		

(*) Coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

Figura 7.29– Solução final sobre Perímetros de Protecção das captações sector do Teixoso – ADC, Covilhã

CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES

Considerando os objectivos do trabalho é importante salientar que se apresenta um conjunto de estudos no sentido de optimizar os perímetros de protecção das captações de água subterrânea para abastecimento público da cidade da Covilhã, integradas no sistema global de abastecimento público da empresa municipal Águas da Covilhã (ADC) e que serve, conjuntamente com o Sistema da Barragem da Cova do Viriato, a totalidade de 28897 habitantes.

Os trabalhos e estudos decorreram com o conjunto global de 74 captações, constituídas por 39 minas, 20 drenos, 11 nascentes e 4 furos semi-horizontais. Os resultados do levantamento daquelas captações, desde a sua geometria, relação geométrica com a topografia, situação geológico-estrutural, de entre outros, como a especial reportagem fotográfica sobre as mesmas, apresentam-se nos Anexos IX e X.

Todas as captações se encontram localizadas na vertente Este da Serra da Estrela em áreas a montante da zona urbana da Covilhã, entre as cotas 732 e 1265m, e situam-se quase sempre na globalidade sobre formações graníticas, estando apenas 15% em formações xistentas mas na proximidade do contacto com as rochas graníticas.

As captações devido ao elevado número e por questão didáctica e operacionalidade foram organizadas em 7 sectores, função da sua localização geográfica (Figura 1.1) de acordo com o seguinte:

- Sector do Souto Novo;
- Sector do Pião;
- Sector da Nave de Haver;
- Sector da Rosa Negra;
- Sector do Alto do Monteiro;
- Sector da Vila do Carvalho;
- Sector do Teixoso.

Efectuou-se o controlo físico-químico das captações durante o ano de 2005, tendo resultado informação que por uma questão didáctica se organizou em anexos com informações numéricas (Anexo III a VII) e gráficas (Anexo XI), nos quais se pode observar a evolução ao longo do ano dos valores de caudal, condutividade eléctrica, pH, temperatura e Eh.

Sobre os caudais enfatiza-se que se obteve um caudal médio anual por captação de 0.58 l/s e ainda um caudal total (de todas as captações) médio de 42.9 l/s podendo observar-se os valores medidos por sectores e a sua evolução ao longo do ano na Figura 5.2. Sobre este assunto, e tendo em atenção os estudos climatológicos apresentados, verificou-se que no ano de 2005, a

precipitação ocorrida correspondeu a cerca de 53% da média registada ao longo de 67 anos, pelo que de acordo com os estudos efectuados, num ano médio há a orientação para que o referido caudal seja aumentado 47%, tendo em consideração especial a estreita relação dos caudais das captações subterrâneas em estudo com a precipitação.

Sobre a qualidade da água enfatiza-se em especial que pelas análises físico-químicas efectuadas em captações seleccionadas, à partida representativas ou típicas de cada sector, que todas as águas são de fácies bicarbonatada sódica, sendo águas de muito baixa mineralização (com valores iguais ou inferiores a 39 mg/l), classificadas como águas doces em relação ao resíduo seco, e por brandas em relação à dureza, sendo ainda de salientar que designações similares tomam as águas de mesa engarrafadas que actualmente ocupam, em relação à produção, o 1º lugar no "ranking" das estatísticas nacionais (DGGE, 2007) referentes a 2004, ou seja, a água da Fonte da Fraga como água de nascente e a água do Luso como água mineral.

Tendo em consideração os elementos químicos menores, os hidrocarbonetos aromáticos polinucleares "HAP's" e os hidrocarbonetos totais, enfatiza-se que todos estão de acordo com os limites legais como água de consumo humano.

Ainda em termos de qualidade sobre aspectos microbiológicos a situação não é tão favorável à partida como o apresentado em termos físico-químicos, mas será uma questão de manutenção, melhoramento e recuperação de algumas captações, pois em situações especiais estão com um envelhecimento considerável. Considera-se que existem condições de realizar captações horizontais, a partir de furos relativamente compridos e adquadamente bem construídos e bem posicionados, a partir dos quais se entende que os problemas de qualidade estariam totalmente resolvidos, com boa estabilidade físico-química além de os caudais poderem ser tetraplicados e relativamente controlados.

Sobre a recarga de água subterrânea enfatiza-se que nos terrenos graníticos em estudo, com declives da ordem de 21 a 53% e com uma vegetação típica da região serrana da Estrela, o valor estimado para o coeficiente de infiltração corresponderá a cerca de 15% do valor da precipitação ocorrida.

Sobre a optmização dos perímetros de protecção a metodologia seguida, baseou-se essencialmente na aplicação e adquação dos seguintes métodos e aspectos:

i) Aplicação da fórmula expressa no Decreto-Lei nº 382/99 de 22 de Setembro;

ii) Utilização do Método de Wyssling;

iii) Aspectos geológicos/estruturais e geomorfológicos da envolvente às captações;

iv) Vulnerabilidade das formações geológicas envolventes às captações.

A descrição da sua aplicação encontra-se no item 7.3 "Proposta do perímetro de protecção" com um exemplo detalhado de aplicação para a captação SN1d.

Como ensaio final dos perímetros de protecção salienta-se que devido à proximidade entre várias captações de um mesmo sector, e que em algumas situações, as zonas de protecção de um sector se sobrepõem às zonas de protecção de outro, por questões de operacionalidade foram tratadas em simultâneo, resultando assim zonas de protecção comuns, havendo:

i) no sector do Souto Novo três áreas distintas da zona de protecção imediata, intermédia e alargada de acordo com:

- zona de protecção imediata, intermédia e alargada das captações SN1d, SN2d, SN3d, SN4d, SN6d, SN7m, SN8d, SN9d (Figura 7.15);
- zona de protecção imediata, intermédia e alargada da captação SN5m (Figura 7.16);
- zona de protecção imediata, intermédia e alargada da captação SN10m (Figura 7.17).

ii) no conjunto dos sectores do Pião, Nave de Haver e Rosa Negra (Figura 7.21) vinte e duas áreas distintas da zona de protecção imediata, quatro zonas de protecção intermédia e duas zonas de protecção alargada, de acordo com:

- zona de protecção imediata das captações RN7m e RN6m;
- zona de protecção imediata das captações RN8m, RN9m, e RN10m;
- zona de protecção imediata da captação RN11m;
- zona de protecção imediata das captações RN2m e RN1m;
- zona de protecção imediata das captações RN3m, RN4m e RN5m;
- zona de protecção imediata da captação RN12m;
- zona de protecção imediata da captação NH10m;
- zona de protecção imediata da captação NH11m;
- zona de protecção imediata das captações NH13n e NH14n;
- zona de protecção imediata da captação NH12m;
- zona de protecção imediata da captação NH9d;
- zona de protecção imediata da captação NH15n;
- zona de protecção imediata da captação NH5m;
- zona de protecção imediata das captações NH8m, NH6d e NH7m;
- zona de protecção imediata da captação NH4n;
- zona de protecção imediata da captação NH3m;
- zona de protecção imediata das captações NH2m e NH1m;
- zona de protecção imediata da captação P5m;
- zona de protecção imediata da captação P10f e P11f;

- zona de protecção imediata das captações P7m, P8m e P9m;
- zona de protecção imediata das captações P1m e P2m;
- zona de protecção imediata das captações P4m e P3m;
- zona de protecção intermédia das captações RN7m e RN6m;
- zona de protecção intermédia das captações RN8m, RN9m, RN10m, e RN11m;
- zona de protecção intermédia das captações RN2m, RN1m, RN3m, RN4m, RN5m, RN12m, NH10m, NH11m, NH13n e NH14n, NH12m, NH15n, e NH5m;
- zona de protecção intermédia das captações NH9d, NH8m, NH6d e NH7m, NH4n, NH3m, NH2m, NH1m, P5m, P10f, P11f, P7m, P8m, P9m, P1m, P2m, P4m e P3m;
- zona de protecção alargada das captações RN7m e RN6m, RN8m, RN9m, RN10m e RN11m;
- zona de protecção alargada das captações RN2m, RN1m, RN3m, RN4m, RN5m, RN12m, NH10m, NH11m, NH13n, NH14n, NH12m, NH15n, NH5m, NH9d, NH8m, NH6d, NH7m, NH4n, NH3m, NH2m, NH1m, P5m, P10f, P11f, P7m, P8m, P9m, P1m, P2m, P4m e P3m.

iii) no conjunto dos sectores do Alto do Monteiro e Vila do Carvalho (Figura 7.25) sete áreas distintas da zona de protecção imediata, uma zona de protecção intermédia e uma zona de protecção alargada de acordo com:

- zona de protecção imediata das captações AM11d, AM12n e AM13d;
- zona de protecção imediata das captações AM9d e AM10d;
- zona de protecção imediata das captações AM1d, AM2d, AM3d, AM4n, AM5d, AM6n e AM7d;
- zona de protecção imediata da captação AM8m;
- zona de protecção imediata da captação VC4m;
- zona de protecção imediata das captações VC1m e VC2m;
- zona de protecção imediata a captação VC3m;
- uma única zona de protecção intermédia a compartilhar por todas as captações;
- uma única zona de protecção alargada também a compartilhar por todas as captações.

iv) no sector Teixoso (Figura 7.29) dez áreas distintas da zona de protecção

imediata, duas da zona de protecção intermédia e uma da zona de protecção alargada de acordo com:

- zona de protecção imediata da captação T1n;
- zona de protecção imediata da captação T2d;
- zona de protecção imediata da captação T4d;
- zona de protecção imediata da captação T5n;
- zona de protecção imediata da captação T7n;
- zona de protecção imediata da captação T8f;
- zona de protecção imediata da captação T9f;
- zona de protecção imediata da captação T11m;
- zona de protecção imediata da captação T12m;
- zona de protecção imediata da captação T13n;
- zona de protecção intermédia das captações T1n, T2d, T4d, T5n, T7n e T13n;
- zona de protecção intermédia das captações T8f, T9f, T11m e T12m;
- uma única zona de protecção alargada a compartilhar por todas as captações.

A tentativa de simular os perímetros de protecção usando um modelo de fluxo numérico, para o caso particular do sector do Souto Novo, veio mostrar que este tipo de modelos não pode ser aplicado a estes meios aquíferos de baixa permeabilidade e características anisotrópicas, onde o fluxo subterrâneo é essencialmente vertical ao longo de estruturas de descontinuidade como as fracturas, falhas, diaclases.

De um modo genérico pode referir-se que a metodologia aplicada para a delimitação do perímetro protecção das várias captações em estudo, para além do uso do "bom senso", foi consequência da aplicação de um exercício que sinteticamente se apresenta a seguir.

A zona de protecção imediata é consequência da aplicação do método de Wyssling que depois da aplicação dos formulários, se tem em consideração os valores de 5 a 25m como mínima e máxima distância a jusante. Para as distâncias a montante consideram-se sempre os valores resultantes das equações deste método (Figura 8.1). Após aquela configuração analisam-se os aspectos das fronteiras (falhas e limites de bacias), as ocorrências de estruturas permeáveis como filões de rochas extremamente fissuradas e altamente permeáveis e ainda a vulnerabilidade geral das várias formações envolvidas. Na delimitação desta zona de protecção as áreas poderão ser encurtadas ou alargadas consoante a situação, por exemplo, se se verificar a ocorrência de uma falha F1 de acordo com a situação da Figura 8.2 a área à partida como zona de protecção imediata é truncada no sentido de diminuir, não havendo necessidade assim de restringir o uso do território a terceiros. Outros exemplos são apresentados nas Figuras 8.3 e 8.4.

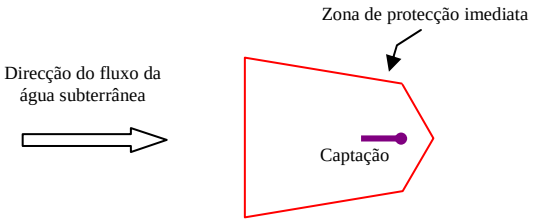


Figura 8.1 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata.

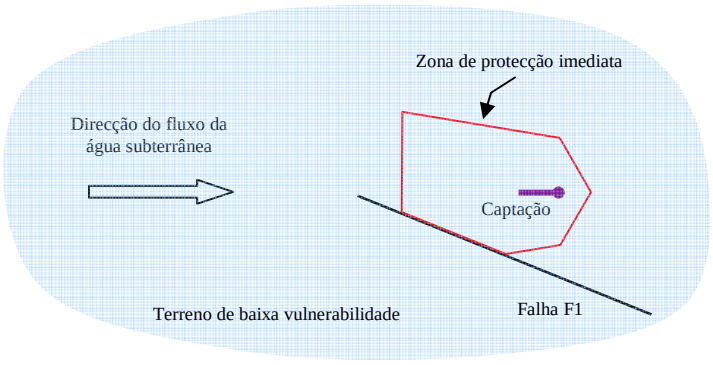


Figura 8.2 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata onde é evidenciada uma estrutura geológica (falha F1) num terreno de baixa vulneralidade à poluição.

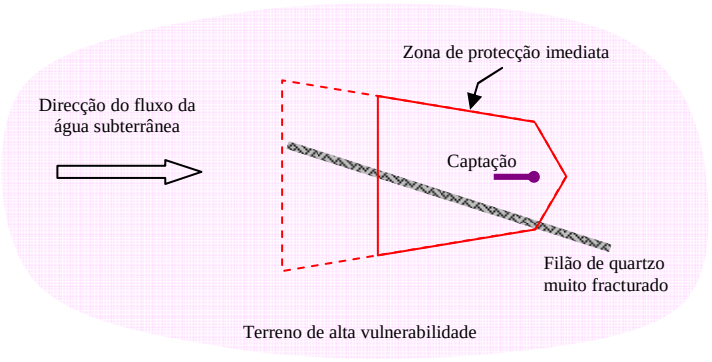


Figura 8.3 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata onde é evidenciada uma estrutura geológica (filão de quartzo) num terreno de alta vulnerabilidade à poluição.

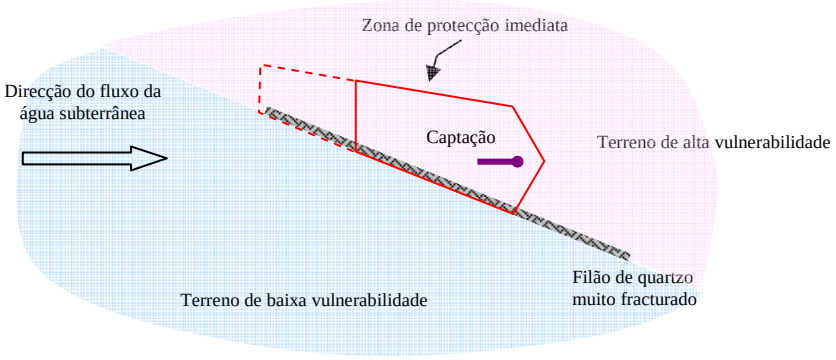


Figura 8.4 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção imediata onde é evidenciada uma estrutura geológica (filão de quartzo) em terrenos com diferentes vulnerabilidades.

A zona de protecção intermédia é consequência da aplicação do método de Wyssling que depois de aplicar os formulários consideram-se como valores de limite mínimo e máximo, 10 e 35m, respectivamente para distâncias a jusante; traçam-se depois, a partir deste ponto, linhas paralelas em relação à zona protecção imediata anteriormente definida até se intersectar para montante da captação a tangente ao círculo resultante da aplicação do Decreto-Lei 382/99 (Figura 8.5) na situação da zona intermédia. Também neste caso pode haver uma eventual delimitação da área, condicionada pelas singularidades geológicas e limites de bacias. As particularidades referidas ou esquiçadas nas Figuras 8.2 a 8.4, também aqui se aplicam. Outro exemplo é apresentado na Figura 8.6.

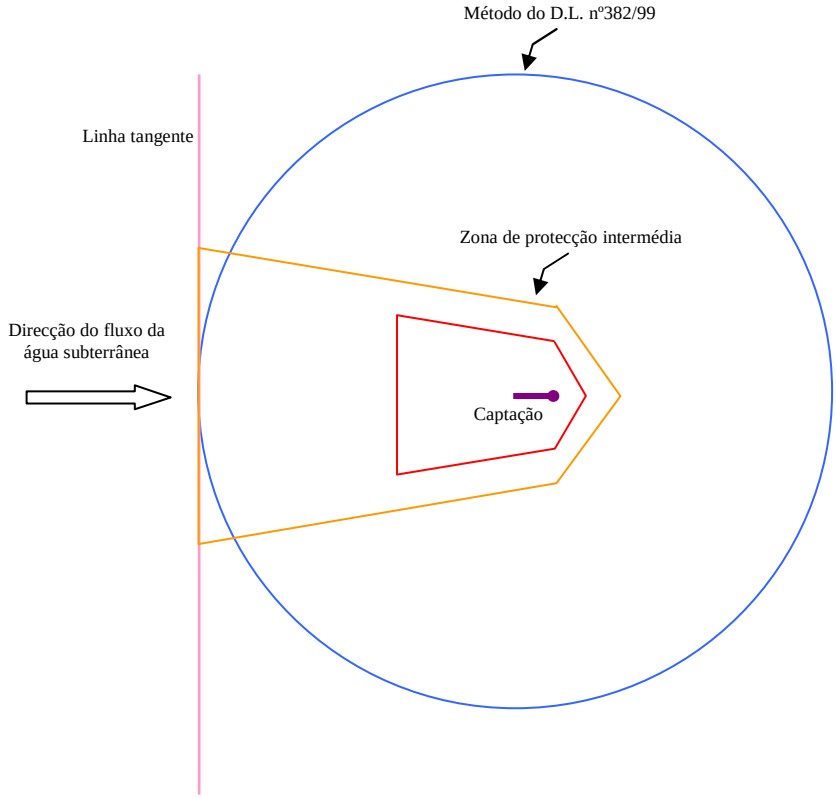


Figura 8.5 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção intermédia.

A zona de protecção alargada também aqui é consequência da aplicação do método de Wyssling considerando como valores de limites a jusante 15 e 40m, traçando-se depois, a partir deste ponto, linhas paralelas em relação à zona protecção intermédia anteriormente definida até se intersectar para montante da captação a tangente ao círculo resultante da aplicação do Decreto-Lei 382/99 (Figura 8.7) agora na situação da zona alargada. À semelhança da zona de protecção imediata e intermédia, também nesta zona de protecção poderá ocorrer uma eventual delimitação da área, condicionada pelas singularidades geológicas bem como a situação frequente de fronteiras do tipo limites de bacias, se essas forem menores que as anteriores; entende-se que a delimitação da zona de protecção alargada deverá corresponder a uma área na

qual se engloba à partida toda a bacia hidrográfica inerente à própria captação (Figura 8.8). Este tipo de situação, do limite das bacias hidrográficas, também se pode aplicar no caso das zonas de protecção intermédia apesar de ser menos frequente do que na zona de protecção alargada. Os elementos apresentados sobre os aspectos de vulnerabilidade, mencionados para as outras zonas de protecção, associados às restantes particularidades, também aqui se verificam.

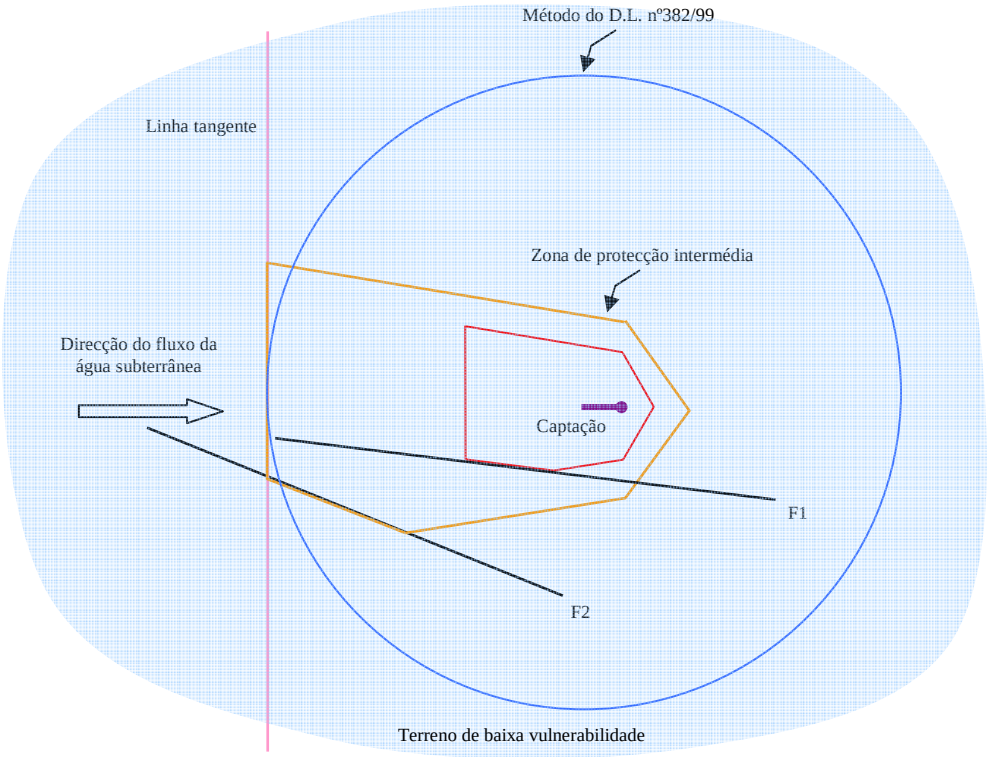


Figura 8.6 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção intermédia onde são evidenciadas duas estruturas geológicas (falhas F1 e F2) num terreno de baixa vulneralidade à poluição.

Por fim, seria importante haver trabalhos futuros que analisem com adequada qualidade a caracterização hidrogeológica dos maciços graníticos do tipo dos que ocorrem na zona da Serra da Estrela, para posteriormente se efectuarem vários ensaios com modelos númericos adequados a meios fissurados e de baixa permeabilidade.

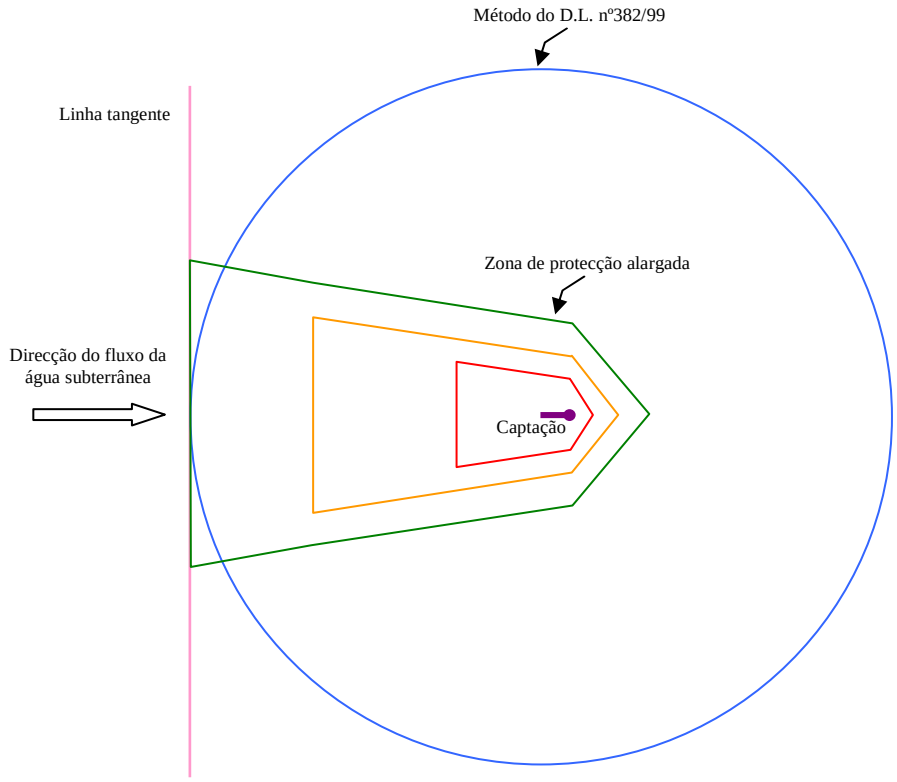


Figura 8.7 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção alargada.

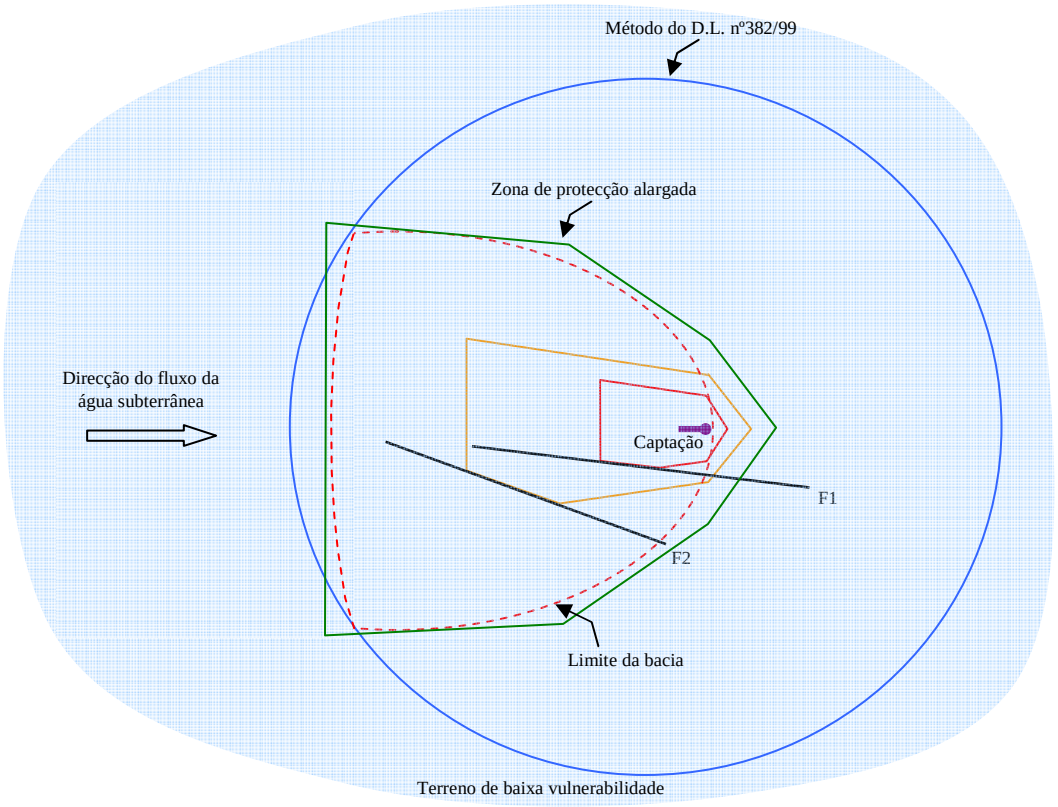


Figura 8.8 – Esboço exemplificativo da aplicação da metodologia proposta para a delimitação da zona de protecção alargada onde são evidenciadas duas estruturas geológicas (falhas F1 e F2) num terreno de baixa vulneralidade à poluição.

BIBLIOGRAFIA

ALLER, L.; BENNET, T.; LHER, J.H.; PETTY, R.J. (1987) - “Drastic : a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting”, U.S. EPA Report 600/2-85/018, 1987.

ANON (2003) - Carta de Portugal à Escala 1: 5000000.

CARVALHO, J. M.; MEDEIROS, A.L.C.; GARCIA, S.C.F.M.V. (2004) - “Caracterização hidrodinâmica de algumas áreas do Maciço Antigo Português”, *in* 6º Congresso da Água, APRH, Lisboa, 16 p.

CAVALEIRO, V. (2001) - “Condicionantes geotécnicos à expansão do núcleo urbano da Covilhã”, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 291p.

CONDESSO DE MELO, M.T. (2004) - “Perímetros de protecção de captações de água subterrânea”. Documento didáctico apresentado na disciplina de Hidrogeologia e Recursos Hídricos Subterrâneos do Mestrado em Geotecnia Ambiental da Universidade da Beira Interior, Covilhã, 33p.

CRUZ, J.F.A. da (1997) - “Objectivos e critérios para a elaboração das propostas de fixação dos perímetros de protecção” *in* Preservação da qualidade das águas minerais naturais e águas de nascentes, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, pp. 30-46.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS M.R. (2001) - "Hidrologia subterranea”, tomo I, 2ª edição, Ediciones Omega, Barcelona, 1157p.

DAVIS, S.N. (1969) - “Porosity and permeability of natural materials”, Academic Press, New York.

DGA (2003) - Direcção Geral do Ambiente, Atlas do Ambiente, acedido em 11 de Agosto de 2004, em: http://www.iambiente.pt/atlas/

DGGE (2007) - Direcção Geral de Geologia e Energia, acedido em 5 de Janeiro de 2007, em: http://www.dgge.pt/main.asp?idtemas=3&idsubtemas=1&Idconteudos=1088

DL (1928) - Decreto-Lei nº15401 de 17 de Abril de 1928, 45p.

DL (1990a) - Decreto-Lei nº90/90, “Disciplina o regime geral de revelação e aproveitamento dos recursos geológicos”, Diário da República nº63/90, série I-A, de 16 de Março, 9p.

DL (1990b) - Decreto-Lei nº84/90, “Aprova o regulamento de exploração das águas de nascente”, Diário da República nº63/90, série I-A, de 16 de Março, 3p.

DL (1990c) - Decreto-Lei nº86/90, “Aprova o regulamento das águas minerais”, Diário da República nº63/90, série I-A, de 16 de Março, 11p.

DL (1994a) - Decreto-Lei nº45/94, "Regula o processo de planeamento de recursos hídricos e a elaboração e aprovação dos planos de recursos hídricos", Diário da República nº44/94, série I-A, de 22 de Fevereiro, 4p.

DL (1994b) - Decreto-Lei nº46/94, "Estabelece o regime de licenciamento da utilização do domínio hídrico, sob jurisdição do Instituto da Água", Diário da República nº44/94, série I-A, de 22 de Fevereiro, 18p.

DL (1998) - Decreto-Lei nº236/98, "Estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de Março", Diário da República nº176/98, série I-A, de 1 de Agosto, 48p.

DL (1999) - Decreto-Lei nº382/99, "Estabelece perímetros de protecção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público", Diário da República nº222/99, série I-A, de 22 de Setembro, 5p.

DL (2001) - Decreto-Lei nº243/01, "Aprova normas relativas à qualidade da água destinada ao consumo humano transpondo para o direito interno a Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano", Diário da República nº206/01, série I-A, de 5 de Setembro, 12p.

EPA (1985) - "DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings", EPA/600-2-85/018, Washington, DC.

FERREIRA, H.A. (1970) - "O clima de Portugal, normas climatológicas do continente, Açores e Madeira correspondentes a 1931-1960", Serviço Meteorológico Nacional, Lisboa, 207p.

FERREIRA, N.; VIEIRA, G. (1999) - "Guia geológico e geomorfológico do Parque Natural da Serra da Estrela", Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa, 112p.

FERREIRA GOMES, L.M. (1995) - "Perímetro de protecção das termas de Unhais da Serra - Câmara Municipal da Covilhã". Relatório técnico-científico, Departamento de Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, 15p.

FERREIRA GOMES, L.M.; MACHADO SARAIVA, C.M.A. (1997) - "Protection areas of Unhais da Serra Spa - Portugal", *in*: Marinos, P.G; Koukis, G.C.; Tsiambaos, G.C.; Stournaras, G.C (eds.), Proceedings of the International Symposium Engineering Geology and the Environment, Athens, A.A.Balkema, Vol.2; pp. 1851-1855.

FERREIRA GOMES, L.M.; ALBUQUERQUE, F.J.A.; FRESCO, H. (1999) - "Protection areas of S.Pedro do Sul Spa, Portugal", *in*: Yong, R.N.; Thomas, H.R. (eds.), "Ground contamination: pollutant management and remediation", Proceedings of the second conference organized by the British Geotechnical Society and the Cardiff School of Engineering, University of Wales, London, pp. 483-490.

FERREIRA GOMES, L.M. (2001) - "Estudo hidrogeológico para enquadramento legal das termas de Longroiva - Câmara Municipal de Mêda". Relatório técnico-científico,

Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 47p.

FERREIRA GOMES, L.M.; ALBUQUERQUE, F.J.A; FRESCO, H. (2001) - "Protection areas of S.Pedro do Sul Spa, Portugal". Elselvier, Engineering Geology, Vol. 60 – Nos.1-4. pp.483-490.

FERREIRA GOMES, L.M. (2002) - "Perímetro de protecção da água mineral das termas de Longroiva - Câmara Municipal de Mêda". Relatório técnico-científico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 52p.

FERREIRA GOMES, L.M. (2006) - "Licenciamento de nova captação. Fonte da Fraga 9 – FdF9 (Captação nº9) das Águas de S. Vicente da Beira Vicente. Beira Vicente, Exploração e Comercialização de Águas de Mesa, Lda.". Relatório técnico-científico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 37p.

FERREIRA GOMES, L.M.; MENDES, E. (2006a) - "Perímetros de protecção das captações de água subterrânea do sector do Souto Novo - ADC, Águas da Covilhã, EM,". Relatório técnico-científico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 104p.

FERREIRA GOMES, L.M.; MENDES, E. (2006b) - "Perímetros de protecção das captações de água subterrânea do sector do Teixoso - ADC, Águas da Covilhã, EM,". Relatório técnico-científico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 94p.

FERREIRA GOMES, L.M.; MENDES, E. (2006c) - "Perímetros de protecção das captações de água subterrânea dos sectores do Alto do Monteiro e Vila do Carvalho - ADC, Águas da Covilhã, EM,". Relatório técnico-científico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 108p.

FERREIRA GOMES, L.M.; MENDES, E. (2006d) - "Perímetros de protecção das captações de água subterrânea dos sectores do Pião, Nave de Haver e Rosa Negra - ADC, Águas da Covilhã, EM,". Relatório técnico-científico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 152p.

HARBAUGH, A.W.; MCDONALD, M.G. (1996) - "User's documentation for MODFLOW-96", an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model: United States Geological Survey Open-File Report 96Đ485, 56 pp.

HIRATA, R.; REBOUÇAS, A. (1999) - "La protección de los recursos hídricos subterrâneos: una visión integrada, basada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidade de acuíferos", Hidrologia Subterránea, Boletin Geológico y Mineiro, Vol. 110-4.

IGM (2001) - Instituto Geológico e Mineiro, "Água subterrânea: conhecer para preservar o futuro", acedido em 15 de Julho de 2006, em: http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm

INAG (1999) - “Perímetros de protecção do plano nacional de protecção e gestão de àguas subterrâneas”, brochura de divulgação, 8p.

INAG (2006) - Instituto Nacional da Água, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, acedido em 20 de Novembro de 2006 em: http://www.snirh.inag.pt/

INAG (2007) - Instituto Nacional da Água, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, acedido em 5 de Janeiro de 2007, em: http://snirh.inag.pt/snirh.php?main_id=1&item=3.4&objlink=&objrede=

ITGE (1991) – “Guía metodológica para la elaboratión de perímetros de proteccion de captaciones de aguas subterráneas”, Intituto Tecnológico GeoMineiro de España, Primera Edición, 289p.

KRIJGSMAN, B.; LOBO FERREIRA, J.P.C. (2001) – “Uma nova metodologia para delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Informação técnica de hidráulica, Lisboa, 17p.

LENCATRE, A.; FRANCO, F.M. (1984) - “Lições de hidrologia”, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Monte da Caparica, 451p.

LIMA, A. S. (2000) - “Hidrogeologia de terrenos graníticos, Minho - Noroeste de Portugal”, Tese de Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade do Minho, Braga, 451p.

LIMA, A. S.; SILVA, M.O. (1995) - “Estudo hidrogeológico dos granitóides da região de Braga (NW de Portugal)”, *in* Memórias, Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, nº4, pp. 461-465.

LOBO FERREIRA, J.P.; OLIVEIRA, M.M.; CIABATI, P. (1995) - “Desenvolvimento de um inventário das águas subterrâneas em Portugal”, LNEC, volume I, 525p.

LOBO FERREIRA, J.P.; OLIVEIRA, M.M.; DIAMANTINO, C.; NOVO, M.E.; MOINANTE, M.J.; YUANYUAN, M. (2006) - “Organigramas para selecção de métodos para zonamento e protecção de recursos hídricos subterrâneos e de superfície”, *in* 8º Congresso da Água, APRH, Figueira da Foz, 15p.

LOPO MENDONÇA, J.J. (1994) - “A origem e a propagação de contaminações e a protecção de aquíferos e de captações: exemplos de Portugal” *in* Memórias e Notícias, Publicações do Departamento de Ciências da Terra e do Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, nº117, pp. 7-28.

LOPO MENDONÇA, J.J. (1998) - “Caracterização hidrogeológica e contaminações de alguns sistemas aquíferos de Portugal”, *in* 4º Congresso da Água, APRH, Lisboa, 11p.

LOPO MENDONÇA, J.J. (2006) - “Delimitação de perímetros de protecção de furos de captação de água subterrânea pelo método de rastreio de partículas associado a modelos de fluxo em diferenças finitas” *in* Revista Recursos Hídricos,Vol. 27, Nº1, 33-42, APRH, Lisboa, 10p.

LOTZ (1945) - “Zur gliedrung der varisciden der iberiechien meseta”, Goteckt forsh 6, pp. 78-92.

MCDONALD, M.C.; HARBAUGH, A.W. (1988) - “A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model”, U.S. Geological Survey, Techniques of Water-Resources Investigations, Chapter 1A, Book 6, 586 pp.

MENDES, E. (2005) – “Proposta para a delimitação dos perímetros de protecção das captações de água subterrânea do Municipio de Sardoal”. Relatório técnico-científico, GeoConsulte, Covilhã, 71p.

MOINANTE, M.J. (2002) - “Delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas. Estudo comparativo utilizando métodos analíticos e numéricos”, Tese de Mestrado em Georrecursos, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 165p.

MOINANTE, M.J. e LOBO FERREIRA, J.P. (2006) - “Definição de perímetros de protecção em captações de água subterrânea localizadas na área de estudo de Zhangji (China)”, *in* 8º Congresso da Água, APRH, Figueira da Foz, 11p.

NAVARRETE, C.; GARCIA, A. (2003) - “Perímetros de Protección para captaciones de agua subterrânea destinada al consumo humano. Metodologia y aplicación al territorio”, Instituto Geológico y Minero de Espanha, Madrid, 273p.

N.P. (1971) - Norma Portuguesa Definitiva NP-836 de 1971, 4p.

RIBEIRO, A.; ANTUNES, T.; FERREIRA, M. P.; ROCHA, R.; SOARES, F.; ZBYSZEWSKI, J.; ALMEIDA, M.; CARVALHO, D.; MONTEIRO, J. (1979) - “Introdution à la géologie genérale du Portugal”, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

SCE (1989) - Serviços Cartográficos do Exército, Carta Militar de Portugal à escala 1:25000, Folhas 224 e 235.

SGP (1992) - Serviços Geológicos de Portugal, Carta Geológica de Portugal à escala 1:500000, Lisboa.

TEIXEIRA, C.; SANTOS, J.P.; CARVALHO, H.F.; FERNANDES, A.P; VAIRINHO, M.M.; (1974) - “Notícia explicativa da folha 20-B (Covilhã)”, Carta Geológica de Portugal à escala 1:50000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 52p.

TODD, D. K. (1980) - “Groundwater hydrology”, New York, John Wiley & Sons, 535p.

ANEXOS

MINISTÉRIO DO AMBIENTE

Decreto-Lei n.º 382/99

de 22 de Setembro

As águas subterrâneas constituem importantes origens de água, efectivas ou potenciais, a nível regional e local, que importa conservar. Porém, a qualidade das águas subterrâneas é susceptível de ser afectada pelas actividades sócio-económicas, designadamente pelos usos e ocupações do solo, em particular pelas áreas urbanas, infra-estruturas e equipamentos, agricultura e zonas verdes. A contaminação das águas subterrâneas é, na generalidade das situações, persistente, pelo que a recuperação da qualidade destas águas é, em regra, muito lenta e difícil. A protecção das águas subterrâneas constitui, assim, um objectivo estratégico da maior importância, no quadro de um desenvolvimento equilibrado e duradouro.

Um instrumento preventivo para assegurar a protecção das águas subterrâneas é a instituição de perímetros de protecção das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. Trata-se de áreas definidas na vizinhança dessas captações em que se estabelecem restrições de utilidade pública ao uso e transformação do solo, em função das características pertinentes às formações geológicas, que armazenam as águas subterrâneas exploradas pelas captações e dos caudais extraídos, como forma de salvaguardar a protecção da qualidade dessas águas subterrâneas.

Os perímetros de protecção das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público visam, assim:

Prevenir, reduzir e controlar a poluição das águas subterrâneas por infiltração de águas pluviais lixiviantes e de águas excedentes de rega e de lavagens;
Potenciar os processos naturais de diluição e de autodepuração das águas subterrâneas;
Prevenir, reduzir e controlar as descargas acidentais de poluentes;
Proporcionar a criação de sistemas de aviso e alerta para a protecção dos sistemas de abastecimento de água com origem nas captações de águas subterrâneas, em situações de poluição acidental dessas águas.

A delimitação dos perímetros de protecção é realizada recorrendo a métodos hidrogeológicos apropriados que têm em conta os caudais de exploração, as condições da captação e as características do sistema aquífero explorado. A fixação dos caudais de exploração e o dimensionamento das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público têm que atender, necessariamente, aos aspectos económicos, já que a delimitação dos perímetros de protecção das captações impõe restrições ao uso do solo em áreas significativas que se traduzem em custos económicos que se repercutem sobre o custo da água na origem. De facto, não se afigura razoável delimitar perímetros de protecção com áreas ou com restrições excessivas se tal não se traduzir num benefício efectivo em termos da protecção das águas subterrâneas, pelo que se tem de exigir que a delimitação dos perímetros de protecção seja baseada em estudos hidrogeológicos suficientemente rigorosos para evidenciar a eficácia das medidas de protecção impostas. Por outro lado, não fará sentido localizar captações em áreas em que as pressões sobre o uso do solo são de tal maneira elevadas que os custos de oportunidade das restrições impostas se traduzam em custos da água na origem que não sejam razoáveis, quando comparadas com outras alternativas, sem prejuízo dos critérios gerais que devem ser atendidos na protecção das águas subterrâneas. Sempre que não possam ser realizados esses estudos — por exemplo, no caso de captações com menor capacidade ou em que o uso do solo é compatível com a protecção das águas subterrâneas —, definem-se critérios simples, mas suficientemente rigorosos, que asseguram a efectiva protecção das águas subterrâneas como origens de água para consumo humano.

Os instrumentos normativos vigentes não permitem salvaguardar adequadamente a qualidade das águas subterrâneas, pelo que se justifica a instituição, através do presente decreto-lei, dos perímetros de protecção das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.

Foi ouvida a Associação Nacional de Municípios Portugueses, bem como os órgãos de Governo próprio das Regiões Autónomas.

Assim:

Nos termos da alínea *a*) do n.º 1 do artigo 198.º da Constituição, o Governo decreta, para valer como lei geral da República, o seguinte:

Artigo 1.º

Objectivo e âmbito

1 — O presente diploma estabelece as normas e os critérios para a delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público, adiante designados por perímetros de protecção, com a finalidade de proteger a qualidade das águas dessas captações.

2 — As captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público de água para consumo humano de aglomerados populacionais com mais de 500 habitantes ou cujo caudal de exploração seja superior a 100 m^3/dia ficam abrangidas pelo disposto no presente diploma para todas as zonas de protecção previstas e definidas nos termos do presente decreto-lei.

3 — Todas as captações de água subterrânea destinadas ao abastecimento público de água para consumo humano são abrangidas pelo disposto no presente diploma no que diz respeito à delimitação da zona de protecção imediata.

Artigo 2.º

Definições

Para efeitos do presente diploma entende-se por:

a) «Aquífero» — domínio espacial de uma formação geológica, limitado em superfície e em profundidade, que pode armazenar água em condições de ser explorada economicamente;
b) «Captação de água subterrânea destinada ao abastecimento público» — origem de água subterrânea destinada ao consumo humano mediante um sistema de abastecimento público;
c) «Caudal de exploração» — volume de água extraída de um aquífero por unidade de tempo;

d) «Espessura saturada na captação» — fracção da captação que se encontra preenchida por água;
e) «Intrusão marinha» — processo que se pode verificar nos aquíferos costeiros, e que consiste no avanço sobre o continente de massas de água salgada;
f) «Poluição» — degradação da qualidade natural da água, em resultado de actividades humanas, tornando-a imprópria como origem de água destinada à produção de água para consumo humano, nos termos dos artigos 13.º a 19.º do Decreto Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto;
g) «Porosidade eficaz» — percentagem do volume total de uma formação geológica que é ocupada por poros interligados, através dos quais se pode estabelecer um fluxo de água;
h) «Qualidade da água» — conjunto de valores de parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos da água que permite avaliar a sua adequação como origem de água para a produção de água para consumo humano, nos termos dos artigos 13.º a 19.º do Decreto Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto;
i) «Sistema aquífero» — domínio espacial de uma ou várias formações geológicas, limitado em superfície e em profundidade, que define um ou vários aquíferos, relacionados ou não entre si, e que constitui uma unidade prática para a exploração de águas subterrâneas.

Artigo 3.º

Perímetro de protecção

1 — O perímetro de protecção é a área contígua à captação na qual se interditam ou condicionam as instalações e as actividades susceptíveis de poluírem as águas subterrâneas, que engloba as seguintes zonas:

a) Zona de protecção imediata — área da superfície do terreno contígua à captação em que, para a protecção directa das instalações da captação e das águas captadas, todas as actividades são, por princípio, interditas;
b) Zona de protecção intermédia — área da superfície do terreno contígua exterior à zona de protecção imediata, de extensão variável, tendo em conta as condições geológicas e estruturais do sistema aquífero, definida por forma a eliminar ou reduzir a poluição das águas subterrâneas, onde são interditas ou condicionadas as actividades e as instalações susceptíveis de poluírem aquelas águas, quer por infiltração de poluentes, quer por poderem modificar o fluxo na captação ou favorecer a infiltração na zona próxima da captação;
c) Zona de protecção alargada — área da superfície do terreno contígua exterior à zona de protecção intermédia, destinada a proteger as águas subterrâneas de poluentes persistentes, tais como compostos orgânicos, substâncias radioactivas, metais pesados, hidrocarbonetos e nitratos, onde as actividades e instalações são interditas ou condicionadas em função do risco de poluição das águas, tendo em atenção a natureza dos terrenos atravessados, a natureza e a quantidade de poluentes, bem como o modo de emissão desses poluentes.

2 — A delimitação dos perímetros de protecção, englobando as diferentes zonas definidas no número anterior, obedece a critérios geológicos, hidrogeológicos e económicos estabelecidos em função das características do aquífero em que se encontra a captação, as condições da captação e os caudais de exploração, mediante a realização de estudos hidrogeológicos e económicos.

3 — Quando não existam e não seja possível realizar os estudos hidrogeológicos mencionados no número anterior, mediante prévio parecer favorável da direcção regional do ambiente territorialmente competente, a determinação das zonas de protecção poderá ser feita através de recurso ao método do raio fixo, calculado de acordo com o anexo ao presente diploma, que dele faz parte integrante, ou outro método considerado mais adequado.

4 — Os estudos hidrogeológicos e a aplicação do método do raio fixo têm de ser realizados por técnicos com as habilitações académicas adequadas para o efeito.

5 — O perímetro de protecção poderá não incluir as zonas de protecção intermédia ou a zona de protecção alargada relativamente a captações de águas subterrâneas em sistemas aquíferos cujo risco de poluição seja reduzido, demonstrado por estudos hidrogeológicos.

6 — Sempre que se justifique, nomeadamente em zonas em que haja conexão hidráulica directa ou através de condutas cársicas ou fissuras, o perímetro de protecção poderá ainda englobar zonas de protecção especial, mediante a realização de estudos hidrogeológicos específicos.

7 — Nas zonas costeiras onde exista ou possa existir intrusão marinha, o perímetro de protecção inclui ainda zonas de protecção especiais para prevenir o avanço da cunha salina, mediante a realização de estudos hidrogeológicos específicos.

Artigo 4.º

Delimitação dos perímetros de protecção

1 — Compete ao Governo, através de resolução do Conselho de Ministros, aprovar a delimitação dos perímetros de protecção, identificando as instalações e actividades, de entre as mencionadas nos n.ºs 2, 4 e 7 do artigo 6.º, que ficam sujeitas a interdições ou a condicionamentos e definindo o tipo de condicionamentos.

2 — As propostas de delimitação e respectivos condicionamentos são elaboradas pela direcção regional do ambiente territorialmente competente com base nas propostas e estudos próprios que lhe sejam apresentados pela entidade requerente da licença de captação de águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, de acordo com o disposto no presente diploma, no disposto no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, e demais legislação aplicável.

3 — As entidades responsáveis pelas captações já existentes, quer estejam em funcionamento quer constituam uma reserva potencial de abastecimento de água subterrânea, devem promover a delimitação dos perímetros de protecção nos termos previstos nos número anteriores.

4 — Os perímetros de protecção das captações de água subterrânea para abastecimento público de água para consumo humano são revistos, sempre que se justifique, por iniciativa da direcção regional do ambiente territorialmente competente ou da entidade responsável pela captação.

5 — A autorização para a captação destinada ao consumo humano, prevista no Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro, que se insira no âmbito de aplicação do presente diploma pressupõe a prévia delimitação do respectivo perímetro de protecção.

Artigo 5.º

Protecção sanitária da captação

1 — A «cabeça» das captações verticais de águas subterrâneas — poços ou furos — deve estar a cota superior ao terreno circundante, mantendo-se a mesma fechada, de tal forma que se evite a entrada de substâncias de qualquer tipo, devendo ainda o revestimento da captação ser exteriormente rodeado de uma superfície impermeabilizante que promova a drenagem para áreas mais afastadas da captação, de águas que escorram superficialmente para áreas mais afastadas da captação.

2 — Todas as restantes captações de águas subterrâneas têm que estar devidamente protegidas contra a introdução de substâncias poluentes e actos de vandalismo, através de uma porta ventilada.

Artigo 6.º

Servidões administrativas e restrições de utilidade pública

1 — Na zona de protecção imediata é interdita qualquer instalação ou actividade, com excepção das que têm por finalidade a conservação, manutenção e melhor exploração da captação. Nesta zona o terreno é vedado e tem que ser mantido limpo de quaisquer resíduos, produtos ou líquidos que possam provocar infiltração de substâncias indesejáveis para a qualidade da água de captação.

2 — Na zona de protecção intermédia podem ser interditas ou condicionadas as seguintes actividades e instalações quando se demonstrem susceptíveis de provocarem a poluição das águas subterrâneas:

a) Pastorícia;
b) Usos agrícolas e pecuários;
c) Aplicação de pesticidas móveis e persistentes na água ou que possam formar substâncias tóxicas, persistentes ou bioacumuláveis;
d) Edificações;
e) Estradas e caminhos de ferro;
f) Parques de campismo;
g) Espaços destinados a práticas desportivas;
h) Estações de tratamento de águas residuais;
i) Colectores de águas residuais;
j) Fossas de esgoto;
l) Unidades industriais.
m) Cemitérios;
n) Pedreiras e quaisquer escavações;
o) Explorações mineiras;
p) Lagos e quaisquer obras ou escavações destinadas à recolha e armazenamento de água ou quaisquer substâncias susceptíveis de se infiltrarem;
q) Depósitos de sucata.

3 — Na zona de protecção intermédia são interditas as seguintes actividades e instalações:

a) Infra-estruturas aeronáuticas;
b) Oficinas e estações de serviço de automóveis;
c) Depósitos de materiais radioactivos, de hidrocarbonetos e de resíduos perigosos;
d) Postos de abastecimento e áreas de serviço de combustíveis;
e) Transporte de hidrocarbonetos, de materiais radioactivos ou de outras substâncias perigosas;
f) Canalizações de produtos tóxicos;
g) Lixeiras e aterros sanitários.

4 — Na zona de protecção alargada podem ser interditas ou condicionadas as seguintes actividades e instalações quando se demonstrem susceptíveis de provocarem a poluição das águas subterrâneas:

a) Utilização de pesticidas móveis e persistentes na água ou que possam formar substâncias tóxicas, persistentes ou bioacumuláveis;
b) Colectores de águas residuais;
c) Fossas de esgoto;
d) Lagos e quaisquer obras ou escavações destinadas à recolha e armazenamento de água ou quaisquer substâncias susceptíveis de se infiltrarem;
e) Estações de tratamento de águas residuais;
f) Cemitérios;
g) Pedreiras e explorações mineiras;
h) Infra-estruturas aeronáuticas;
i) Oficinas e estações de serviço de automóveis;
j) Postos de abastecimento e áreas de serviço de combustíveis;
l) Depósitos de sucata.

5 — Na zona de protecção alargada são interditas as seguintes actividades e instalações:

a) Transporte de hidrocarbonetos, de materiais radioactivos e de outras substâncias perigosas;
b) Depósitos de materiais radioactivos, de hidrocarbonetos e de resíduos perigosos;
c) Canalizações de produtos tóxicos;
d) Refinarias e indústrias químicas;
e) Lixeiras e aterros sanitários.

6 — Na zona de protecção especial, a que se refere o n.º 6 do artigo 3.º, são interditas quaisquer actividades ou instalações.

7 — Nas zonas de protecção contra o avanço da cunha salina, a que se refere o n.º 7 do artigo 3.º, podem ser limitados os caudais de exploração das captações existentes e interdita a construção ou a exploração de novas captações de água subterrânea ou condicionado o seu regime de exploração.

Artigo 7.º

Indemnizações

1 — As interdições e os condicionamentos decorrentes da aplicação do presente diploma podem dar lugar a indemnização nos termos previstos no artigo 8.º do Código das Expropriações.

2 — Aos proprietários dos terrenos que integrem as zonas de protecção imediata ou as zonas de protecção especial é assegurado o direito de requerer a respectiva expropriação, nos termos do Código das Expropriações.

3 — O disposto nos números anteriores não é aplicável sempre que os terrenos integrem o património de uma entidade pública.

Artigo 8.º

Encargos

1 — Compete às entidades responsáveis pelas captações de águas subterrâneas abrangidas pelo disposto no presente diploma suportar as indemnizações decorrentes da aplicação do disposto no artigo anterior.

2 — Quando as indemnizações previstas no artigo 7.º se refiram a captações já existentes à data da entrada em vigor do presente diploma, as mesmas serão suportadas pela administração central, nomeadamente pelo Ministério do Ambiente, quando as captações se encontrem autorizadas, e pelas entidades mencionadas no número anterior, com possibilidade de comparticipação da administração central, quando as captações não se encontrem autorizadas.

Artigo 9.º

Enquadramento nos planos de bacia hidrográfica e planos de ordenamento do território

Os planos de bacia hidrográfica, bem como os planos municipais e os planos especiais de ordenamento do território, contemplam obrigatoriamente os perímetros de protecção delimitados nos termos do presente diploma.

Artigo 10.º

Contra-ordenações

1 — Constituem contra-ordenações:

a) A não observância das interdições referidas nos n.os 1, 3, 5 e 6 do artigo 6.º;
b) O não cumprimento das interdições ou dos condicionamentos que vierem a ser concretamente identificados na resolução do Conselho de Ministros prevista no n.º 1 do artigo 4.º

2 — Sem prejuízo da aplicação das sanções acessórias previstas no regime geral das contra-ordenações, as contra-ordenações previstas no número anterior são puníveis com coima de 5000$ a 750 000$ ou, tratando-se de pessoa colectiva, de 50 000$ a 9 000 000$.

3 — A negligência é punível.

4 — São competentes para o processamento das contra-ordenações a direcção regional do ambiente e a câmara municipal da área onde se tenha praticado a infracção, cabendo ao director regional do ambiente ou ao presidente da câmara municipal a aplicação das respectivas coimas.

5 — A afectação do produto das coimas faz-se da seguinte forma:

a) 60 % para o Estado;
b) 40 % para a entidade que processou a contra-ordenação.

Artigo 11.º

Embargo e demolição

As obras e os trabalhos efectuados com inobservância das interdições ou dos condicionamentos previstos no presente diploma e daqueles que vierem a ser fixados na resolução do Conselho de Ministros referida no n.º 1 do artigo 4.º podem ser embargadas ou demolidas, sendo competentes para ordenar esse embargo ou demolição o director regional do ambiente ou o presidente da câmara municipal da área.

Artigo 12.º

Regiões Autónomas

O presente diploma aplica-se às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, sem prejuízo das competências cometidas aos respectivos órgãos de governo próprio e das adaptações que lhe venham a ser introduzidas por diploma regional.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros em 22 de Julho de 1999. — *Jaime José Matos da Gama — João Cardona Gomes Cravinho — Francisco Ventura Ramos — Elisa Maria da Costa Guimarães Ferreira.*

Promulgado em 3 de Setembro de 1999.

Publique-se.

O Presidente da República, JORGE SAMPAIO.

Referendado em 9 de Setembro de 1999.

O Primeiro-Ministro, *António Manuel de Oliveira Guterres.*

ANEXO

Definição dos perímetros de protecção

No quadro seguinte admite-se que a captação é o único elemento drenante do aquífero, onde convergem todas as linhas de fluxo, e que não existem direcções privilegiadas de fluxo:

Tipo de sistema aquífero	Zona de protecção imediata	Zona de protecção intermédia	Zona de protecção alargada
Tipo 1	r=20 m	r é o maior valor entre 40 m e r_1 (t=50 dias)	r é o maior valor entre 350 m e r_1 (t=3500 dias).
Tipo 2	r=40 m	r é o maior valor entre 60 m e r_2 (t=50 dias)	r é o maior valor entre 500 m e r_2(t=3500 dias).
Tipo 3	r=30 m	r é o maior valor entre 50 m e r_3 (t=50 dias)	r é o maior valor entre 400 m e r_3 (t=3500 dias).

Tipo de sistema aquífero	Zona de protecção imediata	Zona de protecção intermédia	Zona de protecção alargada
Tipo 4	r=60 m	r é o maior valor entre 280 m e r_4 (t=50 dias)	r é o maior valor entre 2400 m e r_4 (t=3500 dias).
Tipo 5	r=60 m	r é o maior valor entre 140 m e r_5 (t=50 dias)	r é o maior valor entre 1200 m e r_5 (t=3500 dias).
Tipo 6	r=40 m	r é o maior valor entre 60 m e r_6 (t=50 dias)	r é o maior valor entre 500 m e r_6 (t=3500 dias).

$$r_i(t)=\sqrt{\frac{Q\times t}{3{,}14\times n\times H}}$$

em que:

$r_i(t)$ — raio do perímetro de protecção (metros).
Q — caudal de exploração (metros cúbicos/dia);
t — tempo necessário para um poluente atingir a captação (dia);
n — porosidade eficaz (percentagem), expressa pelo quadro anexo.
H — espessura saturada na captação (metros);

sendo os seguintes os tipos de sistemas aquíferos:

Tipo 1 — sistema aquífero confinado cujo suporte litológico é constituído por formações porosas;
Tipo 2 — sistema aquífero livre cujo suporte litológico é constituído por formações porosas;
Tipo 3 — sistema aquífero semiconfinado cujo suporte litológico é constituído por formações porosas;
Tipo 4 — sistema aquífero cujo suporte litológico é constituído por formações carbonatadas;
Tipo 5 — sistema aquífero cujo suporte litológico é constituído por formações ígneas e metamórficas fissuradas;
Tipo 6 — sistema aquífero cujo suporte litológico é constituído por formações ígneas e metamórficas pouco fissuradas e ou alteradas.

Valores de porosidade eficaz

Material		Porosidade eficaz (percentagem)			Observações
Tipo	Descrição	Média	Máxima	Mínima	
Rochas maciças	Granito	< 0,2	0,5	0	(*a*)
	Calcário	< 0,5	1	0	(*b*)
	Dolomito	< 0,5	1	0	(*b*)
Rochas metamórficas	—	< 0,5	2	0	(*a*)
Rochas vulcânicas	Piroclastos	< 5	20	0	(*c*) (*e*)
	Escórias	20	50	1	(*c*) (*e*)
	Tufos vulcânicos	< 5	20	0	(*d*)
	Basaltos densos, fonólitos	< 1	2	0,1	(*a*)
	Basaltos vacuolares	5	10	1	(*c*)
Rochas sedimentares consolidadas.	Rochas foliadas	< 2	5	0	(*e*)
	Arenitos	10	20	0	(*f*)
	Calcário detrítico	3	20	0,5	–
Rochas sedimentares não consolidadas.	Aluviões	15	35	5	(*e*)
	Dunas	20	30	10	–
	Cascalheiras	25	35	15	–
	Areias	25	35	10	–
	Depósitos glaciares	15	30	5	–
	Lodos	10	20	2	(*e*)
	Argilas não compactadas	2	10	0	(*e*)
	Solos de cobertura	10	20	1	(*e*)

(*a*) A porosidade eficaz aumenta devido à meteorização.
(*b*) A porosidade eficaz aumenta devido a fenómenos de dissolução.
(*c*) A porosidade eficaz diminui com a idade.
(*d*) A porosidade eficaz pode aumentar com a idade.
(*e*) A porosidade eficaz varia muito segundo as circunstâncias e o tempo.
(*f*) A porosidade eficaz varia segundo o grau de cimentação e solubilidade.

ANEXO II - SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DA ESTAÇÃO 12L/03

Ano Hidrológico	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1939/40	263.4	135.2	218.3	396.9	375.4	234.8	78.5	89.7	25.9	5.6	2.2	22.6
1940/41	169.3	182.1	38	410.8	273.5	184.3	183.9	77.3	36.5	46.3	0	1.8
1941/42	0	189.9	19	64.5	70	410.8	211	93.5	48.1	0	43.2	75
1942/43	184.2	168	261.1	360.8	36.4	197.1	76.8	30.1	12.2	54.4	0	124.4
1943/44	176.5	82.8	134.4	2	35.8	72.3	166.8	28.1	35	29.8	47.2	19.5
1944/45	78.5	139	110.4	70.8	10.7	37.7	48.1	57.4	9.3	0	2	0
1945/46	178.1	278.7	408.2	79.3	48.4	198.5	205.7	291.8	20.5	1.5	10.1	10.5
1946/47	101.3	134.6	75.9	118.9	598.9	404.5	77.7	82.7	18.8	0	2.1	111.9
1947/48	88.5	48.2	251.3	487.6	137.9	174.9	57	183.2	1.9	0	25.3	2.1
1948/49	108	11.3	311	87.9	16.4	70.2	37.3	26.1	59.4	5.8	0.4	283.8
1949/50	81.8	157.7	270.2	54.1	226.3	112.5	3.8	271.6	108.5	18.7	0	30.1
1950/51	37.6	209.7	90	235.9	283.6	283.5	38.9	139	10.7	6.6	1.8	79.5
1951/52	64.7	497.3	96.1	56.5	15.2	313.4	92.9	163.1	73.1	53.4	22.6	62.8
1952/53	72.7	286.1	187	169.1	79.6	71.9	99.8	35.7	33.7	0	0	54.4
1953/54	244.1	175.6	231.5	84.7	36.3	314	97.3	78.6	24.1	0.5	6.3	0
1954/55	8.8	216.2	100.5	426.6	272.9	147.2	12	86.9	56.4	1.1	11.6	0
1955/56	103.3	395.1	363.6	460.6	87.1	437.9	208.7	125.6	8.2	22.3	88.5	153
1956/57	113.3	53.7	127.2	39.6	273	221.2	53.6	72.9	19.9	15.8	10.2	20.4
1957/58	30.2	178.6	198.4	417.5	154.5	257.8	106.7	30.8	88.8	32	27.6	15.9
1958/59	90.3	4.5	672.3	251.3	71.7	382.4	184.5	157	1	0.3	20.3	113.9
1959/60	204.8	401	530.3	190.2	431.3	284.5	109.4	189.8	16.5	0.6	29.8	137.6
1960/61	525.7	361.1	213.7	192.1	59	96.3	148.1	161.8	80	51.4	17.7	84.7
1961/62	111.1	547.2	421.1	232.4	54.3	428.7	123.5	34.9	44.9	0	0	53.4
1962/63	216.4	110.9	109.7	514.9	458.5	280.9	252.4	22.6	90.3	0.9	0	23.9
1963/64	114.8	586.5	434	88.5	391.5	330.3	50	38.7	83.4	6.2	7	57.9
1964/65	87.6	33.7	126.7	323.2	209.2	259.3	10.8	20	6	1.6	0	201.2
1965/66	341.2	376.8	194	556.2	721.2	0	362.7	6.9	32	3	48.7	26
1966/67	420.7	101.3	87.8	188	268.8	91.1	58	169.5	14.4	0.1	5.4	34.4
1967/68	84.7	259.2	14.2	2.6	545.4	90.2	179.1	126.7	1.7	0.9	18.2	34.1
1968/69	96.5	318.9	384.4	397.5	305.2	450.1	122.3	219.9	61	0.8	0	64.9
1969/70	200.2	245.8	87.7	796	35.3	11.1	19.2	234.6	90.7	1.5	20.3	0
1970/71	1.6	209.5	76	357.9	20.2	137.7	305.8	167.9	121.6	44.8	26.7	2.3
1971/72	34.8	25.4	43.4	233.8	509.6	161.9	17.5	61	7.8	55.1	0	86.9
1972/73	290.5	180.5	381.2	314.8	16.6	26.3	41.6	276.8	53.5	48.3	0	21.6
1973/74	131.8	236	144.5	338.6	230.5	75.2	84.3	111.7	212.2	12.3	0	2
1974/75	4.3	195.1	45.4	182.8	222.9	186.2	51.4	98.8	15.9	0	0	62.8
1975/76	47.4	68.8	73.8	82.2	109.4	51.6	107	4.4	12.4	16.1	40.6	116.1
1976/77	259.3	115.8	263.4	466.5	423	41.8	78.1	49.5	36	13.5	19	22.1
1977/78	333.4	103.3	480.9	266.3	393.1	160.7	160.3	131.8	82.8	11.1	0	23.4
1978/79	26	27.3	540.4	263.8	526.1	265.1	120.6	51.4	4.6	29	0	7.9
1979/80	355.2	79.4	86.4	128	162.8	83.7	113.5	94.1	22.6	11.3	12.6	17.7
1980/81	61.4	111.4	10.5	0	111.1	120.9	146.6	132.8	35	18.8	3.5	55
1981/82	176.1	0.4	652.2	194.8	143.9	19	50.6	149	14.3	13	17.3	185
1982/83	42.7	194.9	168.1	15.8	207	0.7	263.3	148.3	16	5.2	0.4	5.5
1983/84	102.2	738.8	291.5	93.5	22.3	205.9	102.3	114.6	141.6	3	26	21.2
1984/85	233	484.1	150.4	332.5	504	75	183	97.7	68	0	0	11.5
1985/86	12	291	322.7	238.7	397.6	21.9	84.1	17.4	12.2	0	12.3	112.9
1986/87	75.3	139.7	91.4	304.9	219.1	125.8	204.4	20.6	10.4	26.8	51.2	236.1
1987/88	321.1	46.3	427.2	466.1	152.7	4.4	137.1	154.5	255.8	56.4	0	11.8
1988/89	214.8	262.3	26.5	80.5	316	53.6	146.7	81	26.4	0	21.5	18.2
1989/90	180.7	569.9	891.5	210.3	66.2	97.4	149.5	31.5	1.1	3.7	73.2	23.2
1990/91	511.4	241.7	68.2	214.4	249.3	350	44.5	2.4	62.3	21.3	2.4	57.7
1991/92	125.3	175.8	128.7	92.6	65.2	65.3	179.5	74.8	19.9	0.2	32.4	26.5
1992/93	172.3	17.1	267.1	90	101.2	70.5	149	211.2	24.8	5.6	2	148.7
1993/94	537.4	293	5.7	300.2	259.7	3	69	383.1	0	0	8.2	8
1994/95	134.8	210.2	123.5	210.9	118.6	44.6	85	32.7	43.8	4.5	0	69
1995/96	110.5	-	559.5	863.5	247.5	161.3	103.5	273	0	7.5	0	101.5
1996/97	117	245.5	606.5	370	6.5	0	52.5	195	130	31	41	46.5
1997/98	280.5	649.5	359	147	153	124.8	217.5	183.5	124	0.5	3	201.6
1998/99	31.2	58.1	64	211.5	26.5	177.3	119.5	99.4	10.5	38	56	-
1999/00	330.5	39.6	248.9	30.2	58	65	401.1	206.3	3	34	10	48
2000/01	99.8	461	955.5	705.2	209.8	484.6	32.1	88.3	0	9.2	2.6	81.7
2001/02	242.6	23.7	7.8	170.9	-	191.8	72.8	26.5	1.8	0	0.1	-
2002/03	159.5	214.1	365.4	-	193.3	204.1	206.2	2.3	-	6.5	38.5	-
2003/04	555.6	390.8	-	0	0	44.2	114.9	47.5	1.8	0	58.8	9.7
2004/05	286.1	33.5	48.4	5.5	53	93.3	62.5	22.4	0	9.3	0.7	9.5
2005/06	312.7	117.7	150.2	37.6	118.3	213.9	90.5	3.6	15.9	10.6	22.5	102.7
Mínimo	0.0	0.4	5.7	0.0	0.0	0.0	3.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Média	171.8	214.2	240.8	239.1	200.0	165.0	119.8	107.4	42.4	13.5	15.7	60.2
Máximo	555.6	738.8	955.5	863.5	721.2	484.6	401.1	383.1	255.8	56.4	88.5	283.8
N. Valores	67	66	66	66	66	67	67	67	66	67	67	64

Nota: os dados encontam-se em mm

ANEXO III - INVENTÁRIO DE PONTOS DE ÁGUA - CAUDAIS (m^3/d)

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
1	52130	66123	728	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	51874	66431	759	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	51424	65555	858	SN1d	Souto Novo	Granitóides	11,2	14,7	16,4	16,4	15,6	13,0	12,1	11,2	11,2	21,6	25,9	43,2	18,3	11,2	43,2	9,4
4	51400	65528	866	SN2d	Souto Novo	Granitóides	9,5	8,6	9,5	13,8	10,4	6,9	6,0	5,2	2,6	8,6	19,9	51,8	12,7	2,6	51,8	13,1
5	51384	65556	867	SN3d	Souto Novo	Granitóides	6,7	5,4	6,1	8,6	8,6	6,7	5,9	4,3	3,6	4,8	20,0	25,9	8,9	3,6	25,9	6,8
6	51325	65569	886	SN4d	Souto Novo	Granitóides	5,1	4,8	4,8	6,8	6,4	5,8	5,8	4,3	3,5	6,9	13,0	43,2	9,2	3,5	43,2	11,0
7	51346	65510	881	SN9d	Souto Novo	Granitóides	1,8	1,2	2,9	2,1	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0	1,3	21,6	5,2	3,2	0,0	21,6	6,0
8	51301	65510	896	SN8d	Souto Novo	Granitóides	11,9	9,5	18,1	13,8	8,5	7,2	5,6	4,7	2,5	2,6	3,6	43,2	10,9	2,5	43,2	11,2
9	51269	65499	908	SN7m	Souto Novo	Granitóides	4,5	4,2	3,6	6,6	6,1	5,4	3,8	2,9	1,6	10,8	4,8	25,9	6,7	1,6	25,9	6,5
10	51254	65466	912	SN6d	Souto Novo	Granitóides	7,6	4,1	3,6	17,7	6,9	1,7	0,0	0,0	0,0	2,6	43,2	86,4	14,5	0,0	86,4	25,7
11	50533	65438	885	SN10m	Souto Novo	Xisto Mosq. e Metag.	32,8	22,5	19,0	18,1	18,1	18,1	18,1	13,8	10,4	10,4	63,9	100,2	28,8	10,4	100,2	26,7
12	50864	66695	1040	P3m	Pião	Granitóides	40,6	30,2	26,8	25,9	25,9	25,9	25,9	21,6	18,1	18,1	71,7	108,0	36,6	18,1	108,0	26,7
13	50900	66734	1017	P4m	Pião	Granitóides	38,9	45,8	41,5	40,6	43,2	43,2	38,9	37,2	32,8	32,8	54,4	61,3	42,6	32,8	61,3	8,3
14	50743	67120	1049	P2m	Pião	Granitóides	19,9	19,9	18,1	23,3	32,8	32,4	32,4	23,6	18,5	18,1	25,9	64,8	27,5	18,1	64,8	13,1
15	50725	67149	1054	P1m	Pião	Granitóides	19,0	18,1	17,3	28,5	31,1	25,9	23,6	15,2	13,0	11,2	28,5	86,4	26,5	11,2	86,4	20,0
16	50736	67254	1073	P10f	Pião	Granitóides	2,6	-	16,4	22,5	9,5	-	0,0	0,0	0,0	2,6	57,9	57,9	16,9	0,0	57,9	22,9
17	50739	67256	1073	P11f	Pião	Granitóides	32,8	19,9	22,5	50,1	39,7	32,8	28,5	19,9	13,8	11,2	78,6	144,3	41,9	11,2	144,3	39,0
18	50786	67256	1060	Nascente	Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	50978	67422	1025	P5m	Pião	Granitóides	1,1	37,2	10,8	8,6	6,5	4,8	25,9	21,6	14,4	8,6	21,6	37,2	16,5	1,1	37,2	12,2
20	50904	67142	1000	P7m	Pião	Granitóides	21,6	19,9	19,9	33,7	31,1	25,9	25,9	19,9	16,2	13,0	71,7	108,0	33,9	13,0	108,0	27,9
21	50959	67087	971	P8m	Pião	Granitóides	80,4	78,6	86,4	144,3	117,5	80,4	77,8	37,2	43,2	43,2	78,6	144,3	84,7	37,2	144,3	37,5
22	50907	67026	1003	P9m	Pião	Granitóides	35,4	28,5	32,8	35,4	35,4	32,8	28,5	18,1	16,4	16,4	32,8	43,2	29,7	16,4	43,2	8,5
23	50817	67717	1088	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	50809	68059	1090	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	50896	68155	1064	NH7m	Nave de Haver	Granitóides	25,9	23,3	24,2	26,8	23,3	23,3	21,6	18,1	17,3	18,1	19,9	25,9	22,3	17,3	26,8	3,3
26	50889	68184	1075	NH6d	Nave de Haver	Granitóides	44,9	49,2	52,7	216,0	99,4	64,8	59,6	49,2	43,2	44,9	108,0	432,0	110,8	43,2	432,0	117,9
27	50953	68214	1062	NH8m	Nave de Haver	Granitóides	-	11,2	13,8	20,7	16,4	15,6	14,7	6,9	6,9	6,9	25,9	32,8	15,6	6,9	32,8	8,2
28	50837	68581	1072	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	51353	68809	1009	NH10m	Nave de Haver	Granitóides	86,4	69,1	155,5	172,8	92,4	86,4	71,7	43,2	28,5	43,2	122,7	432,0	124,8	28,5	432,0	118,1
30	51178	68721	1012	NH11m	Nave de Haver	Granitóides	69,1	51,0	46,7	129,6	113,2	78,6	54,0	25,9	25,9	26,8	123,6	287,7	87,5	25,9	287,7	77,0
31	51058	68572	1012	NH12m	Nave de Haver	Granitóides	103,7	86,4	144,3	144,3	113,2	86,4	66,5	66,5	61,3	58,8	144,3	432,0	125,6	58,8	432,0	101,9
32	51281	68281	999	NH13n	Nave de Haver	Granitóides	50,1	7,8	26,8	43,2	31,1	13,0	2,6	1,7	1,7	13,0	144,3	287,7	51,9	1,7	287,7	84,1
33	51281	68658	995	NH14n	Nave de Haver	Granitóides	5,1	4,8	4,8	6,8	6,4	5,8	5,8	4,3	3,5	6,9	13,0	43,2	9,2	3,5	43,2	11,0
34	51569	68307	855	NH5m	Nave de Haver	Granitóides	216,0	172,8	432,0	285,1	216,0	216,0	172,8	172,8	144,3	172,8	596,2	751,7	295,7	144,3	751,7	195,2
35	51251	68464	930	NH15n	Nave de Haver	Granitóides	45,8	51,8	64,8	51,8	70,8	69,1	64,8	51,8	43,2	51,8	172,8	287,7	85,5	43,2	287,7	72,5
36	51244	68485	935	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	51434	68018	862	NH4n	Nave de Haver	Granitóides	129,6	37,2	216,0	254,0	186,6	108,0	99,4	51,8	37,2	37,2	95,9	216,0	122,4	37,2	254,0	78,2
38	51297	67830	935	NH3m	Nave de Haver	Granitóides	86,4	34,6	64,8	95,9	64,8	95,9	86,4	64,8	37,2	34,6	114,9	172,8	86,6	34,6	172,8	48,2
39	51239	67674	962	NH2m	Nave de Haver	Granitóides	64,8	48,4	117,5	95,9	64,8	43,2	38,9	23,3	23,3	33,7	95,9	144,3	66,2	23,3	144,3	39,1
40	51164	67610	979	NH1m	Nave de Haver	Granitóides	78,6	86,4	144,3	117,5	80,4	77,8	37,2	43,2	43,2	78,6	144,3	172,8	92,0	37,2	172,8	43,8
41	51908	69007	958	Nascente	Sete Fontes	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	51946	69164	940	RN12m	Sete Fontes	Granitóides	144,3	123,6	123,6	123,6	123,6	123,6	123,6	108,0	108,0	95,9	144,3	287,7	135,8	95,9	287,7	49,8
43	51599	69583	995	RN5m	Rosa Negra	Granitóides	19,0	18,1	17,3	28,5	31,1	25,9	23,6	15,2	13,0	11,2	28,5	86,4	26,5	11,2	86,4	20,0
44	51583	69603	994	RN4m	Rosa Negra	Granitóides	35,4	28,5	32,8	35,4	35,4	32,8	28,5	18,1	16,4	16,4	32,8	43,2	29,7	16,4	43,2	8,5
45	51502	69643	1032	RN3m	Rosa Negra	Granitóides	21,6	19,9	19,9	33,7	31,1	25,9	25,9	19,9	16,2	13,0	71,7	108,0	33,9	13,0	108,0	27,9
46	51351	69593	1088	RN1m	Rosa Negra	Granitóides	103,7	86,4	144,3	144,3	113,2	86,4	66,5	66,5	61,3	58,8	144,3	432,0	125,6	58,8	432,0	101,9
47	51404	69691	1032	RN2m	Rosa Negra	Granitóides	83,8	68,3	78,6	123,6	83,8	66,5	65,7	65,7	57,9	56,2	121,0	287,7	96,6	56,2	287,7	64,1
48	51340	69715	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
49	51468	69990	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	51565	69992	1040	RN11m	Rosa Negra	Granitóides	54,4	51,0	46,7	129,6	113,2	78,6	54,0	25,9	25,9	26,8	123,6	287,7	84,8	25,9	287,7	74,0
51	51469	70068	1081	RN10m	Rosa Negra	Granitóides	172,8	123,6	136,5	172,8	216,0	172,8	146,9	77,8	74,3	69,1	216,0	575,4	179,5	69,1	575,4	134,6
52	51453	70173	1121	RN9m	Rosa Negra	Granitóides	156,4	156,4	100,2	123,6	108,0	108,0	103,7	66,5	66,5	66,5	172,8	536,5	147,1	66,5	536,5	127,8
53	51584	70203	1118	RN8m	Rosa Negra	Granitóides	144,3	117,5	92,4	123,6	129,6	123,6	117,5	71,7	69,1	66,5	123,6	432,0	134,3	66,5	432,0	97,3
54	51747	70793	1251	RN6m	Rosa Negra	Granitóides	64,8	48,4	117,5	95,9	64,8	43,2	38,9	23,3	23,3	33,7	95,9	144,3	66,2	23,3	144,3	39,1
55	51796	70808	1235	RN7m	Rosa Negra	Granitóides	129,6	60,5	259,2	162,4	77,8	37,2	33,7	16,4	16,4	33,7	129,6	287,7	103,7	16,4	287,7	92,9
56	52226	70524	1028	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	52727	70649	1053	Nascente	Qta. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	52309	69863	880	Charca	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	52903	70930	1076	Ribeira	Qta. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	53216	71033	1050	Ribeira	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	52731	71610	1265	AM8m	Alto do Monteiro	Granitóides	41,5	38,0	19,9	19,9	38,0	28,5	23,3	19,9	19,9	71,7	95,9	108,0	49,6	19,9	108,0	33,8
62	52875	71424	1178	Ribeira	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	52934	71372	1156	AM9d	Alto do Monteiro	Granitóides	172,8	86,4	43,2	43,2	129,6	86,4	61,3	51,0	49,2	86,4	172,8	216,0	106,6	49,2	216,0	61,1
64	53109	71461	1174	AM5d	Alto do Monteiro	Granitóides	6,9	7,8	7,8	10,4	10,4	9,5	9,5	7,8	6,9	4,3	4,3	13,0	8,2	4,3	13,0	2,5
65	53055	71268	1120	AM11d	Alto do Monteiro	Granitóides	32,8	19,9	22,5	50,1	103,7	13,0	13,0	11,2	10,4	34,6	51,0	95,9	41,6	10,4	103,7	38,7
66	53085	71403	1155	AM7d	Alto do Monteiro	Granitóides	28,5	18,1	18,1	16,4	19,0	18,1	16,4	7,8	7,8	18,1	28,5	45,8	20,2	7,8	45,8	12,3
67	53126	71401	1137	AM6n	Alto do Monteiro	Granitóides	18,1	17,3	11,2	25,9	21,6	18,1	17,3	11,2	11,2	18,1	51,0	86,4	29,4	11,2	86,4	26,3
68	53173	71359	1125	AM1d	Alto do Monteiro	Granitóides	14,7	13,0	21,6	21,6	17,3	14,7	14,7	11,2	11,2	28,5	60,5	86,4	26,3	11,2	86,4	23,3
69	53195	71435	1153	AM2d	Alto do Monteiro	Granitóides	11,2	9,5	6,0	8,64	9,8	4,1	2,9	2,2	1,9	9,5	43,2	66,5	17,5	1,9	66,5	24,1
70	53203	71479	1166	AM3d	Alto do Monteiro	Granitóides	28,5	18,1	16,4	28,5	21,6	18,1	16,4	10,4	10,4	28,5	43,2	86,4	29,4	10,4	86,4	25,4
71	53146	71539	1184	AM4n	Alto do Monteiro	Granitóides	11,2	9,5	6,0	8,6	8,6	7,8	6,9	5,2	5,2	9,5	18,1	86,4	15,3	5,2	86,4	22,7
72	53155	71193	1103	AM12n	Alto do Monteiro	Granitóides	1,7	1,7	2,6	2,6	1,7	1,7	0,9	0,9	0,9	1,7	1,7	4,3	1,9	0,9	4,3	1,0
73	56350	73894	790	Ribeira	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	56423	73931	786	T9f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	10,4	9,5	7,8	9,5	6,9	6,9	6,9	6,0	6,0	6,0	6,9	8,6	7,2	6,0	9,5	1,2
75	56468	73937	785	T8f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	9,5	7,8	12,1	12,1	11,2	9,5	8,6	6,9	6,9	6,9	25,1	25,9	11,9	6,9	25,9	6,6
76	56780	73936	765	T11m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	19,9	17,3	16,4	18,1	19,0	16,4	16,4	14,7	13,8	13,8	43,2	61,3	22,5	13,8	61,3	14,5
77	56676	73826	819	T12m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	16,4	29,4	27,6	26,8	25,9	23,3	23,3	19,9	18,1	17,3	43,2	61,3	27,7	16,4	61,3	12,8
78	56450	73479	853	T7n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	10,4	11,2	9,5	7,8	6,9	6,0	5,2	2,6	2,6	2,6	5,2	9,5	6,6	2,6	11,2	3,1
79	56306	73335	870	T13n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	4,5	4,2	3,6	6,6	6,1	5,4	3,8	2,9	1,6	10,8	4,8	25,9	6,7	1,6	25,9	6,5
80	56665	73315	732	T1n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	4,3	4,3	3,5	2,6	3,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,9	2,6	6,9	2,4	0,0	6,9	2,2
81	56683	73363	752	T2d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	6,9	6,9	5,2	7,8	6,0	5,2	4,3	2,6	2,6	2,6	6,9	14,7	6,0	2,6	14,7	3,3
82	56661	73392	764	T3d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
83	56539	73399	816	T5n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	9,5	6,9	7,8	9,5	10,4	9,5	9,5	7,8	6,9	4,3	4,3	9,5	7,9	4,3	10,4	2,1
84	56595	73331	776	T4d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	9,5	7,8	7,8	8,6	6,0	5,2	5,2	2,6	2,6	2,6	8,6	25,9	7,7	2,6	25,9	6,3
85	53650	71419	1030	VC4m	Vila do Carvalho	Granitóides	17,3	15,6	17,3	11,2	11,2	10,4	9,5	6,8	6,8	1,3	54,4	71,7	26,8	1,3	71,7	24,5
86	53685	71516	1012	VC1m	Vila do Carvalho	Granitóides	2,6	5,2	6,0	3,5	2,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	28,5	43,2	8,3	1,5	43,2	13,3
87	53710	71534	1002	VC2m	Vila do Carvalho	Granitóides	11,2	9,5	6,0	8,6	4,3	4,3	4,3	2,6	4,3	2,6	57,9	86,4	16,8	2,6	86,4	26,7
88	53849	71602	948	VC3m	Vila do Carvalho	Granitóides	9,5	7,8	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	5,2	5,2	2,1	25,9	51,8	11,5	2,1	51,8	14,0
89	53134	71207	1104	AM13d	Alto do Monteiro	Granitóides	216,0	113,2	235,9	324,9	172,8	86,4	16,4	10,4	-	-	-	-	147,0	10,4	324,9	110,5
90	51638	68413	890	Mina	Secretaria Velha	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	50852	68544	1073	NH9d	Nave de Haver	Granitóides	23,3	15,6	112,3	78,6	81,2	51,0	44,1	35,4	21,6	23,3	77,8	144,3	59,0	15,6	144,3	40,5
92	51143	65675	927	SN5m	Souto Novo	Granitóides	7,8	4,3	5,2	16,4	8,6	8,6	7,8	6,9	8,6	25,9	64,8	108,0	26,1	5,2	108,0	33,9
93	52974	71447	1175	AM10d	Alto do Monteiro	Granitóides	25,9	19,0	25,9	19,0	18,14	6,91	6,05	6,05	6,05	31,97	38,02	95,90	26,14	6,05	95,90	30,91

Nota: as coordenadas apresentadas são coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

ANEXO IV - INVENTÁRIO DE PONTOS DE ÁGUA - CONDUTIVIDADE ELÉCTRICA (μS/cm)

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
1	52130	66123	728	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	75	-	-	-	-	25	50	25	75	35,4
2	51874	66431	759	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	61	-	-	-	-	27	44	27	61	24,0
3	51424	65555	858	SN1d	Souto Novo	Granitóides	-	27	28	33	46	29	29	28	28	28	34	31	31	27	46	5,5
4	51400	65528	866	SN2d	Souto Novo	Granitóides	28	28	27	50	27	27	27	28	27	28	28	30	30	27	50	6,5
5	51384	65556	867	SN3d	Souto Novo	Granitóides	27	27	29	32	27	28	28	27	27	30	28	28	28	27	32	1,5
6	51325	65569	886	SN4d	Souto Novo	Granitóides	28	29	29	31	30	29	29	30	30	30	30	29	30	28	31	0,8
7	51346	65510	881	SN9d	Souto Novo	Granitóides	20	21	23	25	22	20	-	-	-	30	30	26	24	20	30	3,9
8	51301	65510	896	SN8d	Souto Novo	Granitóides	23	23	23	33	22	22	22	22	22	22	24	25	24	22	33	3,1
9	51269	65499	908	SN7m	Souto Novo	Granitóides	24	25	25	37	26	26	25	27	26	26	24	25	26	24	37	3,5
10	51254	65466	912	SN6d	Souto Novo	Granitóides	20	20	20	24	21	20	-	-	-	21	21	30	22	20	30	3,3
11	50533	65438	885	SN10m	Souto Novo	Xisto Mosq. e Metag.	25	24	24	31	24	24	24	24	24	27	27	27	25	24	31	2,2
12	50864	66695	1040	P3m	Pião	Granitóides	24	23	25	29	25	26	25	24	25	25	25	29	25	23	29	1,8
13	50900	66734	1017	P4m	Pião	Granitóides	24	24	24	26	24	24	24	24	24	24	24	25	24	24	26	0,6
14	50743	67120	1049	P2m	Pião	Granitóides	27	26	27	29	27	26	26	26	27	26	26	29	27	26	29	1,1
15	50725	67149	1054	P1m	Pião	Granitóides	29	29	29	29	29	29	29	29	30	29	29	27	29	27	30	0,7
16	50736	67254	1073	P10f	Pião	Granitóides	24	-	25	24	25	-	-	-	-	22	24	22	24	22	25	1,3
17	50739	67256	1073	P11f	Pião	Granitóides	-	27	26	26	26	28	26	27	29	34	26	25	27	25	34	2,5
18	50786	67256	1060	Nascente	Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	24	25	24	26	1,4
19	50978	67422	1025	P5m	Pião	Granitóides	25	26	26	26	27	26	25	25	25	25	25	25	26	25	27	0,7
20	50904	67142	1000	P7m	Pião	Granitóides	25	24	24	31	24	24	24	24	24	27	27	27	25	24	31	2,2
21	50959	67087	971	P8m	Pião	Granitóides	-	25	26	34	28	28	29	26	27	28	28	28	28	25	34	2,3
22	50907	67026	1003	P9m	Pião	Granitóides	26	26	26	26	27	26	26	26	27	26	27	26	26	26	27	0,5
23	50817	67717	1088	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23	23	23	-
24	50809	68059	1090	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23	23	23	-
25	50896	68155	1064	NH7m	Nave de Haver	Granitóides	24	24	23	29	24	26	26	26	26	26	26	29	26	23	29	1,9
26	50889	68184	1075	NH6n	Nave de Haver	Granitóides	-	19	18	21	18	19	19	19	18	18	19	21	19	18	21	1,1
27	50953	68214	1062	NH8m	Nave de Haver	Granitóides	20	20	21	26	21	22	22	22	24	24	24	24	23	20	26	1,9
28	50837	68581	1072	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23	23	23	-
29	51353	68809	1009	NH10m	Nave de Haver	Granitóides	19	19	19	21	20	20	21	20	20	20	22	24	20	19	24	1,4
30	51178	68721	1012	NH11m	Nave de Haver	Granitóides	18	19	18	22	21	20	20	18	18	22	23	23	20	18	23	2,0
31	51058	68572	1012	NH12m	Nave de Haver	Granitóides	18	18	18	18	19	19	19	18	18	18	19	18	18	18	19	0,5
32	51281	68281	999	NH13n	Nave de Haver	Granitóides	21	20	21	26	22	22	20	20	20	20	22	22	21	20	26	1,7
33	51281	68658	995	NH14n	Nave de Haver	Granitóides	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	16	17	16	18	0,6
34	51569	68307	855	NH5m	Nave de Haver	Granitóides	22	23	19	23	25	26	24	24	23	23	21	21	23	19	26	1,9
35	51251	68464	930	NH15n	Nave de Haver	Granitóides	19	19	19	26	20	21	23	22	27	27	27	27	23	19	27	3,5
36	51244	68485	935	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	16	17	16	18	0,6
37	51434	68018	862	NH4n	Nave de Haver	Granitóides	20	21	17	18	21	23	21	24	21	21	24	24	21	17	24	2,3
38	51297	67830	935	NH3m	Nave de Haver	Granitóides	21	21	20	23	21	23	21	23	24	24	24	24	22	20	24	1,5
39	51239	67674	962	NH2m	Nave de Haver	Granitóides	19	20	19	19	21	19	19	20	19	19	20	20	20	19	21	0,7
40	51164	67610	979	NH1m	Nave de Haver	Granitóides	21	22	22	22	-	-	-	22	22	21	22	23	22	21	23	0,6
41	51908	69007	958	Nascente	Sete Fontes	Granitóides	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	22	24	22	25	2,1
42	51946	69164	940	RN12m	Sete Fontes	Granitóides	31	32	32	37	36	35	34	34	34	34	37	37	34	31	37	2,1
43	51599	69583	995	RN5m	Rosa Negra	Granitóides	25	26	26	25	31	25	26	26	26	26	25	26	26	25	31	1,6
44	51583	69603	994	RN4m	Rosa Negra	Granitóides	24	24	23	30	28	24	24	24	24	24	24	27	25	23	30	2,1
45	51502	69643	1032	RN3m	Rosa Negra	Granitóides	25	24	24	31	24	24	24	24	24	27	27	27	25	24	31	2,2
46	51351	69593	1088	RN1m	Rosa Negra	Granitóides	39	39	37	41	42	41	41	41	39	39	39	36	41	36	63	7,0
47	51404	69691	1032	RN2m	Rosa Negra	Granitóides	27	26	28	27	27	27	29	28	27	27	27	27	27	26	29	0,8

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
48	51340	69715	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	23	24	23	24	0,7
49	51468	69990	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	23	23	23	23	0,0
50	51565	69992	1040	RN11m	Rosa Negra	Granitóides	18	19	18	22	21	20	20	18	18	22	23	23	20	18	23	2,0
51	51469	70068	1081	RN10m	Rosa Negra	Granitóides	17	17	17	18	19	18	18	18	18	18	18	17	18	17	19	0,6
52	51453	70173	1121	RN9m	Rosa Negra	Granitóides	18	18	18	24	27	21	18	18	18	18	18	18	20	18	27	3,0
53	51584	70203	1118	RN8m	Rosa Negra	Granitóides	18	18	19	24	23	19	19	19	18	18	18	18	19	18	24	2,1
54	51747	70793	1251	RN6m	Rosa Negra	Granitóides	16	16	17	17	18	21	18	23	21	17	17	16	18	16	23	2,3
55	51796	70808	1235	RN7m	Rosa Negra	Granitóides	17	19	16	16	20	22	19	26	19	19	19	19	19	16	26	2,7
56	52226	70524	1028	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	22	21	19	22	2,1
57	52727	70649	1053	Nascente	Q^{ta}. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	17	19	17	20	2,1
58	52309	69863	880	Charca	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	41	-	-	-	-	29	35	29	41	8,5
59	52903	70930	1076	Ribeira	Q^{ta}. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	21	20	19	21	1,4
60	53216	71033	1050	Ribeira	Caminho Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	20	20	19	20	0,7
61	52731	71610	1265	AM8m	Alto do Monteiro	Granitóides	21	-	-	-	22	21	22	22	22	23	20	18	21	18	23	1,5
62	52875	71424	1178	Ribeira	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	20	20	20	20	0,0
63	52934	71372	1156	AM9d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	17	18	18	18	19	19	19	20	19	17	20	0,9
64	53109	71461	1174	AM5d	Alto do Monteiro	Granitóides	16	16	17	17	17	21	17	17	17	17	17	17	17	16	21	1,3
65	53055	71268	1120	AM11d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	20	19	19	19	19	19	19	22	20	19	22	1,1
66	53085	71403	1155	AM7d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	32	31	30	31	29	29	29	27	30	27	32	1,6
67	53126	71401	1137	AM6n	Alto do Monteiro	Granitóides	19	19	19	21	20	19	20	20	20	20	20	21	20	19	21	0,7
68	53173	71359	1125	AM1d	Alto do Monteiro	Granitóides	17	17	18	18	32	19	20	20	20	20	20	21	20	17	32	4,0
69	53195	71435	1153	AM2d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	28	27	29	29	27	27	22	18	26	18	29	3,9
70	53203	71479	1166	AM3d	Alto do Monteiro	Granitóides	16	16	16	18	18	17	16	16	17	17	17	19	17	16	19	1,0
71	53146	71539	1184	AM4n	Alto do Monteiro	Granitóides	16	17	16	16	17	16	17	17	17	17	16	17	17	16	17	0,5
72	53155	71193	1103	AM12n	Alto do Monteiro	Granitóides	12	12	12	16	12	12	14	14	12	12	12	10	13	10	16	1,5
73	56350	73894	790	Ribeira	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	40	40	40	40	0,0
74	56423	73931	786	T9f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.		128	118	125	127	124	124	125	120	124	139	148	127	118	148	8,7
75	56468	73937	785	T8f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	40	37	35	46	43	43	41	41	41	42	37	41	41	35	46	3,0
76	56780	73936	765	T11m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	24	24	25	25	26	25	24	24	27	26	27	25	25	24	27	1,1
77	56676	73826	819	T12m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	34	34	34	35	35	39	34	34	34	34	34	34	35	34	39	1,4
78	56450	73479	853	T7n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	27	27	27	29	29	29	29	29	28	29	29	29	28	27	29	0,9
79	56306	73335	870	T13n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	27	28	28	29	28	27	27	27	28	28	28	28	28	27	29	0,6
80	56665	73315	732	T1n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	31	32	31	32	32	32	-	-	-	32	32	32	32	31	32	0,4
81	56683	73363	752	T2d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	40	41	41	43	40	39	38	38	39	39	39	41	40	38	43	1,5
82	56661	73392	764	T3d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-
83	56539	73399	816	T5n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.		25	25	26	27	25	25	25	26	26	26	25	26	25	27	0,7
84	56595	73331	776	T4d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	27	27	28	28	28	26	27	27	27	27	27	29	27	26	29	0,8
85	53650	71419	1030	VC4m	Vila do Carvalho	Granitóides	16	19	16	17	22	17	17	17	16	16	17	17	17	16	22	1,7
86	53685	71516	1012	VC1m	Vila do Carvalho	Granitóides	14	16	16	16	18	15	16	16	16	16	16	16	16	14	18	0,9
87	53710	71534	1002	VC2m	Vila do Carvalho	Granitóides	16	17	16	16	21	21	21	21	22	21	21	21	20	16	22	2,4
88	53849	71602	948	VC3m	Vila do Carvalho	Granitóides	18	19	18	19	18	19	19	19	18	18	19	18	19	18	19	0,5
89	53134	71207	1104	AM13d	Alto do Monteiro	Granitóides	16	16	15	19	17	17	18	18	-	-	-	-	17	15	19	1,3
90	51638	68413	890	Mina	Secretaria Velha	Granitóides	19	22	19	22	21	22	21	22	21	22	20	19	21	19	22	1,3
91	50852	68544	1073	NH9d	Nave de Haver	Granitóides	18	18	17	20	18	25	20	20	17	17	17	17	19	17	25	2,3
92	51143	65675	927	SN5m	Souto Novo	Granitóides	20	20	24	34	26	24	25	26	24	24	32	25	26	24	34	3,6
93	52974	71447	1175	AM10d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	15	24	22	22	22	19	17	17	20	15	24	3,2

Nota: as coordenadas apresentadas são coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

ANEXO V - INVENTÁRIO DE PONTOS DE ÁGUA – pH

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
1	52130	66123	728	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	5,55	-	-	-	-	5,81	5,68	5,55	5,81	0,18
2	51874	66431	759	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	5,88	-	-	-	-	5,93	5,91	5,88	5,93	0,04
3	51424	65555	858	SN1d	Souto Novo	Granitóides	-	5,71	5,58	5,79	5,82	5,93	5,78	5,66	5,94	6,00	5,88	5,99	5,83	5,58	6,00	0,14
4	51400	65528	866	SN2d	Souto Novo	Granitóides	5,22	6,00	5,62	5,88	5,94	5,98	5,99	6,08	6,03	5,68	5,71	5,61	5,81	5,22	6,08	0,25
5	51384	65556	867	SN3d	Souto Novo	Granitóides	5,07	5,48	5,64	5,81	5,64	5,76	5,65	5,88	5,66	5,7	5,77	5,57	5,64	5,07	5,88	0,21
6	51325	65569	886	SN4d	Souto Novo	Granitóides	5,47	6,09	5,74	6,01	5,90	5,90	5,79	5,98	5,75	5,88	5,80	5,65	5,83	5,47	6,09	0,17
7	51346	65510	881	SN9d	Souto Novo	Granitóides	6,03	6,59	5,76	5,92	5,91	5,73	-	-	-	5,46	5,45	6,48	5,93	5,45	6,59	0,40
8	51301	65510	896	SN8d	Souto Novo	Granitóides	5,17	5,68	5,80	5,64	5,69	5,71	5,67	5,78	5,80	5,88	5,85	5,50	5,68	5,17	5,88	0,19
9	51269	65499	908	SN7m	Souto Novo	Granitóides	5,14	5,82	6,23	5,95	6,41	6,31	6,02	6,11	6,63	6,24	6,30	5,99	6,10	5,14	6,63	0,37
10	51254	65466	912	SN6d	Souto Novo	Granitóides	5,10	6,16	6,17	5,60	5,96	5,77	-	-	-	5,67	5,56	5,36	5,71	5,1	6,17	0,36
11	50533	65438	885	SN10m	Souto Novo	Xisto Mosq. e Metag.	5,25	5,71	5,59	6,1	6,12	5,85	5,89	5,65	5,75	5,87	5,67	5,79	5,77	5,25	6,12	0,23
12	50864	66695	1040	P3m	Pião	Granitóides	5,43	6,43	5,63	6,36	6,17	6,23	6,11	5,86	6,17	5,89	5,97	5,87	6,01	5,43	6,43	0,29
13	50900	66734	1017	P4m	Pião	Granitóides	5,53	6,05	5,66	6,23	6,17	6,18	6,14	5,81	6,09	6,11	6,00	5,78	5,98	5,53	6,23	0,23
14	50743	67120	1049	P2m	Pião	Granitóides	5,58	5,77	5,80	6,21	6,53	6,17	6,13	5,95	6,02	6,14	6,03	6,06	6,03	5,58	6,53	0,24
15	50725	67149	1054	P1m	Pião	Granitóides	5,25	5,71	5,59	6,10	6,12	5,85	5,89	5,65	5,75	5,87	5,67	5,79	5,77	5,25	6,12	0,23
16	50736	67254	1073	P10f	Pião	Granitóides	5,24	-	5,45	5,68	5,61	-	-	-	-	5,67	5,88	5,84	5,62	5,24	5,88	0,22
17	50739	67256	1073	P11f	Pião	Granitóides	-	5,43	5,37	5,49	5,53	5,52	5,69	5,49	5,51	5,45	5,48	5,64	5,51	5,37	5,69	0,09
18	50786	67256	1060	Nascente	Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	5,95	-	-	-	-	5,55	5,75	5,55	5,95	0,28
19	50978	67422	1025	P5m	Pião	Granitóides	5,43	5,45	5,52	5,70	5,77	5,63	5,86	5,99	5,87	5,55	5,78	5,78	5,69	5,43	5,99	0,18
20	50904	67142	1000	P7m	Pião	Granitóides	5,76	5,86	6,02	6,99	6,55	6,58	6,54	6,63	6,37	6,21	6,22	5,78	6,29	5,76	6,99	0,39
21	50959	67087	971	P8m	Pião	Granitóides	-	5,67	5,87	6,25	6,07	5,91	6,00	6,25	5,90	6,01	6,00	5,79	5,97	5,67	6,25	0,18
22	50907	67026	1003	P9m	Pião	Granitóides	5,15	5,38	5,43	5,40	6,06	5,95	5,99	5,57	5,66	5,88	5,67	5,71	5,65	5,15	6,06	0,28
23	50817	67717	1088	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,68	5,68	5,68	5,68	-
24	50809	68059	1090	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,79	5,79	5,79	5,79	-
25	50896	68155	1064	NH7m	Nave de Haver	Granitóides	5,99	5,98	6,13	6,77	6,51	6,54	6,41	6,33	6,01	5,87	5,64	6,36	6,21	5,64	6,77	0,33
26	50889	68184	1075	NH6d	Nave de Haver	Granitóides	-	5,94	6,13	7,42	6,28	6,58	6,11	6,09	6,45	6,23	6,30	6,18	6,34	5,94	7,42	0,40
27	50953	68214	1062	NH8m	Nave de Haver	Granitóides	5,96	6,24	6,38	6,52	6,63	6,21	6,12	6,09	5,97	5,99	5,87	6,63	6,22	5,87	6,63	0,27
28	50837	68581	1072	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,87	5,87	5,87	5,87	-
29	51353	68809	1009	NH10m	Nave de Haver	Granitóides	5,46	5,96	5,99	6,00	5,64	5,87	5,85	5,68	5,77	5,82	5,97	5,78	5,82	5,46	6,00	0,16
30	51178	68721	1012	NH11m	Nave de Haver	Granitóides	5,05	5,64	5,69	5,58	5,57	5,65	5,47	5,77	5,77	5,68	5,45	5,52	5,57	5,05	5,77	0,19
31	51058	68572	1012	NH12m	Nave de Haver	Granitóides	5,48	5,54	5,59	6,30	6,55	6,43	6,42	6,24	6,11	6,05	6,24	5,90	6,07	5,48	6,55	0,37
32	51281	68281	999	NH13n	Nave de Haver	Granitóides	5,47	5,72	5,68	6,31	6,24	6,12	6,03	6,01	6,03	6,12	6,24	5,72	5,97	5,47	6,31	0,27
33	51281	68658	995	NH14n	Nave de Haver	Granitóides	5,7	6,04	5,94	7,16	6,38	6,03	6,3	6,21	5,87	5,68	5,97	5,29	6,05	5,29	7,16	0,46
34	51569	68307	855	NH5m	Nave de Haver	Granitóides	5,38	5,71	5,61	6,05	5,85	5,68	5,80	5,73	5,71	5,80	5,89	6,03	5,77	5,38	6,05	0,18
35	51251	68464	930	NH15n	Nave de Haver	Granitóides	5,55	5,77	5,44	6,31	6,04	6,00	6,19	6,02	6,00	6,14	6,10	5,91	5,96	5,44	6,31	0,26
36	51244	68485	935	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	5,70	6,04	5,94	7,16	6,38	6,03	6,30	6,21	5,87	5,68	5,97	5,29	6,05	5,29	7,16	0,46
37	51434	68018	862	NH4n	Nave de Haver	Granitóides	5,22	5,40	5,54	5,67	5,56	5,74	5,72	5,78	5,65	5,98	5,66	5,50	5,62	5,22	5,98	0,19
38	51297	67830	935	NH3m	Nave de Haver	Granitóides	4,97	5,36	5,40	5,65	5,56	5,70	5,80	5,62	5,55	5,68	5,68	5,82	5,57	4,97	5,82	0,23
39	51239	67674	962	NH2m	Nave de Haver	Granitóides	5,10	5,47	5,35	6,30	5,63	5,78	5,89	5,50	5,68	5,80	5,64	5,58	5,64	5,1	6,30	0,30
40	51164	67610	979	NH1m	Nave de Haver	Granitóides	5,89	5,79	5,10	6,16	-	-	-	5,97	5,77	5,61	5,62	5,86	5,75	5,1	6,16	0,30
41	51908	69007	958	Nascente	Sete Fontes	Granitóides	-	-	-	-	-	-	6,01	-	-	-	-	6,00	6,01	6	6,01	0,01
42	51946	69164	940	RN12m	Sete Fontes	Granitóides	5,52	6,00	6,02	6,87	6,38	6,00	6,01	6,12	5,77	5,82	5,74	5,77	6,00	5,52	6,87	0,35
43	51599	69583	995	RN5m	Rosa Negra	Granitóides	5,66	5,95	6,05	6,09	6,42	6,11	6,23	6,02	6,00	5,73	6,08	6,07	6,03	5,66	6,42	0,20
44	51583	69603	994	RN4m	Rosa Negra	Granitóides	5,63	5,79	6,15	6,20	6,32	6,05	6,77	6,62	5,88	5,79	5,93	6,20	6,11	5,63	6,77	0,34
45	51502	69643	1032	RN3m	Rosa Negra	Granitóides	5,76	5,86	6,02	6,99	6,55	6,58	6,54	6,63	6,37	6,21	6,22	5,78	6,29	5,76	6,99	0,39
46	51351	69593	1088	RN1m	Rosa Negra	Granitóides	5,78	5,96	6,09	6,14	6,29	6,29	6,14	6,45	5,92	6,00	6,11	5,93	6,09	5,78	6,45	0,19
47	51404	69691	1032	RN2m	Rosa Negra	Granitóides	5,53	5,86	6,04	5,96	6,22	6,28	6,08	6,26	5,99	6,03	6,12	5,76	6,01	5,53	6,28	0,22
48	51340	69715	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	5,8	5,90	5,8	6,00	0,14

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
49	51468	69990	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	5,98	-	-	-	-	5,86	5,92	5,86	5,98	0,08
50	51565	69992	1040	RN11m	Rosa Negra	Granitóides	5,05	5,64	5,69	5,58	5,57	5,65	5,47	5,77	5,77	5,68	5,45	5,52	5,57	5,05	5,77	0,19
51	51469	70068	1081	RN10m	Rosa Negra	Granitóides	5,74	5,68	5,96	6,10	7,23	6,08	5,99	6,12	6,21	6,02	6,11	6,30	6,13	5,68	7,23	0,39
52	51453	70173	1121	RN9m	Rosa Negra	Granitóides	5,34	5,40	5,82	5,77	5,89	5,71	5,86	6,00	5,78	5,88	5,81	6,21	5,79	5,34	6,21	0,23
53	51584	70203	1118	RN8m	Rosa Negra	Granitóides	5,43	5,52	6,40	5,77	6,00	5,83	6,12	6,22	6,20	6,21	6,01	6,11	5,99	5,43	6,40	0,29
54	51747	70793	1251	RN6m	Rosa Negra	Granitóides	5,57	5,56	5,89	5,64	6,06	5,86	6,03	6,31	6,20	6,21	6,11	5,92	5,95	5,56	6,31	0,25
55	51796	70808	1235	RN7m	Rosa Negra	Granitóides	5,70	5,64	5,89	5,68	6,11	6,10	5,98	6,18	6,11	6,18	6,17	6,27	6,00	5,64	6,27	0,22
56	52226	70524	1028	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	5,64	-	-	-	-	5,96	5,80	5,64	5,96	0,23
57	52727	70649	1053	Nascente	Q[ta]. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	6,12	-	-	-	-	6,00	6,06	6,00	6,12	0,08
58	52309	69863	880	Charca	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	6,4	-	-	-	-	5,71	6,06	5,71	6,40	0,49
59	52903	70930	1076	Ribeira	Q[ta]. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	5,55	-	-	-	-	5,55	5,55	5,55	5,55	0,00
60	53216	71033	1050	Ribeira	Caminho Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	5,51	-	-	-	-	5,83	5,67	5,51	5,83	0,23
61	52731	71610	1265	AM8m	Alto do Monteiro	Granitóides	5,82	-	-	-	6,25	6,16	5,92	6,59	6,33	6,12	6,36	6,96	6,28	5,82	6,96	0,34
62	52875	71424	1178	Ribeira	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	6,36	-	-	-	-	6,04	6,20	6,04	6,36	0,23
63	52934	71372	1156	AM9d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	5,96	6,09	6,05	6,20	6,33	6,12	6,23	6,60	6,20	5,96	6,60	0,20
64	53109	71461	1174	AM5d	Alto do Monteiro	Granitóides	5,45	5,42	5,94	5,46	5,77	5,94	5,62	5,88	5,92	5,88	5,85	5,80	5,74	5,42	5,94	0,20
65	53055	71268	1120	AM11d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	6,29	5,93	6,03	6,08	6,00	5,92	6,13	5,61	6,00	5,61	6,29	0,20
66	53085	71403	1155	AM7d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	5,96	6,34	6,03	6,11	5,87	6,00	6,08	5,94	6,04	5,87	6,34	0,14
67	53126	71401	1137	AM6n	Alto do Monteiro	Granitóides	5,09	5,55	5,63	5,53	5,73	5,84	5,76	5,91	5,99	5,99	5,79	5,92	5,73	5,09	5,99	0,25
68	53173	71359	1125	AM1d	Alto do Monteiro	Granitóides	5,55	5,53	5,85	5,58	6,04	5,84	5,76	5,91	5,99	5,99	5,79	5,92	5,81	5,53	6,04	0,18
69	53195	71435	1153	AM2d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	6,30	6,09	6,07	6,12	6,12	6,00	5,98	5,72	6,05	5,72	6,30	0,17
70	53203	71479	1166	AM3d	Alto do Monteiro	Granitóides	5,40	5,66	5,39	5,67	6,40	5,85	6,11	6,24	6,20	6,00	5,86	5,86	5,89	5,39	6,40	0,32
71	53146	71539	1184	AM4n	Alto do Monteiro	Granitóides	5,32	5,57	5,83	5,38	5,96	5,84	5,86	5,97	5,99	5,90	5,93	5,54	5,76	5,32	5,99	0,24
72	53155	71193	1103	AM12n	Alto do Monteiro	Granitóides	6,01	6,03	6,63	7,60	6,74	6,21	5,97	6,11	6,01	6,11	5,96	6,89	6,36	5,96	7,60	0,51
73	56350	73894	790	Ribeira	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	6,67	-	-	-	-	6,77	6,72	6,67	6,77	0,07
74	56423	73931	786	T9f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	6,60	6,07	6,31	6,53	6,40	6,60	6,73	6,12	6,23	6,49	6,27	6,40	6,07	6,73	0,21
75	56468	73937	785	T8f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,50	5,82	5,93	5,82	6,09	5,95	6,05	6,12	6,04	6,03	6,12	6,02	5,96	5,5	6,12	0,18
76	56780	73936	765	T11m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,38	5,86	5,61	6,30	6,33	6,12	6,19	6,24	5,80	5,94	6,20	6,06	6,00	5,38	6,33	0,29
77	56676	73826	819	T12m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,81	6,10	6,12	6,51	6,47	6,52	6,34	6,51	6,23	6,00	6,04	6,38	6,25	5,81	6,52	0,24
78	56450	73479	853	T7n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,14	5,37	5,31	5,66	5,74	5,58	5,43	5,67	5,77	6,02	5,83	5,65	5,60	5,14	6,02	0,25
79	56306	73335	870	T13n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,52	5,45	5,40	6,06	5,99	5,86	5,80	6,03	5,88	5,96	6,03	5,90	5,82	5,4	6,06	0,24
80	56665	73315	732	T1n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,50	5,87	5,85	6,25	6,30	6,29	-	-	-	5,99	6,03	5,97	6,01	5,5	6,30	0,26
81	56683	73363	752	T2d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,60	5,97	5,79	6,07	6,37	6,15	6,40	6,42	6,33	6,11	6,12	6,20	6,13	5,6	6,42	0,25
82	56661	73392	764	T3d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0,00	-
83	56539	73399	816	T5n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	5,25	5,60	5,78	6,00	5,85	5,98	6,14	6,01	5,87	6,00	5,77	5,84	5,25	6,14	0,25
84	56595	73331	776	T4d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	5,87	6,34	5,78	6,11	6,77	6,32	6,67	6,71	6,55	6,09	5,88	6,84	6,33	5,78	6,84	0,38
85	53650	71419	1030	VC4m	Vila do Carvalho	Granitóides	5,17	5,48	5,44	5,74	5,83	5,62	5,88	5,97	6,07	6,50	6,33	6,24	5,86	5,17	6,50	0,39
86	53685	71516	1012	VC1m	Vila do Carvalho	Granitóides	5,57	6,16	5,68	5,79	6,21	5,75	5,78	5,87	5,44	6,48	6,23	5,69	5,89	5,44	6,48	0,31
87	53710	71534	1002	VC2m	Vila do Carvalho	Granitóides	5,32	5,57	5,83	5,38	6,23	5,84	5,98	6,05	6,00	6,33	6,11	6,05	5,89	5,32	6,33	0,32
88	53849	71602	948	VC3m	Vila do Carvalho	Granitóides	5,45	5,66	5,79	6,25	6,31	5,91	6,01	6,24	6,00	6,13	6,00	6,03	5,98	5,45	6,31	0,25
89	53134	71207	1104	AM13d	Alto do Monteiro	Granitóides	5,70	5,67	6,12	7,18	6,25	5,85	5,68	5,78	-	-	-	-	6,03	5,67	7,18	0,51
90	51638	68413	890	Mina	Secretaria Velha	Granitóides	5,38	5,96	5,89	5,71	5,90	6,09	6,20	6,04	5,66	5,78	6,01	6,04	5,89	5,38	6,20	0,23
91	50852	68544	1073	NH9d	Nave de Haver	Granitóides	5,07	5,40	5,50	5,83	5,70	5,56	5,54	5,66	5,59	5,69	5,47	5,86	5,57	5,07	5,86	0,21
92	51143	65675	927	SN5m	Souto Novo	Granitóides	-	-	5,41	5,78	5,80	5,82	5,90	6,08	5,64	6,00	5,61	5,62	5,77	5,41	6,08	0,20
93	52974	71447	1175	AM10d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	6,08	6,28	6,11	6,14	6,01	6,00	6,02	6,05	6,09	6	6,28	0,09

Nota: as coordenadas apresentadas são coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

ANEXO VI - INVENTÁRIO DE PONTOS DE ÁGUA – TEMPERATURA (ºC)

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
1	52130	66123	728	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	14,4	-	-	-	-	12,4	13,4	12,4	14,4	1,4
2	51874	66431	759	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	15,2	-	-	-	-	12,1	13,7	12,1	15,2	2,2
3	51424	65555	858	SN1d	Souto Novo	Granitóides	-	10,5	11,3	11,5	12,7	12,5	12,4	12,8	12,5	12,4	12,4	11,1	12,0	10,5	12,8	0,8
4	51400	65528	866	SN2d	Souto Novo	Granitóides	9,9	10,2	11,4	11,8	12,3	12,3	12,3	12,9	12,5	11,5	11,6	11,3	11,7	9,9	12,9	0,9
5	51384	65556	867	SN3d	Souto Novo	Granitóides	10,6	10,8	12,0	12,3	12,9	13,9	13,8	14,2	13,2	14,1	12,4	11,9	12,7	10,6	14,2	1,2
6	51325	65569	886	SN4d	Souto Novo	Granitóides	11,6	10,2	11,7	12,1	12,7	14,0	13,3	14,2	13,4	13,1	13,2	12,5	12,7	10,2	14,2	1,1
7	51346	65510	881	SN9d	Souto Novo	Granitóides	10,6	8,6	10,8	11,4	12,5	13,5	-	-	-	12,4	12,3	11,6	11,5	8,6	13,5	1,4
8	51301	65510	896	SN8d	Souto Novo	Granitóides	11,6	10,6	12,4	12,6	12,4	12,9	12,7	13,5	13,0	12,4	12,8	12,1	12,4	10,6	13,5	0,7
9	51269	65499	908	SN7m	Souto Novo	Granitóides	11,1	11,2	11,7	12,7	13,5	13,1	13,4	13,9	13,2	13,0	11,8	11,6	12,5	11,1	13,9	1,0
10	51254	65466	912	SN6d	Souto Novo	Granitóides	10,9	9,3	11,0	12,1	13,0	13,0	-	-	-	13,4	13,0	11,7	11,9	9,3	13,4	1,3
11	50533	65438	885	SN10m	Souto Novo	Xisto Mosq. e Metag.	10,6	10,7	11,4	11,2	12	11,8	12,6	13,4	12,4	12,1	11	10,8	11,7	10,6	13,4	0,9
12	50864	66695	1040	P3m	Pião	Granitóides	11,2	9,5	11,8	11,7	12,5	12,8	13,2	12,9	12,6	11,4	11,1	10,8	11,8	9,5	13,2	1,1
13	50900	66734	1017	P4m	Pião	Granitóides	11,2	10,5	11,8	11,4	11,7	11,7	12,9	12,8	12,0	11,0	11,0	11,2	11,6	10,5	12,9	0,7
14	50743	67120	1049	P2m	Pião	Granitóides	11,0	11,0	11,5	12,1	12,3	11,7	11,7	12,6	11,8	12,1	11,4	11,2	11,7	11,0	12,6	0,5
15	50725	67149	1054	P1m	Pião	Granitóides	11,3	10,9	12,0	11,6	11,9	12,8	12,9	13,2	12,6	11,1	11,4	11,5	11,9	10,9	13,2	0,8
16	50736	67254	1073	P10f	Pião	Granitóides	11,0	-	10,7	10,2	11,3	-	-	-	-	11,4	11,1	10,8	10,9	10,2	11,4	0,4
17	50739	67256	1073	P11f	Pião	Granitóides	-	10,9	12,0	11,6	12,2	12,3	12,1	11,8	12,4	11,8	11,0	11,3	11,8	10,9	12,4	0,5
18	50786	67256	1060	Nascente	Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	12,6	-	-	-	-	11,0	11,8	11,0	12,6	1,1
19	50978	67422	1025	P5m	Pião	Granitóides	9,7	9,9	11,5	11,6	13,0	12,7	12,6	12,5	12,4	12,1	12,0	11,4	11,8	9,7	13,0	1,1
20	50904	67142	1000	P7m	Pião	Granitóides	10,7	10,3	11,4	11,6	12,2	11,7	12,1	13,0	12,7	12,4	11,4	11,1	11,7	10,3	13,0	0,8
21	50959	67087	971	P8m	Pião	Granitóides	-	11,0	11,0	11,1	11,3	11,2	12,0	11,6	11,2	11,0	11,6	11,1	11,3	11,0	12,0	0,3
22	50907	67026	1003	P9m	Pião	Granitóides	10,6	10,7	11,4	11,2	12,0	11,8	12,6	11,4	12,4	12,1	11,0	10,8	11,5	10,6	12,6	0,7
23	50817	67717	1088	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,0	11,0	11,0	11,0	-
24	50809	68059	1090	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,2	11,2	11,2	11,2	-
25	50896	68155	1064	NH7m	Nave de Haver	Granitóides	11,2	10,6	11,2	10,8	11,5	11,1	11,6	11,9	11,8	11,8	10,4	10,8	11,2	10,4	11,9	0,5
26	50889	68184	1075	NH6d	Nave de Haver	Granitóides	-	8,7	12,5	11,4	13,9	13,0	12,0	13,6	13,1	12,2	11,2	10,6	12,0	8,7	13,9	1,5
27	50953	68214	1062	NH8m	Nave de Haver	Granitóides	11,0	10,5	11,5	11,2	12,0	11,7	11,5	12,0	12,3	11,5	11,0	10,9	11,4	10,5	12,3	0,5
28	50837	68581	1072	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,4	11,4	11,4	11,4	-
29	51353	68809	1009	NH10m	Nave de Haver	Granitóides	11,6	11,0	11,8	12,3	12,5	12,6	12,5	12,2	12,3	12,0	12,1	11,8	12,1	11,0	12,6	0,5
30	51178	68721	1012	NH11m	Nave de Haver	Granitóides	11,3	10,8	11,6	11,8	13,0	12,1	12,2	12,4	11,5	11,6	11,4	11,2	11,7	10,8	13,0	0,6
31	51058	68572	1012	NH12m	Nave de Haver	Granitóides	10,9	11,2	11,6	11,1	11,5	11,6	11,9	11,9	11,4	11,4	11,1	11,3	11,4	10,9	11,9	0,3
32	51281	68281	999	NH13n	Nave de Haver	Granitóides	11,1	10,4	11,0	11,2	11,9	12,1	14,3	14,8	13,4	12,1	11,0	11,3	12,1	10,4	14,8	1,4
33	51281	68658	995	NH14n	Nave de Haver	Granitóides	10,5	10	11,7	11,7	12	12,1	12,9	13,1	12,5	12,4	11,1	10,4	11,7	10	13,1	1,0
34	51569	68307	855	NH5m	Nave de Haver	Granitóides	12,0	12,0	12,1	12,0	12,4	12,6	12,8	12,6	12,8	12,2	11,5	11,1	12,2	11,1	12,8	0,5
35	51251	68464	930	NH15n	Nave de Haver	Granitóides	11,4	12,0	11,8	11,6	12,4	12,4	13,0	13,4	13,4	13,2	12,4	11,8	12,4	11,4	13,4	0,7
36	51244	68485	935	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	-	-	-	-	-	-	6,3	-	-	-	-	5,8	6,1	5,8	6,3	0,4
37	51434	68018	862	NH4n	Nave de Haver	Granitóides	10,5	10,3	10,8	10,6	11,7	11,8	11,8	12,2	12,4	11,8	11,4	11,0	11,4	10,3	12,4	0,7
38	51297	67830	935	NH3m	Nave de Haver	Granitóides	11,4	11,0	12,3	11,5	12,4	12,3	12,3	12,5	12,2	12,0	12,1	11,6	12,0	11,0	12,5	0,5
39	51239	67674	962	NH2m	Nave de Haver	Granitóides	11,0	10,4	11,0	10,8	12,0	11,8	12,1	11,9	12,4	11,3	11,3	11,1	11,4	10,4	12,4	0,6
40	51164	67610	979	NH1m	Nave de Haver	Granitóides	11,3	10,0	12,3	13,2	-	-	-	11,3	12,6	12,1	11,0	10,5	11,6	10,0	13,2	1,0
41	51908	69007	958	Nascente	Sete Fontes	Granitóides	-	-	-	-	-	-	12,4	-	-	-	-	10,8	11,6	10,8	12,4	1,1
42	51946	69164	940	RN12m	Sete Fontes	Granitóides	11,1	10,3	11,9	13,3	12,6	12,5	12,8	12,3	12,4	12,1	11,5	11,4	12,0	10,3	13,3	0,8
43	51599	69583	995	RN5m	Rosa Negra	Granitóides	9,7	7,9	9,5	11,0	10,7	10,6	10,5	11,1	11,0	11,2	10,9	9,5	10,3	7,9	11,2	1,0
44	51583	69603	994	RN4m	Rosa Negra	Granitóides	9,6	9,3	10,4	10,9	10,8	10,8	10,9	11,0	12,1	11,0	10,8	10,9	10,7	9,3	12,1	0,7
45	51502	69643	1032	RN3m	Rosa Negra	Granitóides	10,7	10,3	11,4	11,6	12,2	11,7	12,1	13	12,7	12,4	11,4	11,1	11,7	10,3	13	0,8
46	51351	69593	1088	RN1m	Rosa Negra	Granitóides	9,4	8,0	10,4	11,2	11,3	11,7	11,7	12,2	12,4	11,2	11,1	8,9	10,8	8,0	12,4	1,4
47	51404	69691	1032	RN2m	Rosa Negra	Granitóides	10,6	8,3	11,2	10,8	11,0	11,5	11,2	13,0	12,4	11,3	11,3	10,6	11,1	8,3	13,0	1,1
48	51340	69715	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	10,6	10,8	10,6	11,0	0,3

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
49	51468	69990	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	10,4	10,7	10,4	11,0	0,4
50	51565	69992	1040	RN11m	Rosa Negra	Granitóides	11,3	10,8	11,6	11,8	13,0	12,1	12,2	12,4	11,5	11,6	11,4	11,2	11,7	10,8	13	0,6
51	51469	70068	1081	RN10m	Rosa Negra	Granitóides	11,7	11,3	12,1	12,6	12,6	12,0	12,1	12,8	12,6	11,1	11,5	10,4	11,9	10,4	12,8	0,7
52	51453	70173	1121	RN9m	Rosa Negra	Granitóides	12,0	11,8	12,7	13,1	13,1	12,7	12,3	12,5	12,1	11,0	11,5	11,1	12,2	11,0	13,1	0,7
53	51584	70203	1118	RN8m	Rosa Negra	Granitóides	11,6	11,9	12,7	13,1	12,7	12,3	12,2	12,5	12,1	12,0	11,3	10,9	12,1	10,9	13,1	0,6
54	51747	70793	1251	RN6m	Rosa Negra	Granitóides	11,2	11,1	12,0	12,1	13,1	11,9	12,1	13,5	12,4	12,0	11,1	9,9	11,9	9,9	13,5	1,0
55	51796	70808	1235	RN7m	Rosa Negra	Granitóides	9,6	10,2	9,7	10,3	10,9	10,9	11,3	11,4	11,4	11,1	11,0	9,8	10,6	9,6	11,4	0,7
56	52226	70524	1028	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	10,2	-	-	-	-	10,2	10,2	10,2	10,2	0,0
57	52727	70649	1053	Nascente	Q[ta]. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	11,2	-	-	-	-	9,6	10,4	9,6	11,2	1,1
58	52309	69863	880	Charca	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	14,1	-	-	-	-	11,9	13,0	11,9	14,1	1,6
59	52903	70930	1076	Ribeira	Q[ta]. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	10,7	10,9	10,7	11,0	0,2
60	53216	71033	1050	Ribeira	Caminho Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	11,1	-	-	-	-	10,0	10,6	10,0	11,1	0,8
61	52731	71610	1265	AM8m	Alto do Monteiro	Granitóides	14,1	-	-	-	17,9	17,5	-	17,6	15,2	14,3	13,6	12,0	16,1	12,0	22,3	3,1
62	52875	71424	1178	Ribeira	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	12,6	-	-	-	-	11,0	11,8	11,0	12,6	1,1
63	52934	71372	1156	AM9d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	14,3	13,9	16,7	15,4	14,2	13,5	12,9	11,9	14,1	11,9	16,7	1,5
64	53109	71461	1174	AM5d	Alto do Monteiro	Granitóides	11,9	11,2	12,3	12,0	14,4	14,7	14,6	14,8	14,0	14,0	11,4	11,7	13,1	11,2	14,8	1,4
65	53055	71268	1120	AM11d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	13,1	11,9	13,9	14,1	13,4	13,1	12,4	11,6	12,9	11,6	14,1	0,9
66	53085	71403	1155	AM7d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	14,3	14,1	15,2	15,3	14,7	13,6	12,1	11,4	13,8	11,4	15,3	1,4
67	53126	71401	1137	AM6n	Alto do Monteiro	Granitóides	11,6	10,8	11,7	12,0	12,6	12,1	13,0	13,6	13,9	12,0	11,6	11,5	12,2	10,8	13,9	0,9
68	53173	71359	1125	AM1d	Alto do Monteiro	Granitóides	10,9	7,5	11,3	10,8	14,8	12,1	13,0	13,6	13,9	12,0	11,6	11,5	11,9	7,5	14,8	1,9
69	53195	71435	1153	AM2d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	12,9	14,1	15,3	15,4	14,7	14,0	13,5	11,3	13,9	11,3	15,4	1,4
70	53203	71479	1166	AM3d	Alto do Monteiro	Granitóides	11,2	11,0	11,1	11,5	12,8	12,8	13,1	13,5	14,1	13,1	11,6	10,7	12,2	10,7	14,1	1,1
71	53146	71539	1184	AM4n	Alto do Monteiro	Granitóides	10,8	8,6	11,6	11,5	13,1	13,9	14,8	14,5	14,5	13,4	10,5	10,9	12,3	8,6	14,8	2,0
72	53155	71193	1103	AM12n	Alto do Monteiro	Granitóides	11,1	8,7	10,7	11,8	13,3	13,6	15,1	15,4	14,1	13,5	13,0	8,9	12,4	8,7	15,4	2,2
73	56350	73894	790	Ribeira	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	16,3	-	-	-	-	9,2	12,8	9,2	16,3	5,0
74	56423	73931	786	T9f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	10,9	12,5	11,9	12,7	12,9	12,9	13,2	12,6	12,4	12,0	11,4	12,3	10,9	13,2	0,7
75	56468	73937	785	T8f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	7,7	9,1	11,4	11,1	11,9	12,8	12,0	12,8	12,2	12,3	11,4	10,6	11,3	7,7	12,8	1,5
76	56780	73936	765	T11m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	10,9	11,9	12,4	12,2	12,6	13,1	12,4	13,1	12,9	13,2	12,0	12,0	12,4	10,9	13,2	0,7
77	56676	73826	819	T12m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	10,9	11,0	12,3	12,1	12,6	13,1	12,7	13,1	13,1	12,8	11,7	11,9	12,3	10,9	13,1	0,8
78	56450	73479	853	T7n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	11,0	12,0	12,8	13,1	13,3	13,5	13,6	14,2	12,9	12,8	13,2	13,1	13,0	11,0	14,2	0,8
79	56306	73335	870	T13n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	12,2	12,5	13,1	13,4	14,3	14,0	13,4	13,7	13,0	12,7	12,7	12,0	13,1	12,0	14,3	0,7
80	56665	73315	732	T1n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	13,2	13,7	13,9	14,1	14,7	15,9	-	-	-	13,8	12,7	13,7	14,0	12,7	15,9	0,9
81	56683	73363	752	T2d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	12,7	13,1	13,7	14,3	16,1	17,0	17,5	18,0	13,2	13,0	12,4	12,8	14,5	12,4	18,0	2,1
82	56661	73392	764	T3d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-
83	56539	73399	816	T5n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	13,0	13,1	13,3	14,0	14,0	14,1	14,3	12,6	13,0	12,4	11,7	13,2	11,7	14,3	0,8
84	56595	73331	776	T4d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	12,6	12,5	13,7	14,1	14,3	14,7	14,8	15,2	13,4	12,7	12,7	13,1	13,7	12,5	15,2	1,0
85	53650	71419	1030	VC4m	Vila do Carvalho	Granitóides	11,8	9,5	11,8	15,7	16,6	13,9	14,2	14,4	13,0	13,5	12,0	11,0	13,1	9,5	16,6	2,0
86	53685	71516	1012	VC1m	Vila do Carvalho	Granitóides	11,8	8,8	13,5	14,6	15,8	14,3	13,6	14,0	13,4	13,5	12,1	12,0	13,1	8,8	15,8	1,8
87	53710	71534	1002	VC2m	Vila do Carvalho	Granitóides	10,8	8,6	11,6	11,5	12,8	12,4	12,3	13,1	13,0	12,3	11,1	11,5	11,8	8,6	13,1	1,2
88	53849	71602	948	VC3m	Vila do Carvalho	Granitóides	11,4	9,8	11,7	12,0	12,7	12,5	12,4	12,6	12,4	12,2	11,0	11,7	11,9	9,8	12,7	0,8
89	53134	71207	1104	AM13d	Alto do Monteiro	Granitóides	12,5	10,1	11,7	14,0	13,8	13,5	12,4	13,4	-	-	-	-	12,7	10,1	14,0	1,3
90	51638	68413	890	Mina	Secretaria Velha	Granitóides	10,8	11,2	11,6	12,3	14,0	15,0	15,6	15,7	13,1	12,5	12,4	11,0	12,9	10,8	15,7	1,8
91	50852	68544	1073	NH9d	Nave de Haver	Granitóides	10,7	9,9	10,6	10,4	10,9	11,0	11,7	12,1	12,0	11,8	11,4	10,2	11,1	9,9	12,1	0,7
92	51143	65675	927	SN5m	Souto Novo	Granitóides	-	-	12,1	12,3	13,2	12,9	13,4	13,9	12,8	12,4	12,0	11,8	12,7	11,8	13,9	0,7
93	52974	71447	1175	AM10d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	13,1	15,6	15,0	16,7	15,4	14,5	12,2	11,5	14,3	11,5	16,7	1,8

Nota: as coordenadas apresentadas são coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

ANEXO VII - INVENTÁRIO DE PONTOS DE ÁGUA – Eh (mV)

Ref.ª	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
1	52130	66123	728	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	88	-	-	-	-	53	71	53	88	25
2	51874	66431	759	Charca	Qta. da Serra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	61	-	-	-	-	71	66	61	71	7
3	51424	65555	858	SN1d	Souto Novo	Granitóides	-	71	69	51	50	41	45	46	40	40	37	44	49	37	71	11
4	51400	65528	866	SN2d	Souto Novo	Granitóides	101	56	66	45	43	41	38	44	34	51	53	54	52	34	101	18
5	51384	65556	867	SN3d	Souto Novo	Granitóides	109	85	66	50	60	53	57	68	55	51	55	56	64	50	109	17
6	51325	65569	886	SN4d	Souto Novo	Granitóides	87	49	59	39	46	44	49	66	50	55	49	53	54	39	87	13
7	51346	65510	881	SN9d	Souto Novo	Granitóides	56	22	58	43	45	53	-	-	-	66	68	77	54	22	77	16
8	51301	65510	896	SN8d	Souto Novo	Granitóides	104	57	54	59	58	55	56	57	48	44	46	59	58	44	104	15
9	51269	65499	908	SN7m	Souto Novo	Granitóides	106	65	32	41	16	21	37	46	10	42	21	34	39	10	106	26
10	51254	65466	912	SN6d	Souto Novo	Granitóides	107	50	47	61	46	52	-	-	-	66	61	67	62	46	107	19
11	50533	65438	885	SN10m	Souto Novo	Xisto Mosq. e Metag.	80	68	56	24	10	32	34	37	35	33	34	29	39	10	80	19
12	50864	66695	1040	P3m	Pião	Granitóides	91	34	66	21	30	24	29	42	27	24	36	39	39	21	91	20
13	50900	66734	1017	P4m	Pião	Granitóides	84	52	64	24	30	27	29	45	31	40	37	44	42	24	84	18
14	50743	67120	1049	P2m	Pião	Granitóides	80	68	56	24	10	32	34	37	35	33	34	29	39	10	80	19
15	50725	67149	1054	P1m	Pião	Granitóides	91	72	68	34	32	43	44	56	50	54	55	44	54	32	91	17
16	50736	67254	1073	P10f	Pião	Granitóides	100	-	75	56	60	-	-	-	-	45	44	41	60	41	100	21
17	50739	67256	1073	P11f	Pião	Granitóides	-	88	80	68	66	64	56	64	64	66	65	50	66	50	88	10
18	50786	67256	1060	Nascente	Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	34	36	34	37	2
19	50978	67422	1025	P5m	Pião	Granitóides	88	85	72	55	53	45	46	36	43	64	47	64	58	36	88	17
20	50904	67142	1000	P7m	Pião	Granitóides	73	63	44	17	9	7	11	3	16	45	41	44	31	3	73	24
21	50959	67087	971	P8m	Pião	Granitóides	-	74	56	25	36	38	40	19	41	40	40	45	41	19	74	15
22	50907	67026	1003	P9m	Pião	Granitóides	105	89	76	78	79	77	78	59	66	70	41	47	72	41	105	17
23	50817	67717	1088	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	49	49	49	-
24	50809	68059	1090	Ribeira	Estrada do Pião	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	58	58	58	-
25	50896	68155	1064	NH7m	Nave de Haver	Granitóides	57	56	38	4	11	9	11	24	35	42	24	12	27	4	57	18
26	50889	68184	1075	NH6d	Nave de Haver	Granitóides	-	58	37	43	24	23	25	33	34	42	36	22	34	22	58	11
27	50953	68214	1062	NH8m	Nave de Haver	Granitóides	59	41	23	8	4	27	29	36	36	42	41	8	30	4	59	17
28	50837	68581	1072	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74	74	74	74	-
29	51353	68809	1009	NH10m	Nave de Haver	Granitóides	88	57	65	4	61	46	46	53	55	54	55	45	52	4	88	19
30	51178	68721	1012	NH11m	Nave de Haver	Granitóides	111	76	62	63	64	58	68	48	50	53	53	59	64	48	111	17
31	51058	68572	1012	NH12m	Nave de Haver	Granitóides	87	81	68	11	9	14	18	23	42	35	38	40	39	9	87	27
32	51281	68281	999	NH13n	Nave de Haver	Granitóides	87	71	62	23	29	30	35	41	54	56	55	47	49	23	87	19
33	51281	68658	995	NH14n	Nave de Haver	Granitóides	73	53	48	30	18	19	21	22	22	31	43	11	33	11	73	18
34	51569	68307	855	NH5m	Nave de Haver	Granitóides	92	71	66	33	49	57	49	50	53	46	35	29	53	29	92	18
35	51251	68464	930	NH15n	Nave de Haver	Granitóides	83	68	76	24	38	30	26	30	28	35	30	35	42	24	83	21
36	51244	68485	935	Ribeira	Nave de Haver	Granitóides	73	53	48	30	18	19	21	22	22	31	43	11	33	11	73	18
37	51434	68018	862	NH4n	Nave de Haver	Granitóides	101	89	71	58	63	52	55	49	49	56	47	61	63	47	101	17
38	51297	67830	935	NH3m	Nave de Haver	Granitóides	115	91	79	56	64	63	64	57	55	54	61	43	67	43	115	20
39	51239	67674	962	NH2m	Nave de Haver	Granitóides	109	85	82	24	62	63	60	60	61	61	54	54	65	24	109	21
40	51164	67610	979	NH1m	Nave de Haver	Granitóides	57	68	54	55	-	-	-	36	38	66	64	40	53	36	68	12
41	51908	69007	958	Nascente	Sete Fontes	Granitóides	-	-	-	-	-	-	55	-	-	-	-	43	49	43	55	8
42	51946	69164	940	RN12m	Sete Fontes	Granitóides	84	55	44	15	18	38	37	29	48	45	50	45	42	15	84	18
43	51599	69583	995	RN5m	Rosa Negra	Granitóides	76	57	77	67	16	20	24	29	33	29	31	29	41	16	77	22
44	51583	69603	994	RN4m	Rosa Negra	Granitóides	76	66	35	35	21	18	5	13	66	54	62	66	43	5	76	25
45	51502	69643	1032	RN3m	Rosa Negra	Granitóides	73	63	44	17	9	7	11	3	16	45	41	44	32	3	73	24
46	51351	69593	1088	RN1m	Rosa Negra	Granitóides	67	57	39	28	22	28	26	21	22	34	30	35	34	21	67	14
47	51404	69691	1032	RN2m	Rosa Negra	Granitóides	78	62	42	40	27	29	32	20	44	37	46	50	42	20	78	16
48	51340	69715	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	74	54	33	74	29

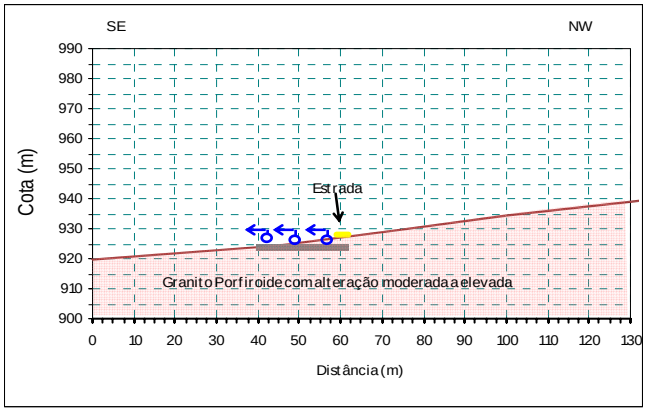
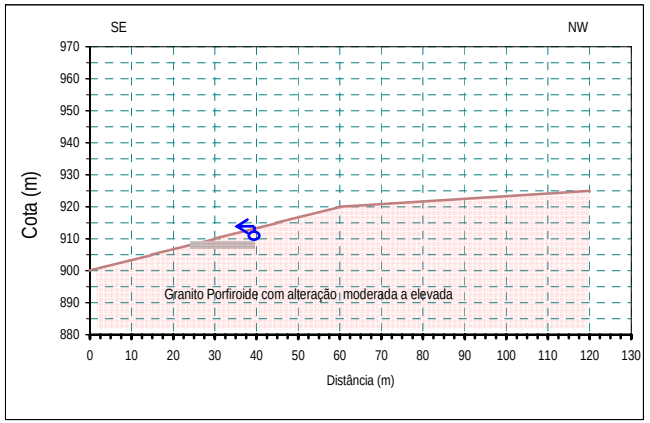
Ref.[a]	M	P	Cota	Designação	Local	Litologia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
49	51468	69990	1050	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	41	-	-	-	-	36	39	36	41	4
50	51565	69992	1040	RN11m	Rosa Negra	Granitóides	111	76	62	63	64	58	68	48	50	53	53	59	64	48	111	17
51	51469	70068	1081	RN10m	Rosa Negra	Granitóides	70	73	47	34	25	33	32	41	33	29	30	17	39	17	73	17
52	51453	70173	1121	RN9m	Rosa Negra	Granitóides	93	89	55	53	47	54	53	55	55	50	51	45	58	45	93	16
53	51584	70203	1118	RN8m	Rosa Negra	Granitóides	88	82	24	53	34	48	45	41	50	55	50	31	50	24	88	19
54	51747	70793	1251	RN6m	Rosa Negra	Granitóides	80	79	51	59	37	45	39	13	38	37	37	39	46	13	80	19
55	51796	70808	1235	RN7m	Rosa Negra	Granitóides	72	74	51	57	33	32	30	23	33	31	34	18	41	18	74	18
56	52226	70524	1028	Ribeira	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	74	-	-	-	-	23	49	23	74	36
57	52727	70649	1053	Nascente	Q[ta]. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	62	-	-	-	-	59	61	59	62	2
58	52309	69863	880	Charca	Rosa Negra	Granitóides	-	-	-	-	-	-	66	-	-	-	-	67	67	66	67	1
59	52903	70930	1076	Ribeira	Q[ta]. Alçada	Granitóides	-	-	-	-	-	-	34	-	-	-	-	47	41	34	47	9
60	53216	71033	1050	Ribeira	Caminho Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	47	44	40	47	5
61	52731	71610	1265	AM8m	Alto do Monteiro	Granitóides	66	-	-	-	27	30	43	22	35	30	17	16	32	16	66	15
62	52875	71424	1178	Ribeira	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	59	38	17	59	30
63	52934	71372	1156	AM9d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	42	34	37	44	54	51	24	22	39	22	54	12
64	53109	71461	1174	AM5d	Alto do Monteiro	Granitóides	87	88	47	72	54	38	59	60	60	56	45	47	59	38	88	16
65	53055	71268	1120	AM11d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	19	42	44	43	48	44	30	57	41	19	57	12
66	53085	71403	1155	AM7d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	42	23	36	42	44	38	32	40	37	23	44	7
67	53126	71401	1137	AM6n	Alto do Monteiro	Granitóides	106	79	61	68	55	48	51	53	54	55	48	41	60	41	106	18
68	53173	71359	1125	AM1d	Alto do Monteiro	Granitóides	81	81	53	65	38	48	51	53	54	55	48	41	56	38	81	14
69	53195	71435	1153	AM2d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	23	33	33	41	44	44	41	53	39	23	53	9
70	53203	71479	1166	AM3d	Alto do Monteiro	Granitóides	90	84	78	60	16	46	30	39	41	44	45	44	51	16	90	22
71	53146	71539	1184	AM4n	Alto do Monteiro	Granitóides	93	78	55	76	42	47	45	49	47	40	41	61	56	40	93	17
72	53155	71193	1103	AM12n	Alto do Monteiro	Granitóides	51	52	9	71	3	27	39	42	45	50	14	14	35	3	71	21
73	56350	73894	790	Ribeira	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	40	21	1	40	28
74	56423	73931	786	T9f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	21	40	19	9	16	5	26	30	42	24	23	23	5	42	11
75	56468	73937	785	T8f	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	83	62	49	49	34	42	34	41	33	33	35	34	44	33	83	15
76	56780	73936	765	T11m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	92	63	70	21	21	32	26	30	48	37	24	34	42	21	92	22
77	56676	73826	819	T12m	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	68	49	38	10	13	9	17	24	42	50	42	14	31	9	68	19
78	56450	73479	853	T7n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	105	90	84	59	57	62	55	67	56	54	61	57	67	54	105	17
79	56306	73335	870	T13n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	84	86	79	37	55	62	49	55	61	51	50	42	59	37	86	16
80	56665	73315	732	T1n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	85	55	53	25	24	23	-	-	-	41	36	36	42	23	85	20
81	56683	73363	752	T2d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	80	57	56	34	19	30	15	33	42	24	33	25	37	15	80	19
82	56661	73392	764	T3d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-
83	56539	73399	816	T5n	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	-	98	66	51	40	48	46	52	42	36	36	45	51	36	98	18
84	56595	73331	776	T4d	Teixoso	Xisto Mosq. e Metag.	65	33	57	27	3	20	11	28	56	35	41	42	35	3	65	19
85	53650	71419	1030	VC4m	Vila do Carvalho	Granitóides	103	84	76	61	51	61	55	52	42	7	41	54	57	7	103	24
86	53685	71516	1012	VC1m	Vila do Carvalho	Granitóides	79	44	63	54	29	53	48	44	43	46	45	54	50	29	79	12
87	53710	71534	1002	VC2m	Vila do Carvalho	Granitóides	93	78	55	76	9	48	55	60	46	67	55	61	59	9	93	21
88	53849	71602	948	VC3m	Vila do Carvalho	Granitóides	86	73	56	29	23	43	35	40	36	27	53	41	45	23	86	19
89	53134	71207	1104	AM13d	Alto do Monteiro	Granitóides	73	74	38	22	27	49	55	48	-	-	-	-	48	22	74	19
90	51638	68413	890	Mina	Secretaria Velha	Granitóides	92	57	52	55	45	33	27	36	41	57	42	23	47	23	92	18
91	50852	68544	1073	NH9d	Nave de Haver	Granitóides	110	87	72	49	55	63	64	67	60	64	63	40	66	40	110	18
92	51143	65675	927	SN5m	Souto Novo	Granitóides	-	-	78	50	52	49	55	61	42	58	56	52	55	42	78	10
93	52974	71447	1175	AM10d	Alto do Monteiro	Granitóides	-	-	-	-	35	23	35	33	34	37	36	33	33	23	37	4

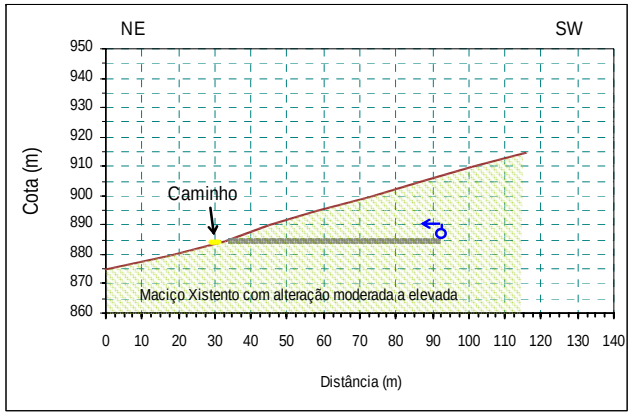
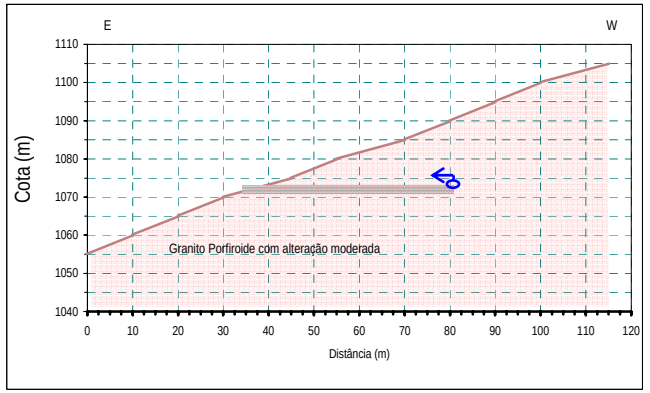
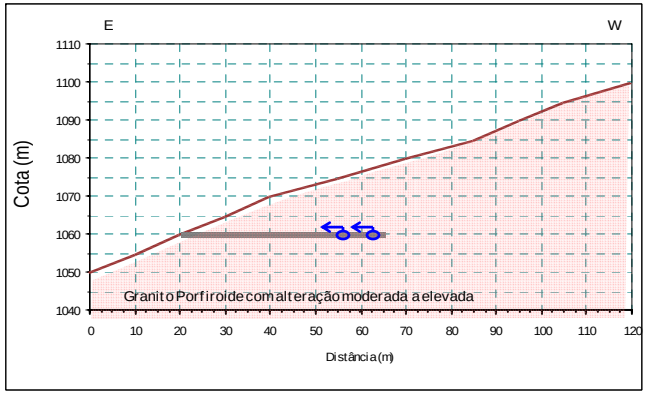
Nota: as coordenadas apresentadas são coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa.

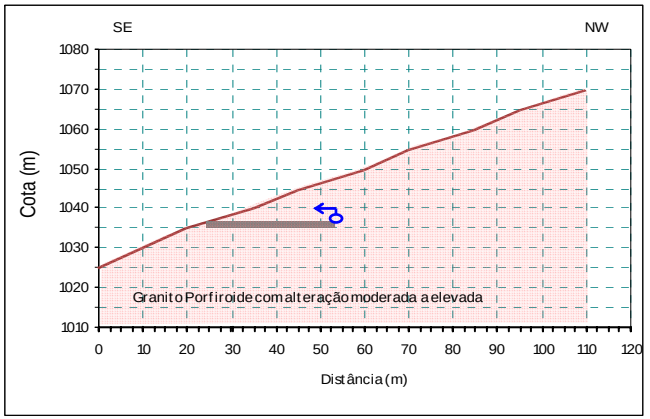
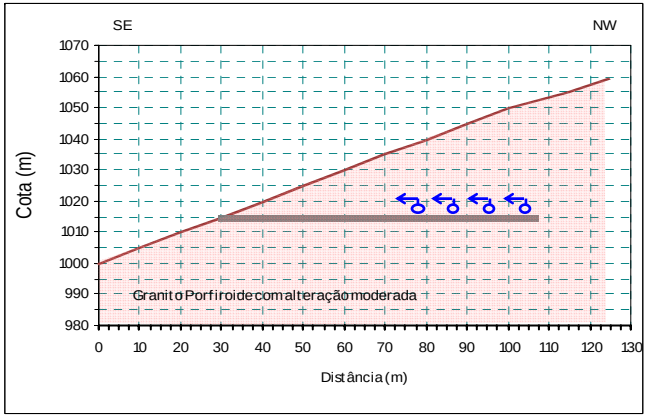
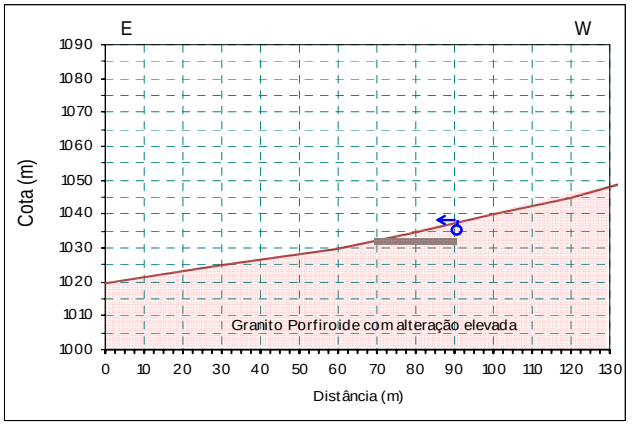
ANEXO VIII - RESULTADOS DE ENSAIO DE CAUDAL

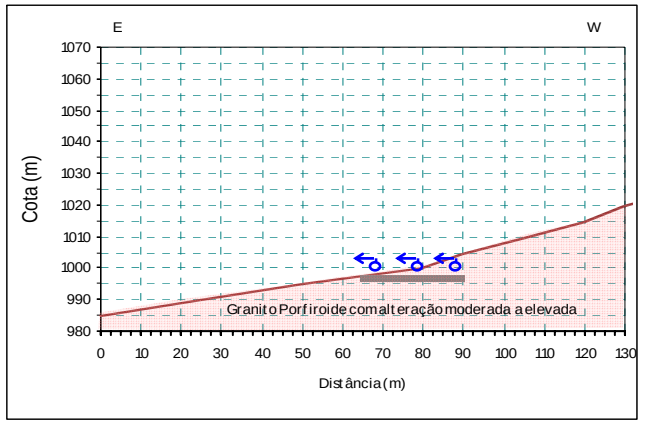
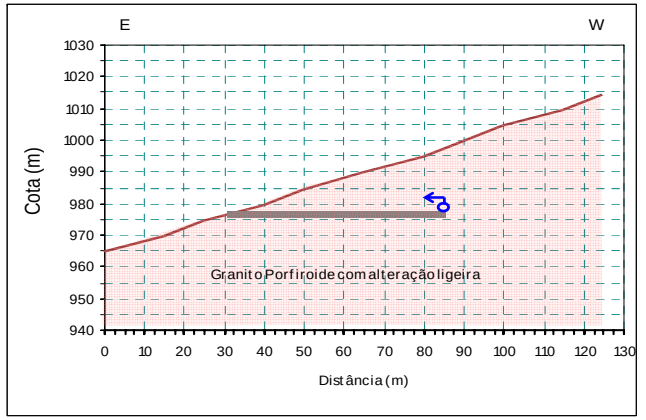
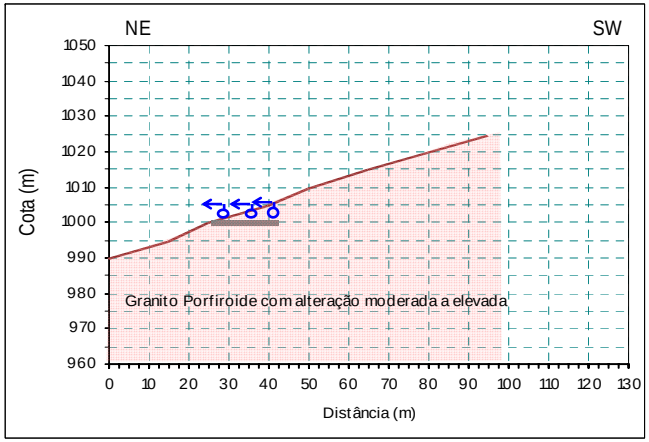
ENSAIO DE CAUDAL										
	Data	Hora	t (min)	Q(l/s)	NF(m)	s (m)	T (ºC)	pH	C(μ/cm)	Eh (mV)
Bombagem	27-05-2004	11:00	0	0,00	6,73	0,00				
	27-05-2004	11:00	0	0,20	6,73	0,00				
	27-05-2004	11:01	1	0,20	7,05	-0,32				
	27-05-2004	11:02	2	0,20	7,05	-0,32				
	27-05-2004	11:10	10	0,20	7,05	-0,32	17,9	5,75	78	47
	27-05-2004	11:10	10	0,48	7,05	-0,32				
	27-05-2004	11:11	11	0,48	7,25	-0,52				
	27-05-2004	11:15	15	0,48	7,38	-0,65				
	27-05-2004	11:18	18	0,48	7,40	-0,67	17,3	5,8	76,0	43
	27-05-2004	11:20	20	0,48	7,40	-0,67				
	27-05-2004	11:20	20	0,83	7,40	-0,67				
	27-05-2004	11:22	22	0,83	8,20	-1,47				
	27-05-2004	11:23	23	0,83	8,36	-1,63				
	27-05-2004	11:27	27	0,83	8,69	-1,96				
	27-05-2004	11:28	28	0,83	8,74	-2,01				
	27-05-2004	11:29	29	0,83	8,78	-2,05				
	27-05-2004	11:34	34	0,83	8,90	-2,17	16,7	5,7	75,0	48
	27-05-2004	11:36	36	0,83	8,93	-2,20				
	27-05-2004	11:36	36	1,25	8,93	-2,20				
	27-05-2004	11:37	37	1,25	9,15	-2,42				
	27-05-2004	11:38	38	1,25	9,52	-2,79				
	27-05-2004	11:39	39	1,25	9,73	-3,00				
	27-05-2004	11:43	43	1,25	10,42	-3,69				
	27-05-2004	11:45	45	1,25	10,65	-3,92				
	27-05-2004	11:47	47	1,25	10,82	-4,09				
	27-05-2004	12:26	86	1,25	13,92	-7,19	16,7	5,7	76,0	50
	27-05-2004	12:28	88	1,25	13,99	-7,26				
	27-05-2004	12:30	90	1,25	14,00	-7,27				
	27-05-2004	12:31	91	1,25	14,00	-7,27				
	27-05-2004	12:35	95	1,25	14,06	-7,33				
	27-05-2004	12:36	96	1,25	14,06	-7,33				
	27-05-2004	12:36	96	1,43	14,06	-7,33				
	27-05-2004	12:40	100	1,43	17,65	-10,92				
	27-05-2004	12:41	101	1,43	18,30	-11,57				
	27-05-2004	12:44	104	1,43	20,18	-13,45				
	27-05-2004	12:48	108	1,43	23,95	-17,22				
	27-05-2004	12:50	110	1,43	26,47	-19,74				
	27-05-2004	12:51	111	1,43	27,20	-20,47				
	27-05-2004	12:55	115	1,43	31,35	-24,62				
	27-05-2004	13:00	120	1,43	36,50	-29,77	16,6	5,68	78	49
	27-05-2004	13:02	122	1,43	38,70	-31,97				
	27-05-2004	13:06	126	1,43	40,80	-34,07				
Recuperação	27-05-2004	13:06	126	-	40,80	-34,07				
	27-05-2004	13:07	127	-	38,27	-31,54				
	27-05-2004	13:08	128	-	35,45	-28,72				
	27-05-2004	13:09	129	-	32,10	-25,37				
	27-05-2004	13:10	130	-	29,30	-22,57				
	27-05-2004	13:11	131	-	26,40	-19,67				
	27-05-2004	13:12	132	-	23,70	-16,97				
	27-05-2004	13:13	133	-	20,80	-14,07				
	27-05-2004	13:14	134	-	18,10	-11,37				
	27-05-2004	13:16	136	-	13,60	-6,87				
	27-05-2004	13:17	137	-	12,45	-5,72				
	27-05-2004	13:18	138	-	11,40	-4,67				
	27-05-2004	13:19	139	-	10,30	-3,57				
	27-05-2004	13:20	140	-	9,25	-2,52				
	27-05-2004	13:21	141	-	8,60	-1,87				
	27-05-2004	13:23	143	-	7,90	-1,17				
	27-05-2004	13:35	155	-	7,32	-0,59				
	27-05-2004	14:00	180	-	6,90	-0,17				

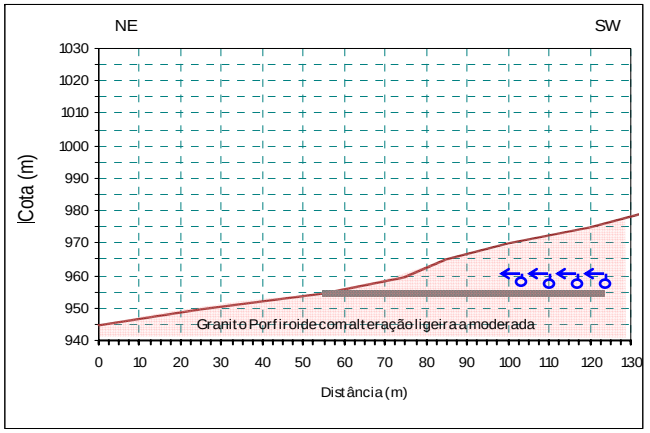
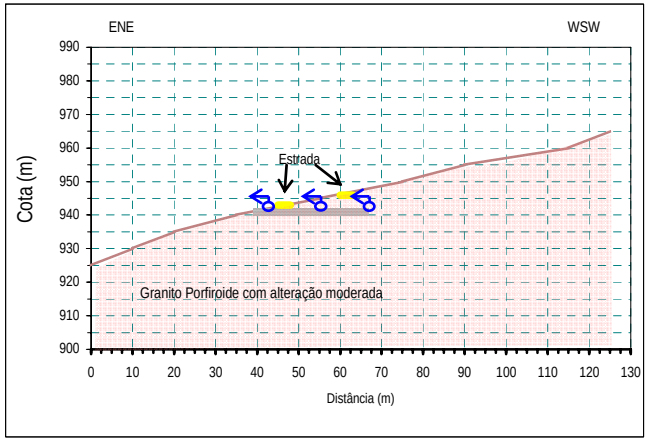
ANEXO IX – CARACTERÍSTICAS DAS CAPTAÇÕES

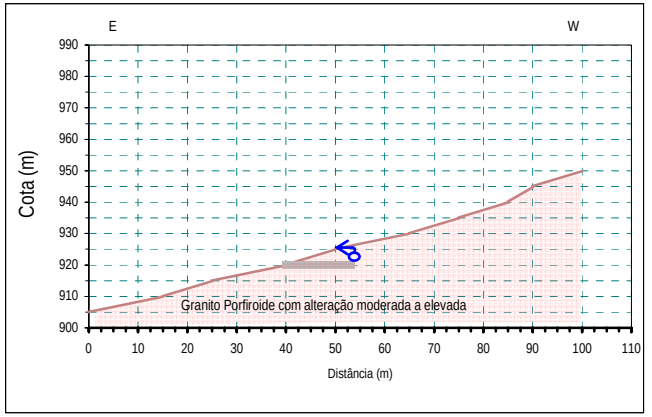
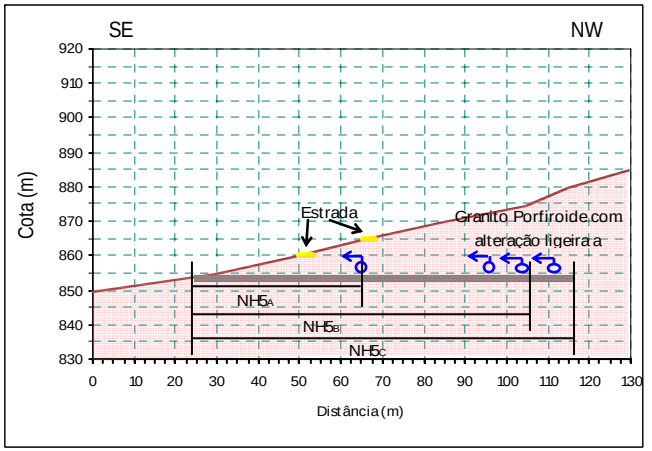
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
SN1d	-	Dreno	51424	65555	858	12.5	-	N30ºE	-	11.2	43.2	18.1	Dreno em manilhas de cimento.	-
SN2d	-	Dreno	51400	65528	866	17.0	-	N26ºE		2.3	51.8	13.0	Dreno em manilhas de cimento.	-
SN3d	-	Dreno	51384	65556	867	13.0	-	E-W	-	3.5	25.9	8.6	Dreno em manilhas de cimento.	-
SN4d	-	Dreno	51325	65569	886	3.0	-	N70ºW	-	3.5	43.2	9.5	Dreno em manilhas de cimento.	-
SN5m	-	Mina	51143	65675	924	≥ 21.2	1.00x0.80: 0 a 6m 0.60x0.70: 6 a 21.2m	N66ºW	N62ºW, 70N E-W, 90º	5.2	108.0	25.9	A mina abateu aos 21.2m. Existem ressurgências de água ao longo de toda a mina	
SN6d	-	Dreno	51254	65466	912	18.5	-	N60ºE	-	0	86.4	14.7	Dreno em manilhas de cimento.	-
SN7m	-	Mina	51269	65499	908	13.6	1.70x0.60	N56ºW	N62ºE, 90º N70ºW, 52ºN N12ºW, 50ºNE N76ºW, 54ºN	1.7	25.9	6.9	Só se verifica uma ressurgência de água no final da mina	
SN8d	-	Dreno	51301	65510	896	6.5	-	N60ºE	-	2.6	43.2	11.2	Dreno em manilhas de cimento.	-
SN9d	-	Dreno	51346	65510	881	30.0	-	N70ºE: 0 aos 21m N-S: 21 aos 30m	-	0	21.6	3.5	Dreno em manilhas de cimento.	-

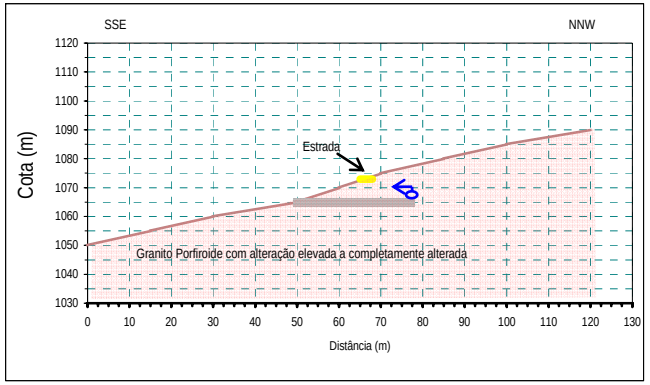
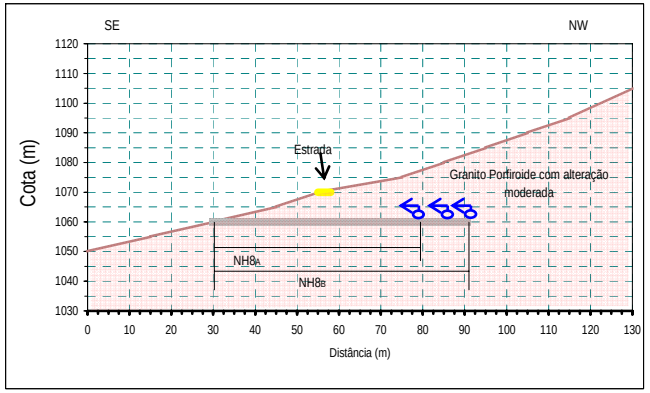
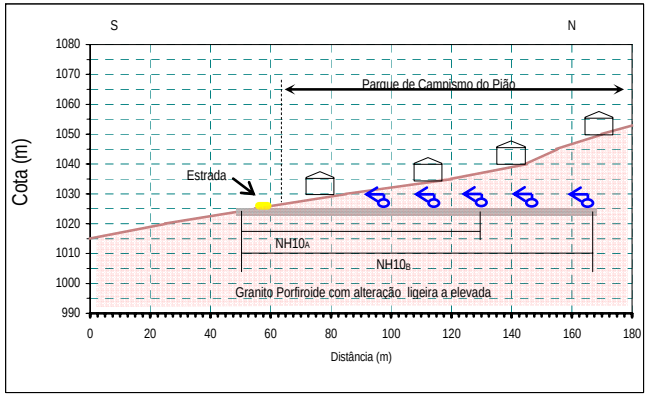
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	Q $_{min.}$ (m^3/d)	Q $_{máx.}$ (m^3/d)	Q$_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
SN10m	-	Mina	50533	65438	885	58.0	1.60x0.60	N56ºW: 0 aos 25m N12ºW: 25 aos 58m	Xistosidade: N40ºW, 52ºSW	10.4	100.2	28.5	Só se verifica uma ressurgência de água no final da mina	
P1m	-	Mina	50725	67149	1072	45.9	1.90x0.90	N78ºW: 0 a 17.7m N46ºW: 17.7 a 45.9m	N74ºW,90º N10ºE,60ºNW N56W,66ºNW N78ºW,90º N68ºW,80ºNW N40ºE,72NW	11.2	86.4	26.8	Só se verifica uma ressurgência de água localizada no final da mina a qual resulta do cruzamento entre um filão Qz com atitude N12ºW,42N e uma fractura N42ºW,82NW	
P2m	-	Mina	50743	67120	1060	45.5	1.14x0.48: 0 a 8m 1.90x0.60: 8 a 45.5m	E-W	N26ºE,60ºW N70ºE,90º N62ºE,85ºN N57E,82ºN N44ºE,90º	18.1	64.8	27.6	A partir dos 30.60m verificam-se várias ressurgências de água	

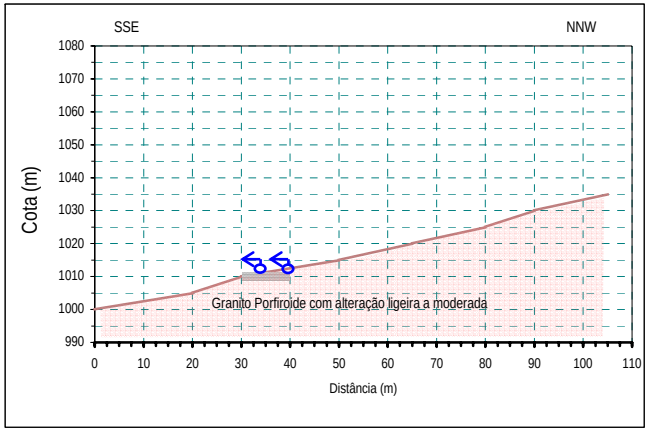
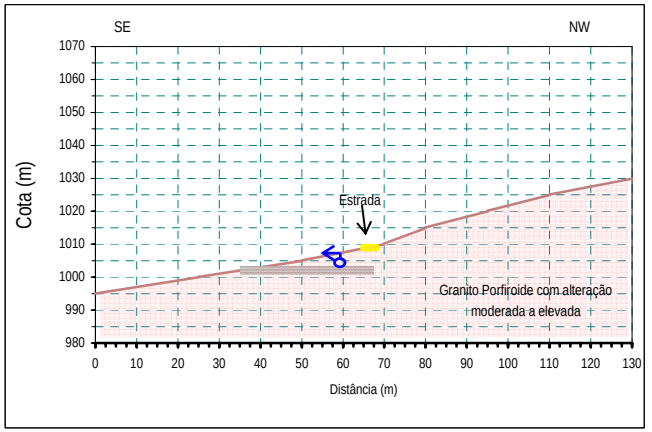
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
P3m	-	Mina	50864	66695	1036	28.2	2.00x0.56	N72ºW	N60ºE,90º N48ºW,70ºN	18.1	108	36.3	Só se verificam ressurgências de água no final da mina	
P4m	-	Mina	50900	66734	1015	77.0	1.50x0.60	N70ºW	N32ºE,85NW - filão N60ºW,65NE N42ºE,82NW N50ºE,68NW – filão	32.8	61.3	42.3	A partir dos 49m e até ao final da mina é que se verificam ressurgências de água.	
P5m	-	Mina	50978	67422	1032	≥ 20.0	1.90x0.80	N86ºE	N10ºE,60ºNW N48ºW,70ºN	0.9	37.1	16.4	Não se consegue medir o comprimento total da mina porque ocorreu um abatimento do tecto da mina. No entanto verifica-se que a água vem da parte detrás do aluimento.	

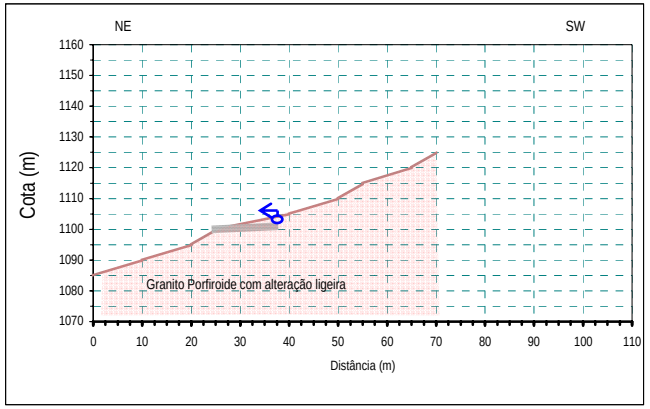
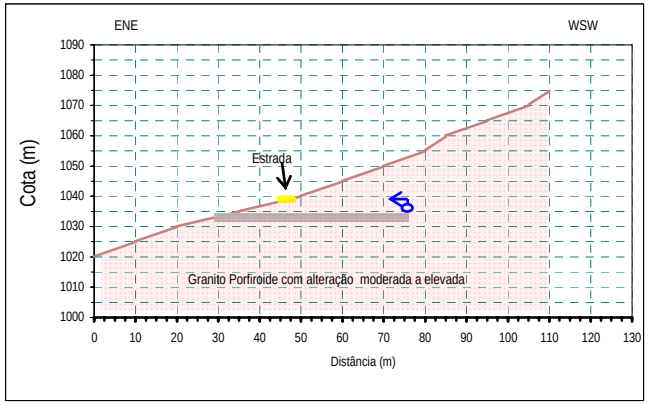
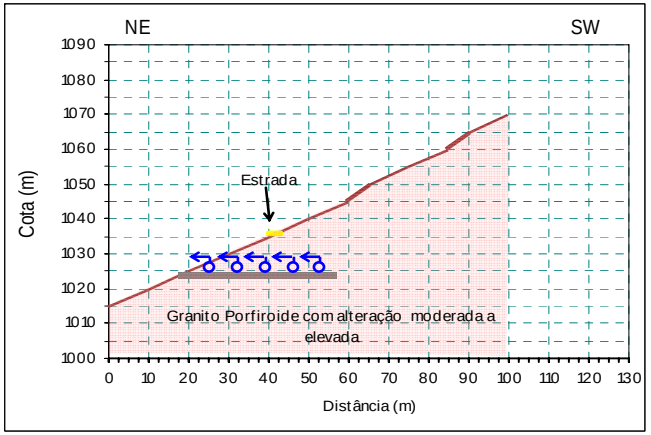
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	Q_{min} (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
P7m	-	Mina	50904	67142	997	33.0	3.00x0.80	N20ºW: 0 a 13.8m E-W: 13.8 a 33m	N78ºE,90º N50ºE,78N N72ºW,58N	13.0	108.0	33.7	Existem ressurgências de água ao longo de toda a mina.	
P8m	-	Mina	50959	67087	977	55.0	1.90x0.90	E-W: 0 a 27.4m N72ºW: 27.4 a 30.3m E-W: 30.3 a 55m	N36ºE, 58NW N60ºE, 90º N66ºE, 90º	37.2	144.3	84.7	Só se verifica uma ressurgência pontual no final da mina.	
P9m	-	Mina	50907	67026	1000	16.2	1.70x0.80	N60ºE	E-W, 90º N70ºW, 90º N24ºE, 50ºE N66ºW, 90º	16.4	43.2	29.4	Existem ressurgências de água ao longo de toda a mina.	

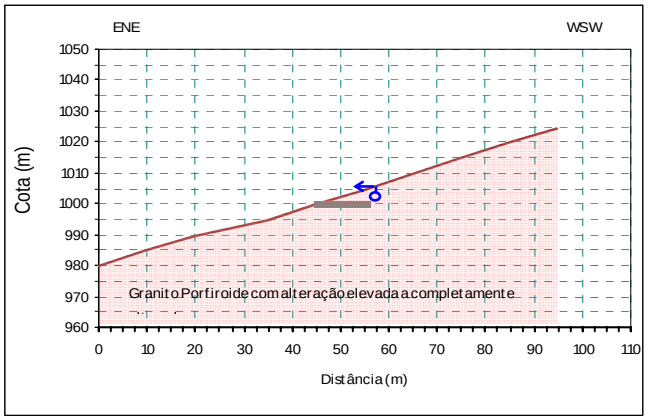
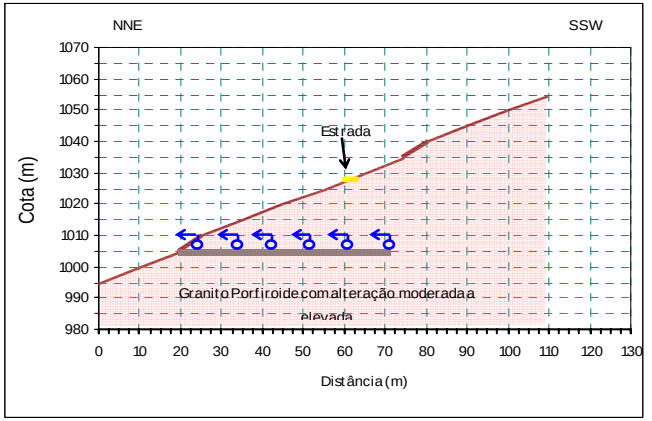
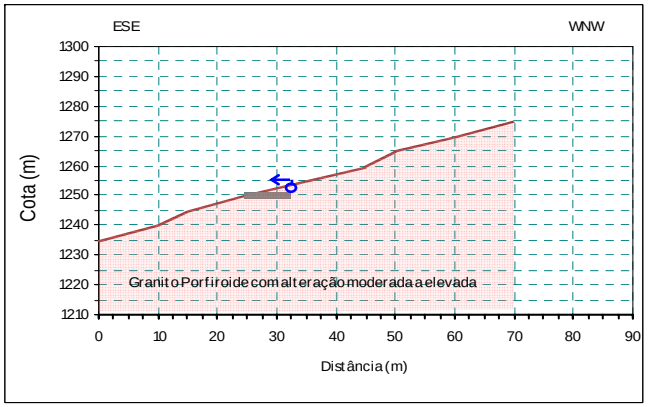
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
P10f	-	Furo	50736	67254	1073	≥ 60.0	-	N64ºW, sub-horizontal	N48ºW, 90º N58ºW, 80ºW N50ºW, 90º	0	57.9	17.3	O furo foi construído paralelamente ás fracturas.	-
P11f	-	Furo	50738	67264	1073	≥ 60.0	-	N10ºE, sub-horizontal	N48ºW, 90º N58ºW, 80ºW N50ºW, 90º N65ºW, 88ºNW - filão	11.2	144.3	42.3	No sentido perpendicular ao furo existe um filão muito alterado que poderá funcionar como barreira ao escoamento subterrâneo. O furo deve prolongar-se para lá desse filão.	-
NH1m	-	Mina	51164	67610	955	68.2	1.70x0.60	N60ºE: 0 a 6m N50ºE: 6 a 16m N40ºE:16 a 31m N30ºE: 31 a 68.2m	N80ºE, 60S E-W, 90º N8ºW, 30ºE N33ºE, 38ºNW N12ºW, 40ºE N54ºE, 90º - filão N36ºE, 90º - filão	37.2	172.8	92.5	A partir dos 47,5m e até ao final da mina, verificam-se várias ressurgências de água	
NH2m	-	Mina	51239	67674	941	26.3	1.80x0.80	N70ºE	N64ºE, 90º - filão	23.3	144.3	66.5	No interior existe um grande filão pegmatítico com cerca de 0.40m de espessura e que se prolonga até ao final da mina. As ressurgências de água são difusas ao longo de toda a extensão.	

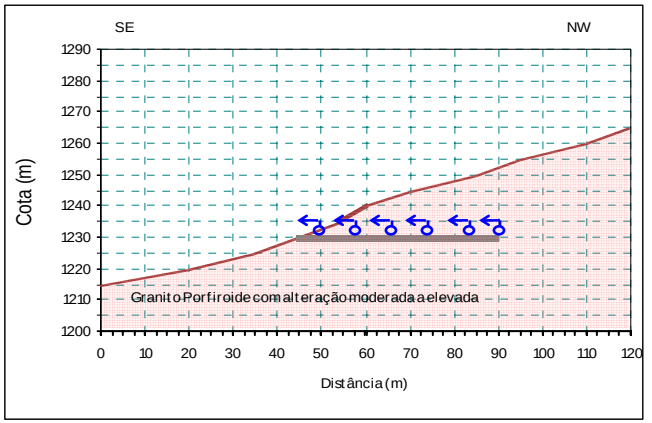
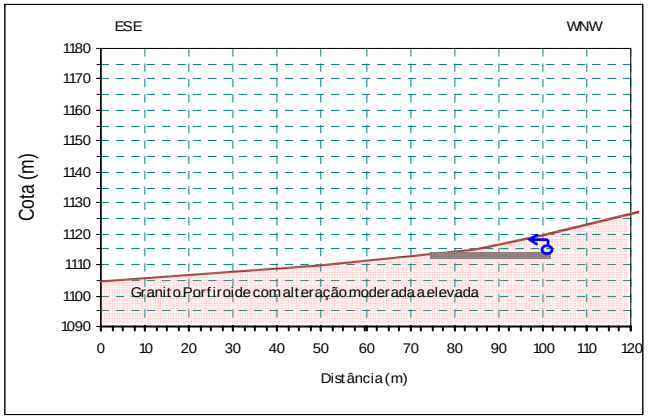
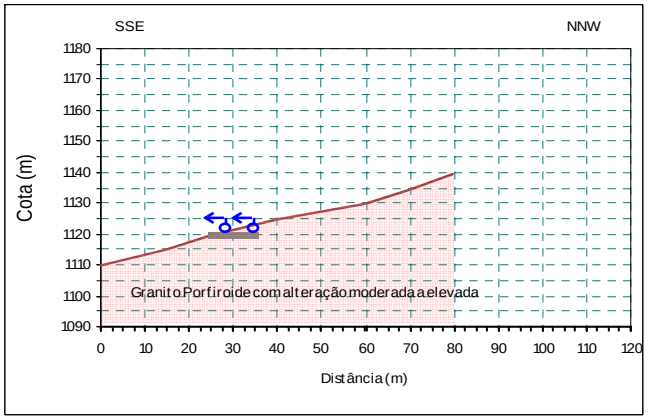
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	Q_{min} (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
NH3m	-	Mina	51297	67830	920	12.8	1.60x0.70	E-W	N60ºE, 90º N10ºE, 90º N-S, 90º	34.6	172.8	86.4	Só se verifica uma ressurgência pontual no final da mina.	
NH4n	-	Nascente	51434	68018	862	-	-	-	-	37.2	254.0	122.7	Esta captação precisa de intervenção para se proceder à sua preservação.	-
NH5m	$NH5_A$	Mina	51569	68307	854	40.0	1.70x0.70	N56ºW: 0 a 25.4m N28ºW: 25.4 a 34m N16ºE: 34 a 40m	N8ºE, 90º N22ºW, 60ºW N-S, 90º	144.3	751.7	295.5	Só se verifica uma ressurgência pontual aos 40m.	
	$NH5_B$					81.5	1.80x0.70	N56ºW: 0 a 25.4m N28ºW: 25.4 a 34m N20ºW: 34 a 46.5m N28ºE: 46.5 a 81.5m	N24ºE, 90º E-W, 80ºS N44ºW, 70ºN - filão N22ºW, 56ºNE N24ºE, 54ºNW E-W, 90º N76ºE, 90º				A partir dos 70m e até ao final da mina, verificam-se várias ressurgências de água.	
	$NH5_C$					91.0	2.20x0.70	N56ºW: 0 a 25.4m N28ºW: 25.4 a 34m N20ºW: 34 a 46.5m N80ºW: 46.5 a 91m	N68ºW, 90º E-W, 90º N24ºE, 90º N22ºW, 56ºNE				Só se verifica uma ressurgência pontual aos 88.6m.	
NH6d	-	Dreno	50889	68184	1075	8.0	-	N40ºW	-	43.2	432.0	110.6	-	-

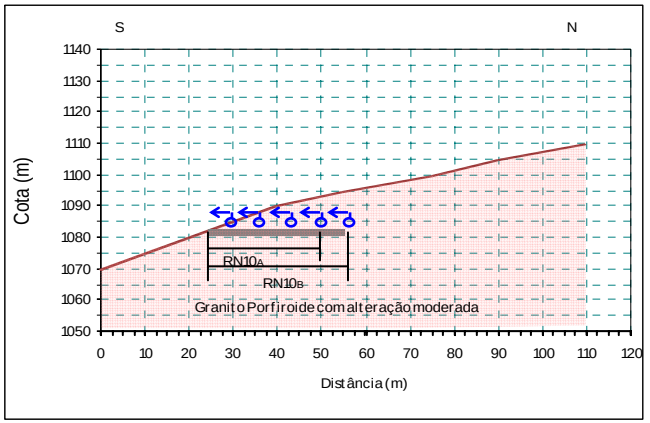
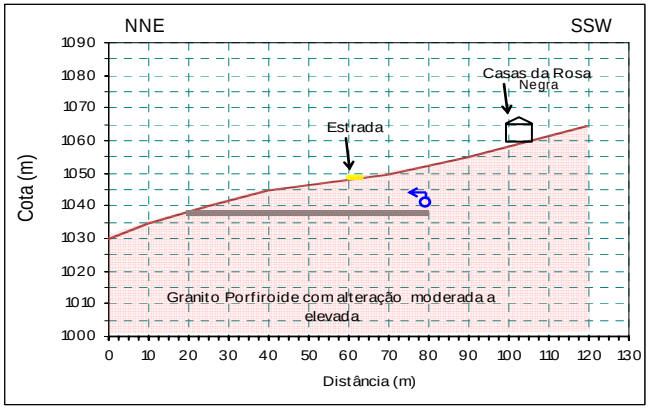
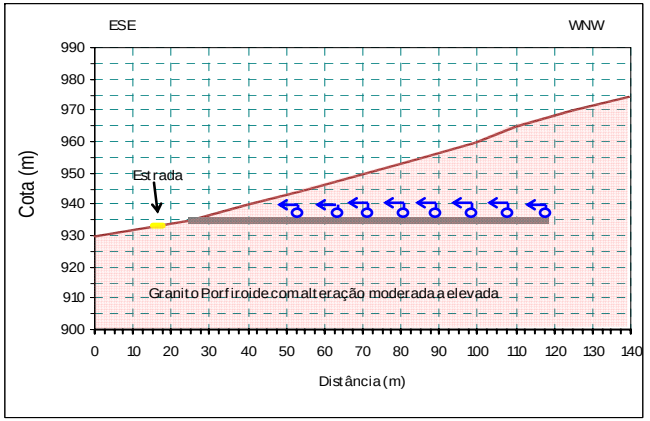
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
NH7m	-	Mina	50896	68155	1065	27.4	1.60x0.70	N24ºW	E-W, 90º N40ºE, 50ºN	17.3	26.8	22.5	Só se verifica uma ressurgência pontual no final da mina.	
NH8m	$NH8_A$	Mina	50953	68214	1060	49.7	1.60x0.80	N52ºW: 0 a 35m N60ºE: 35 a 49.7m	N72ºW, 58ºN E-W, 90º N60ºW, 80ºSW	6.9	32.8	15.6	Só se verifica uma ressurgência pontual no final da mina.	
	$NH8_B$					60.5	1.60x0.80	N52ºW: 0 a 35m N33ºW: 35 a 48m N-S: 48 a 60.5m	N80ºW, 90º N60ºE, 90º E-W, 90º N60ºW, 90º				A partir dos 48m e até ao final da mina, verificam-se várias ressurgências de água	
NH9d	-	Dreno	50852	68544	1073	4.0	-	E-W	-	15.6	144.3	58.8	O dreno localiza-se no caminho do Pião.	-
NH10m	$NH10_A$	Mina	51353	68809	1024	115	1.70x0.70	N38ºE: 0 a 17.3m N-S: 17.3 a 24m N46ºW: 24 a 50m N30ºW: 50 a 80m N18ºW: 80 a 115m	N12ºW,80ºE N-S, 90º N60ºW,90º N18ºE, 90º E-W, 90º N52ºW, 60ºS N70ºE, 50ºS – filão	28.5	432	125.3	A partir dos 47m e até ao final da mina, verificam-se várias ressurgências de água	
	$NH10_B$					79.4	1.80x0.60	N38ºE: 0 a 17.3m N-S: 17.3 a 24m N10ºE: 24 a 50m N8ºW: 50 a 69m N66ºE: 69 a 79.4m	N44ºE,90º E-W, 90º N12ºW,80ºE N70ºW, 90º - filão E-W, 35ºS - filão				Este troço da mina não apresenta ressurgências de água.	

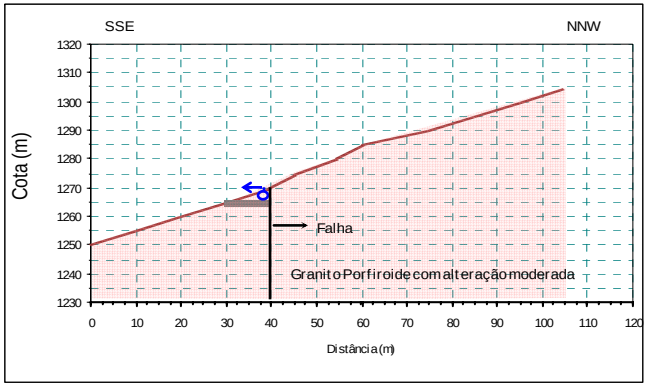
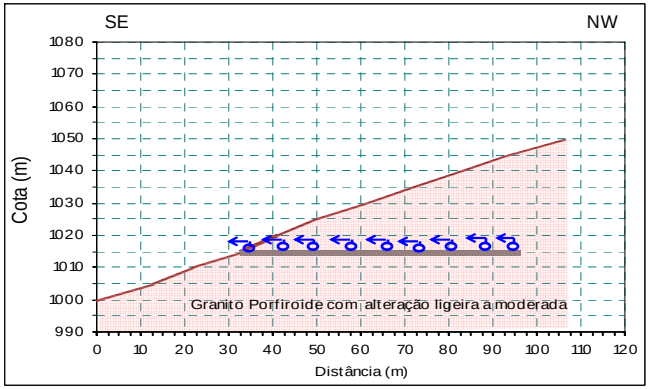
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	Q $_{min.}$ (m^3/d)	Q $_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
NH11m	-	Mina	51178	68721	1010	8.3	1.70x0.70	N16ºW	N60ºE, 50SE N-S, 90º N68W, 90º N40ºE, 90º	25.9	287.7	87.3	A mina possui vários filões de quartzo muito alterado que até chegam a atingir 20cm de espessura, no entanto possuem atitudes muito variáveis não se percebendo muito bem a sua orientação. As ressurgências de água são difusas ao longo de toda a mina.	
NH12m	-	Mina	51058	68572	1002	30.5	1.80x0.75	N32ºW	E-W, 90º N78ºE, 50W – filão N60ºE, 60ºS N8ºW, 90º N50ºE, 90º N52ºW, 90º	58.8	432	125.3	Verifica-se várias ressurgências de água a partir dos 28m.	
NH13n	-	Nascente	51281	68681	999	-	-	-	-	1.7	287.7	51.8	Precisa de intervenção para melhorar as suas características	-
NH14n	-	Nascente	51281	68658	995	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH15n	-	Nascente	51251	68464	930	-	-	-	-	43.2	287.7	85.5	Precisa de intervenção para melhorar as suas características	-

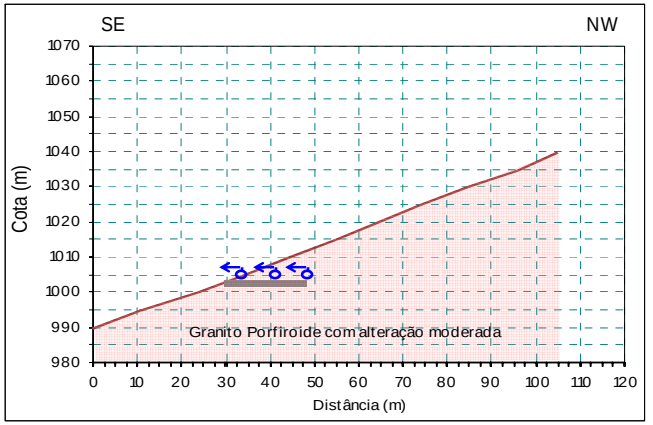
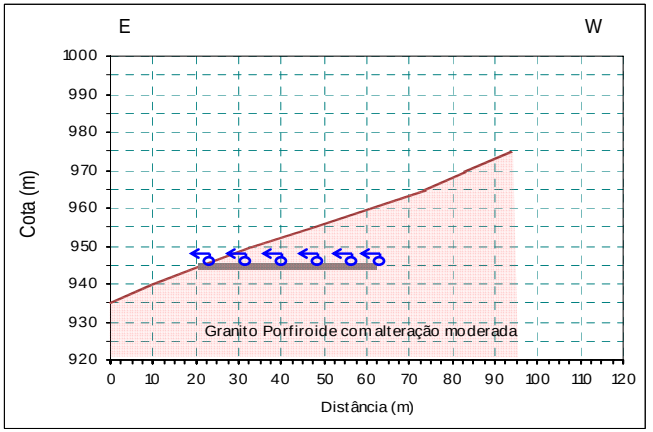
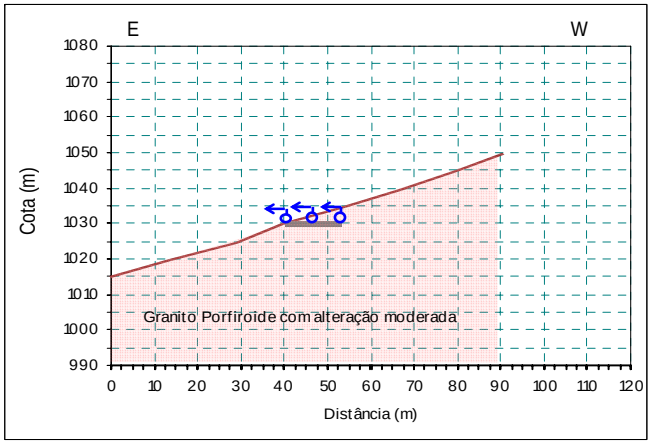
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
RN1m	-	Mina	51351	69593	1100	12.0	2.20x0.56	N60ºE	N18ºE, 90º E-W, 90º N38ºW, 90º E-W, 58ºS	58.8	432.0	125.3	Do inicio da mina até ao final verifica-se um declive em altura em cerca de 1m. A ressurgência de água é pontual, localizada no final da mina e associada as fracturas: N18ºE, 90º E-W, 90º N38ºW, 90º	
RN2m	-	Mina	51404	69691	1033	67.0	1.60x0.60	N64ºE: 0 a 45m N-S: 45 a 67m	N36ºE, 38ºE N22ºE, 66ºE N70ºW, 70ºS – filão N76ºW, 70ºS N28ºE, 90º	56.2	287.7	96.8	Verifica-se várias ressurgências de água a partir dos 45m.	
RN3m	-	Mina	51502	69643	1024	38.6	1.60x0.70	N30ºE: 0 a 18.5m N20ºE: 18.5 a 38.6m	N42ºE, 50ºS E-W, 90º N30ºE, 60S	12.96	108	33.7	Verifica-se várias ressurgências de água a partir dos 7m.	

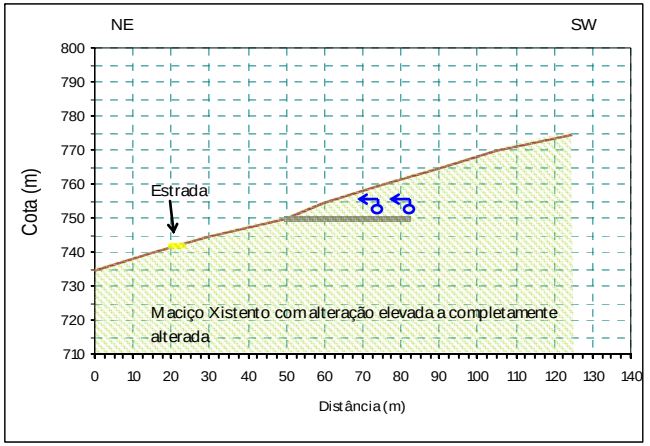
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
RN4m	-	Mina	51583	69603	1000	≥ 11.0	1.70x0.60	N56ºE	E-W, 90º N74ºW, 90º	16.4	43.2	29.4	A mina abateu aos 11m, não permitindo assim a sua total cartografia. No entanto verifica-se que a água vem da parte detrás do abatimento.	
RN5m	$RN5_A$	Mina	51599	69583	1005	51.0	1.70x0.80	N32ºE: 0 a 49.5m N60ºE: 49.5 a 51m	N20ºE, 90º N62ºW, 40ºS N-S, 90º	11.2	86.4	26.8	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina	
	$RN5_B$					74.7	1.70x0.80	N32ºE: 0 a 49.5m N-S: 49.5 a 74.7	N20ºE, 90º N62ºW, 40ºS N-S, 90º N70ºE, 80ºSE – filão				Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina	
RN6m	-	Mina	51747	70793	1250	≥ 6.9	1.60x0.60	N74ºW	N70ºW, 90º N64ºW, 90º	23.3	144.3	66.5	A mina abateu aos 6.90m, não permitindo assim a cartografia de toda a sua extensão. Verifica-se que a água surge da parte de trás do abatimento.	

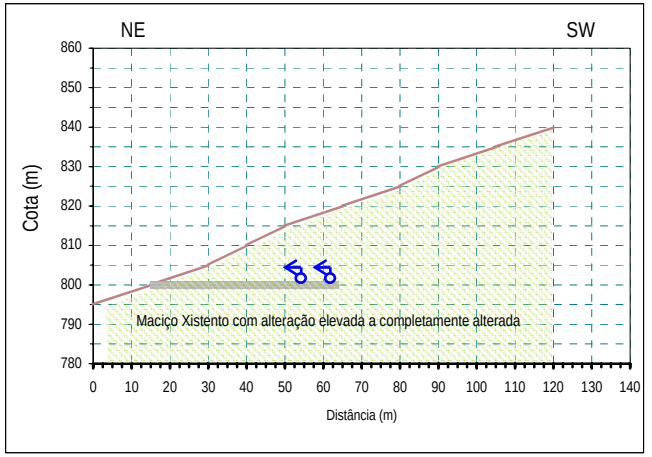
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	Q_{min} (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
RN7m	-	Mina	51796	70808	1230	44.5	1.50x0.70	N44ºW: 0 a 14m N32ºW:14 a 25m N16ºW: 25 a 44.5m	N32ºW, 72ºNE N30ºW, 90º N50ºW, 90º E-W, 90º - filão	16.4	287.7	103.7	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina	
RN8m	-	Mina	51584	70203	1113	26.5	1.70x0.60	N70ºW: 0 a 21m E-W: 21 a 26.5m	E-W, 90º - filão N62ºE, 80NW	66.5	432	133.9	Só se verifica uma ressurgência pontual no final da mina.	
RN9m	-	Mina	51453	70173	1120	10.5	2.00x0.60	N28ºW	E-W, 90º	66.5	536.5	146.9	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina	

Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	Q_{min} (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
RN10m	$RN10_A$	Mina	51469	70068	1082	25.0	1.80x0.70	N-S	N18ºE, 90º E-W, 90º	69.1	575.4	179.7	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina	
	$RN10_B$					30.0	1.80x0.70	N-S: 0 a 11m N40ºW: 11 a 30m	N38ºW, 90º E-W, 90º				Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina	
RN11m	-	Mina	51565	69992	1038	59.7	1.80x0.65	N16ºE	E-W, 90º N30ºW, 90º	25.9	287.7	84.7	Só se verifica uma ressurgência pontual no final da mina. A mina encontra-se entivada dos 19.7m até 59.0m.	
RN12m	-	Mina	51973	69137	935	93.0	2.00x0.85	N70ºW: 0 a 83m N34ºW: 83 a 88m N18ºW: 88 a 93m	N10ºE, sub-horizontal - filão	95.9	287.7	135.6	A mina encontra-se entivada com estruturas de betão em quase toda a sua extensão. A base da mina possui lajes de e granito até aos 58m passando depois a ter base natural. Verifica-se várias ressurgências de água a partir dos 27m, localizando-se sempre no bordo Sul.	
AM1d	-	Dreno	53173	71359	1125	17.0	-	N26ºE	-	11.2	86.4	25.9	Dreno em PVC	-

Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
AM2d	-	Dreno	53191	71432	1153	12.0	-	N34ºE	-	1.7	66.5	17.3	Dreno em PVC	-
AM3d	-	Dreno	53203	71479	1166	5.0	-	N-S	-	10.4	86.4	29.4	Dreno em PVC	-
AM4n	-	Nascente	53146	71539	1184	-	-	-	-	5.2	86.4	15.6	Precisa de intervenção para melhorar as suas características	-
AM5d	-	Dreno	53109	71461	1174	16.0	-	N-S	-	4.3	13.0	8.64	Dreno em PVC	-
AM6n	-	Nascente	53126	71401	1137	-	-	-	-	11.2	86.4	29.4	Precisa de intervenção para melhorar as suas características	-
AM7d	-	Dreno	53085	71403	1155	11.5	-	N-S	-	7.8	45.8	19.9	Dreno em PVC	-
AM8m	-	Mina	52731	71610	1265	9.5	-	N40ºW	-	19.9	108	49.3	Só se verifica uma ressurgência pontual no final da mina, associada à família de fracturas com orientação N40ºE,88ºN. Outras principais fracturas: N56ºW, 68ºSW N68ºW, 90º N60ºE, 60ºN N-S, 60ºE A mina não possui porta o que permite a entrada de pessoas e animais.	
AM9d	-	Dreno	52934	71372	1156	12.0	-	N-S	-	49.3	216.0	106.3	Dreno em PVC	-
AM10d	-	Dreno	52974	71447	1175	10.0	-	N20ºW	-	6.1	95.9	25.9	Dreno em PVC	-
AM11d	-	Dreno	53055	71268	1120	9.0	-	N-S	-	10.4	103.7	41.5	Dreno em PVC	-
AM12n	-	Nascente	53155	71193	1103	-	-	-	-	0.86	4.3	1.7	Nascente com caracteristivcas razoáveis	-
AM13d	-	Dreno	53134	71207	1104	25.0	-	N18ºE	-	10.4	324.9	146.9	Dreno em PVC	-
VC1m	-	Mina	53685	71516	1014	62.7	1.50x0.70	N45ºW	N80ºE, 70ºN N28ºE, 60ºE N-S, 42ºE N62ºW, 44ªS	1.7	43.2	8.64	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina.	

Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
VC2m	-	Mina	53710	71534	1003	≥ 18.0	1.60x0.70	N45ºW	N10ºE, 90º N27ºE, 60ºE	2.6	86.4	17.3	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina.	
VC3m	-	Mina	53849	71602	945	41.0	1.70x0.60	E-W	N20ºE, 90º N38ºE, 60ºE	1.7	51.8	11.2	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina.	
VC4m	-	Mina	53650	71419	1030	12.0	1.70x0.60	E-W	N-S, 90º N20ºE, 90º	1.7	71.7	26.9	Verificam-se várias ressurgências de água ao longo de toda a extensão da mina.	

Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	$Q_{min.}$ (m^3/d)	$Q_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
T1n	-	Nascente	56665	73315	732	-	-	-	-	0.0	6.9	2.6	Precisa de intervenção para melhorar as suas características.	-
T2d	-	Dreno	56683	73363	752	6.0	-	N20ºW	-	2.6	14.7	6.1	Dreno em PVC.	-
T4d	-	Dreno	56595	73331	776	3.0	-	N62ºW	-	2.6	25.9	7.8	Dreno em PVC, precisa de intervenção para melhorar as suas características.	-
T5n	-	Nascente	56539	73399	816	-	-	-	-	4.3	10.4	7.8	Precisa de intervenção para melhorar as suas características.	-
T7n	-	Nascente	56450	73479	853	-	-	-	-	2.6	11.2	6.9	Precisa de intervenção para melhorar as suas características.	-
T8f	-	Furo	56468	73937	785	≥ 60.0	-	N8ºW, sub-horizontal	-	6.9	25.9	12.1	Furo com caracteristivcas razoáveis.	-
T9f	-	Furo	56423	73931	786	≥ 60.0	-	N20ºE, sub-horizontal	-	6.1	9.5	6.9	No sentido perpendicular ao furo existe um filão muito alterado que poderá funcionar como barreira ao escoamento subterrâneo.	-
T11m	-	Mina	56780	73936	765	32.0	1.70x0.80	N64ºE	N46ºW, 90º - xistosidade	13.8	61.3	22.5	Verifica-se várias ressurgências de água a partir dos 25.30m.	

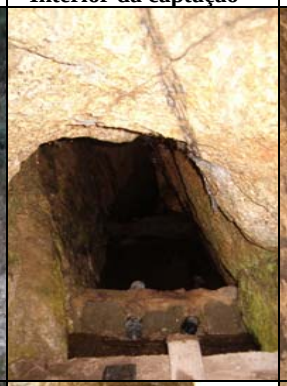
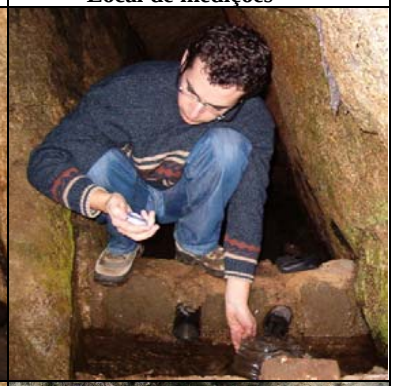
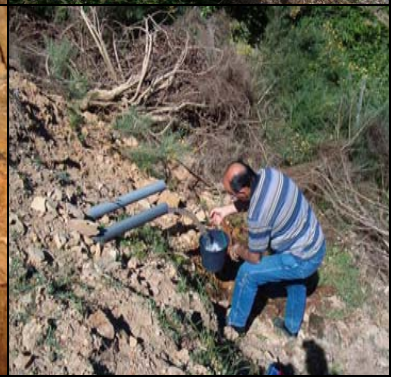
Capt.	Troço	Tipo	M (m)	P (m)	Cota (m)	Comp. (m)	Secção (m) (altura x largura)	Direcção	Principais fracturas	Q $_{min.}$ (m^3/d)	Q $_{máx.}$ (m^3/d)	$Q_{méd}$ (m^3/d)	Observações	Corte Geológico
T12m	-	Mina	56676	73826	819	46.8	1.70x0.80	N52ºE – até aos 36m N36ºE – dos 36m até ao final	N50ºW, 90º - xistosidade	16.4	61.3	27.7	Verifica-se várias ressurgências de água a partir dos 36m.	
T13n	-	Nascente	56306	73335	870	-	-	-	-	1.7	25.9	6.9	Precisa de intervenção para melhorar as suas características.	-

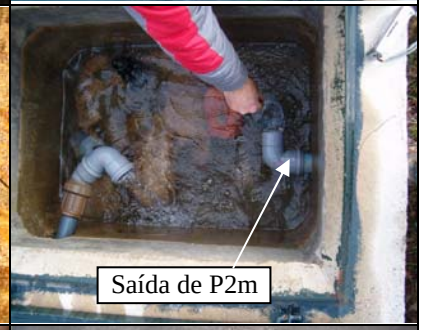
Nota: Capt. Corresponde a captação; as coordenadas M e P são coordenadas rectangulares planas no sistema de Gauss – Elipsóide Internacional – Datum de Lisboa; Comp. corresponde a comprimento; inicialmente estabeleceram-se os pontos de água T3d e T6m como captações, no entanto não foram considerados devido às suas más condições e por não apresentarem recurso.

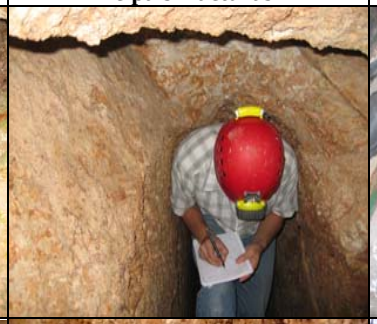
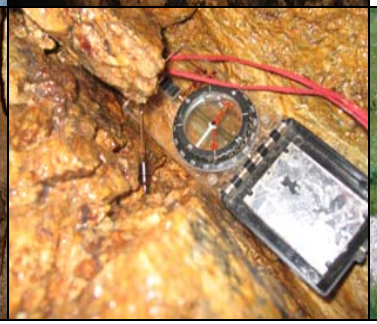
ANEXO X
IMAGENS DAS CAPTAÇÕES

SECTOR DO SOUTO NOVO				
Captação	**Tipo**	**Aspectos do exterior da captação**		**Local de medições**
SN1d	Dreno			
SN2d	Dreno			
SN3d	Dreno			

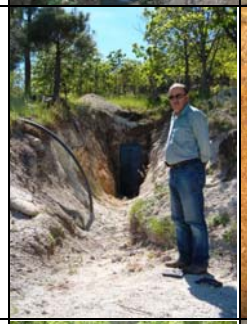
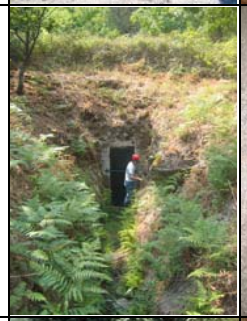
SECTOR DO SOUTO NOVO				
Captação	**Tipo**	**Aspectos do exterior da captação**		**Local de medições**
SN4d	Dreno			
SN6d	Dreno			
SN8d	Dreno			
SN9d	Dreno			

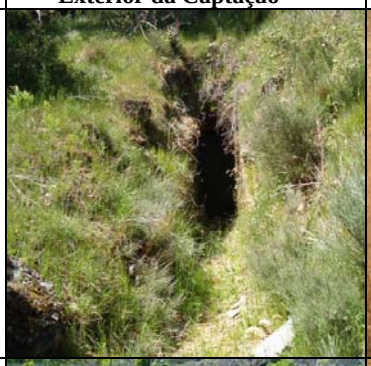
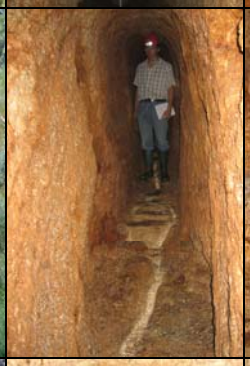
SECTOR DO SOUTO NOVO					
Captação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Final da captação**	**Local de medições**
SN5m	Mina				
SN7m	Mina				
SN10m	Mina				

SECTOR DO PIÃO						
Designação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Fim da captação**	**Principais fracturas**	**Local de medição**
P1m	Mina					
P2m	Mina					
P3m	Mina					
P4m	Mina					

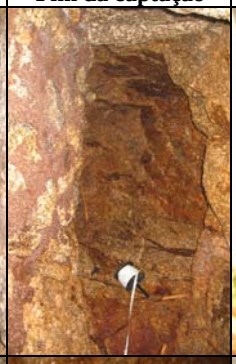
SECTOR DO PIÃO						
Designação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Fim da captação**	**Principais fracturas**	**Local de medição**
P5m	Mina					
P7m	Mina					
P8m	Mina					
P9m	Mina					

SECTOR DO PIÃO				
Captação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Pormenor da captação**	**Local de medições**
P10f	Furo			
P11f	Furo			

SECTOR DA NAVE DE HAVER					
Designação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Fim da captação**	**Local de medição**
NH1m	Mina				
NH2m	Mina				
NH3m	Mina				
NH5m	Mina				

SECTOR DA NAVE DE HAVER					
Designação	**Tipo**	**Exterior da Captação**	**Interior da captação**	**Fim da captação**	**Local de medição**
NH7m	Mina				
NH8m	Mina				
NH10m	Mina				
NH11m	Mina				
NH12m	Mina				

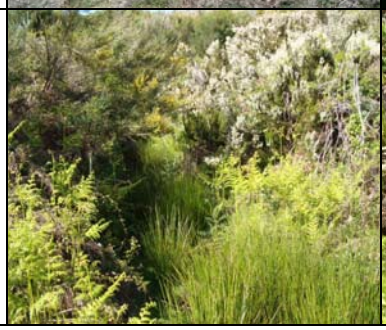
SECTOR DA NAVE DE HAVER				
Designação	**Tipo**	**Exterior da Captação**	**Pormenor da Captação**	**Local de medição**
NH4n	Nascente			
NH6n	Nascente			
NH9d	Dreno			
NH13n	Nascente			
NH14n	Nascente			
NH15n	Nascentes			

SECTOR DA ROSA NEGRA					
Designação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Fim da captação**	**Local de medição**
RN1m	Mina				
RN2m	Mina				
RN3m	Mina				-
RN4m	Mina				
RN5m	Mina				-

SECTOR DA ROSA NEGRA					
Designação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Fim da captação**	**Local de medição**
RN6m	Mina				
RN7m	Mina				
RN8m	Mina				
RN9m	Mina				
RN10m	Mina				

SECTOR DA ROSA NERA						
Designação	**Troço**	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Fim da captação**	**Local de medição**
RN11m	-	Mina				
RN12m	-	Mina				

SECTOR DO ALTO DO MONTEIRO				
Captação	**Tipo**	**Aspectos da captação**		**Local de Medições**
AM1d	Dreno			
AM2d	Dreno			
AM3d	Dreno			
AM4n	Nascente			
AM5d	Dreno			
AM6n	Nascente			

SECTOR DO ALTO DO MONTEIRO				
Captação	**Tipo**	**Aspectos da captação**		**Local de medições**
AM8m	Mina			
AM9d	Dreno			
AM10d	Dreno			
AM11d	Dreno			
AM12n	Nascente			
AM13d	Dreno			

SECTOR DA VILA DO CARVALHO					
Captação	**Tipo**	**Exterior da captação**	**Interior da captação**	**Final da captação**	**Local de medições**
VC1m	Mina				
VC2m	Mina				
VC3m	Mina				
VC4m	Mina				

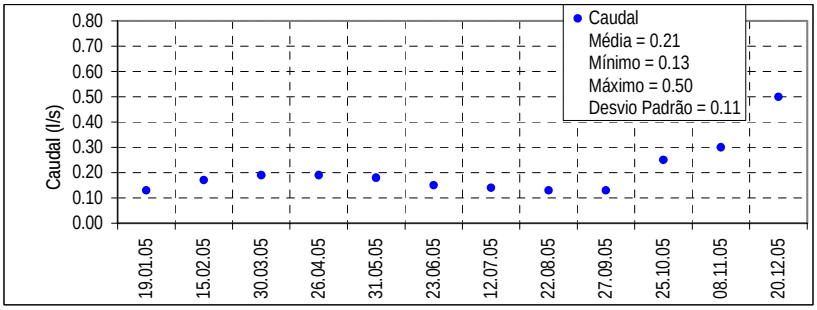
SECTOR DO TEIXOSO				
Designação	**Tipo**	**Aspectos da captação**		**Local de medição**
T2d	Dreno			
T4d	Dreno			
T8f	Furo			
T9f	Furo			
T11m	Mina			
T12m	Mina			

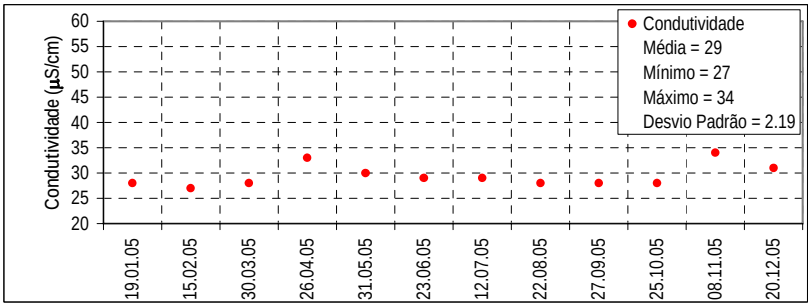
L

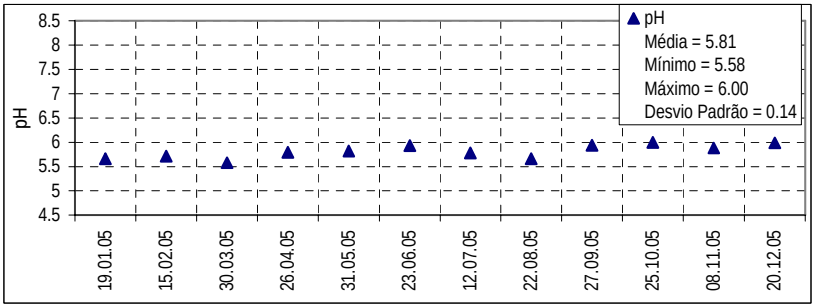
SECTOR DO TEIXOSO				
Designação	**Tipo**	**Aspectos da captação**		**Local de Medição**
T1n	Nascente			
T5n	Nascente			
T7n	Nascente			
T13n	Nascente			

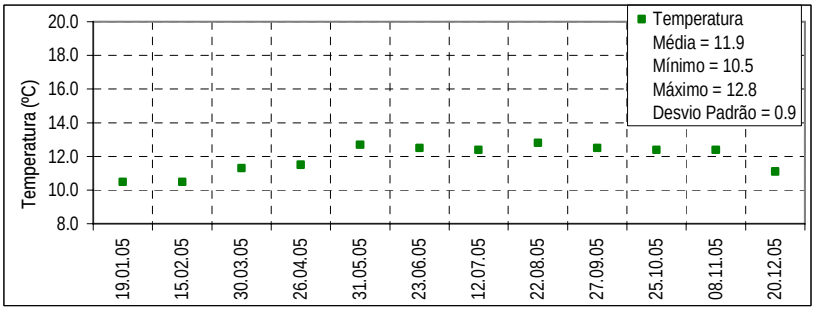
ANEXO XI
GRÁFICOS DOS PARÂMETROS "IN SITU" POR CAPTAÇÃO

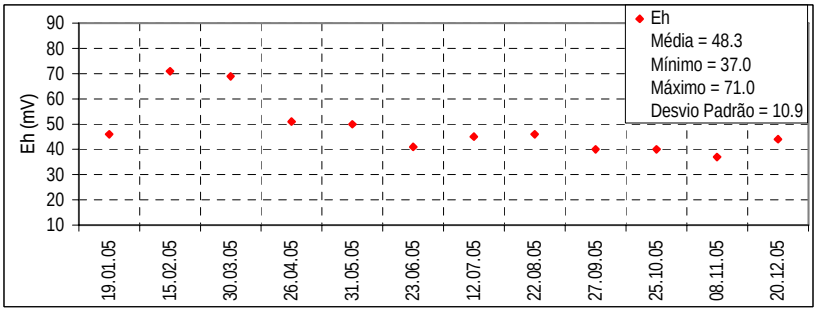
CAPTAÇÃO - SN1d



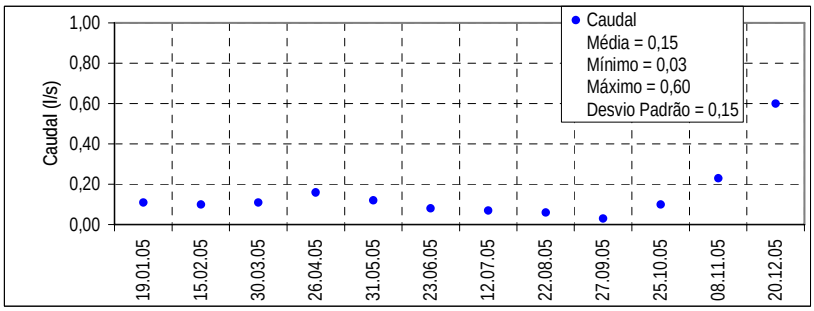


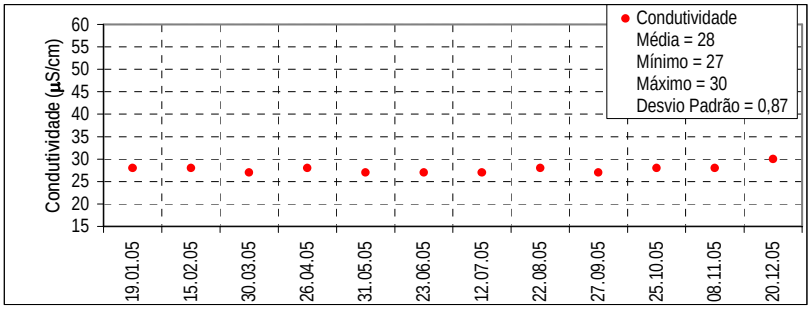


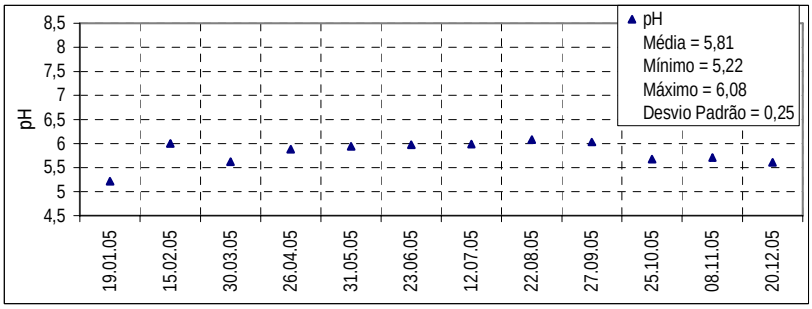


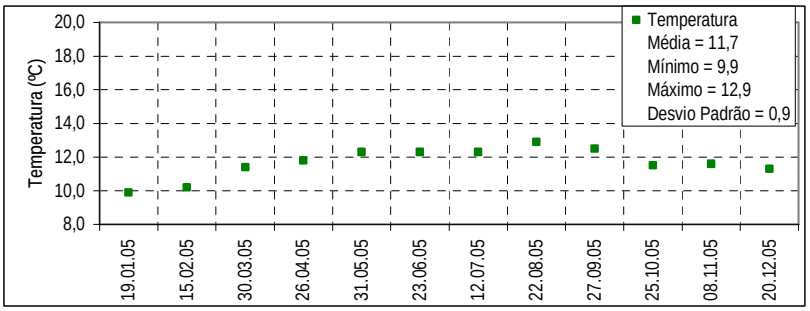


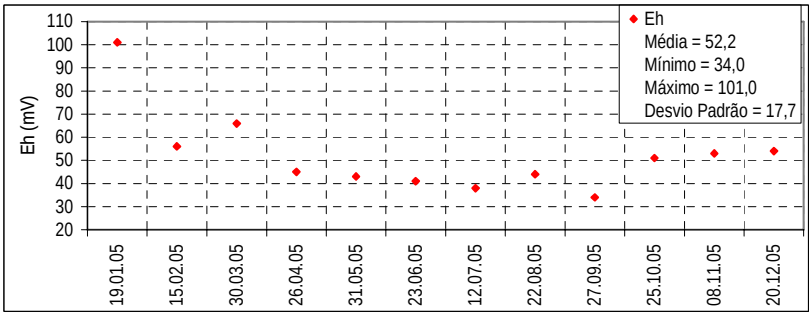
CAPTAÇÃO - SN2d



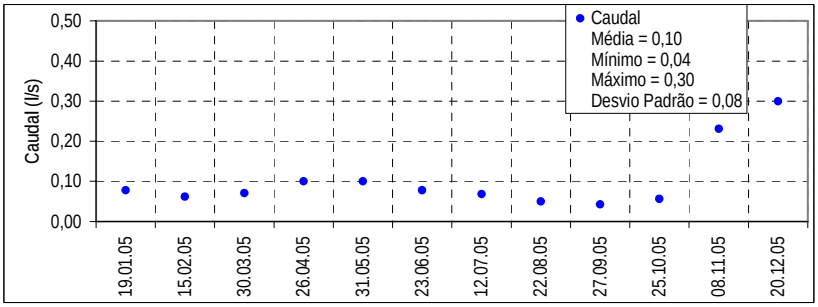


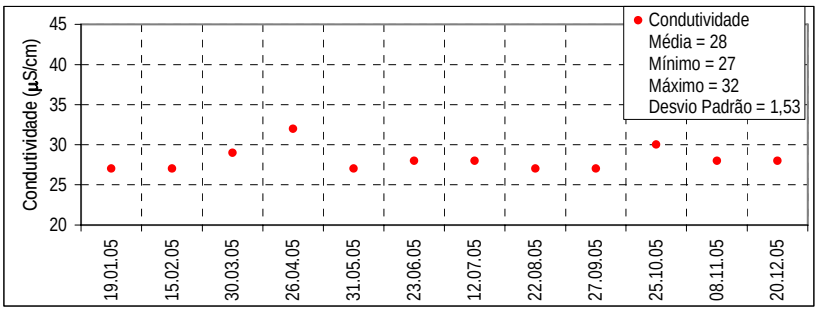


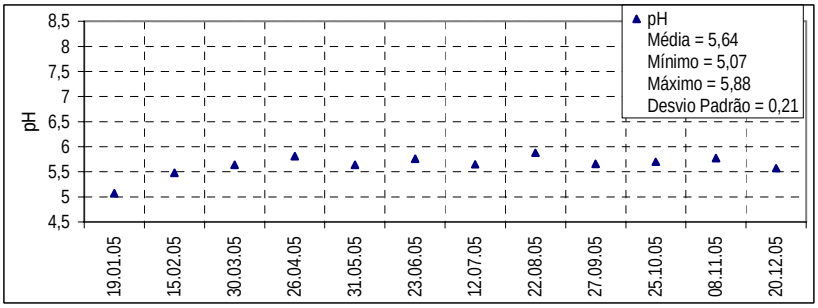


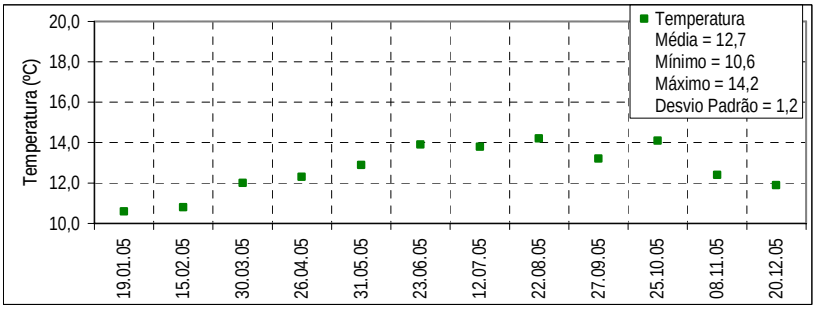


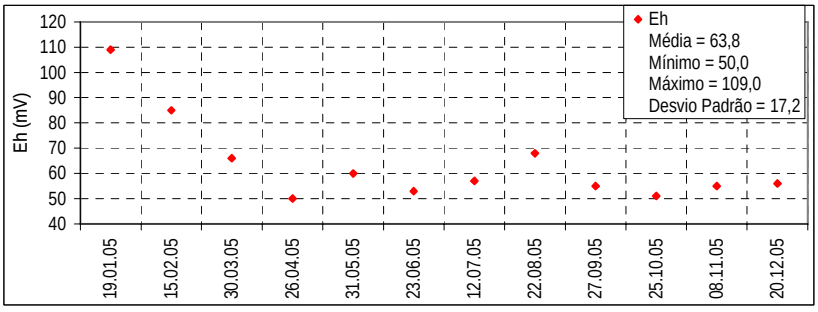
CAPTAÇÃO - SN3d



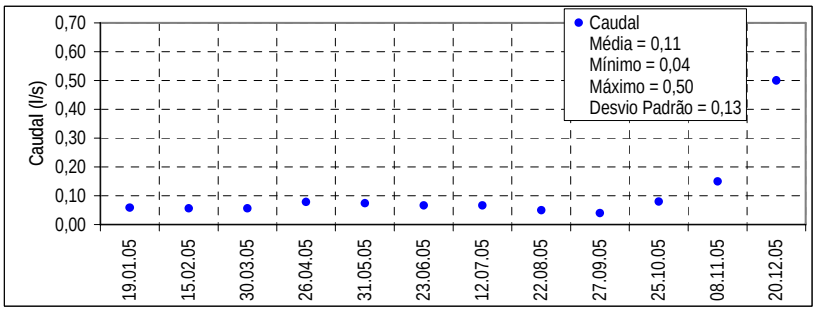


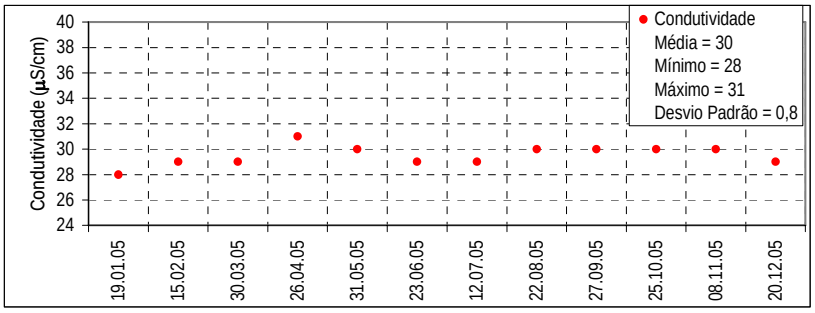


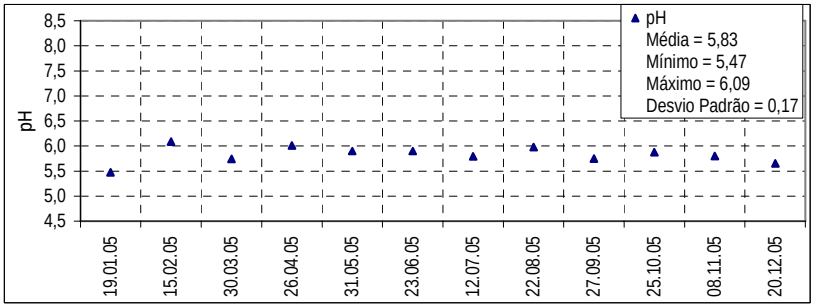


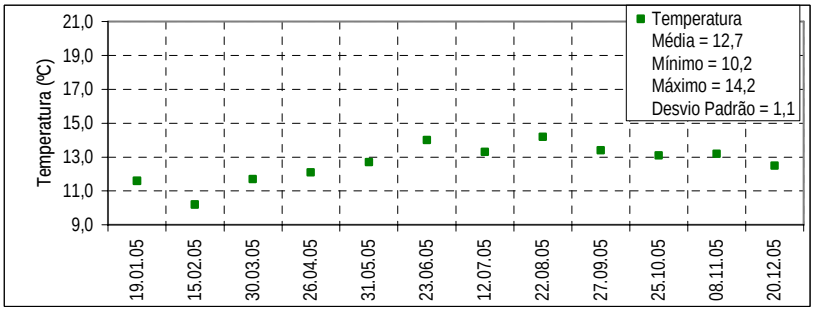


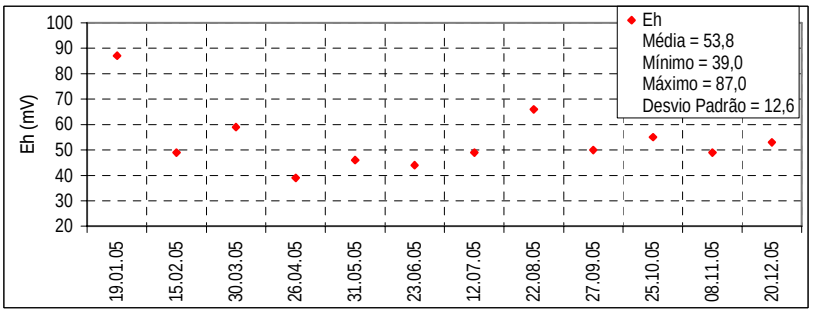
CAPTAÇÃO - SN4d



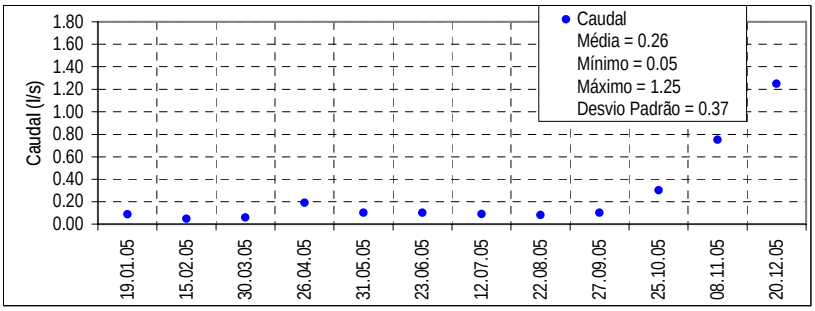


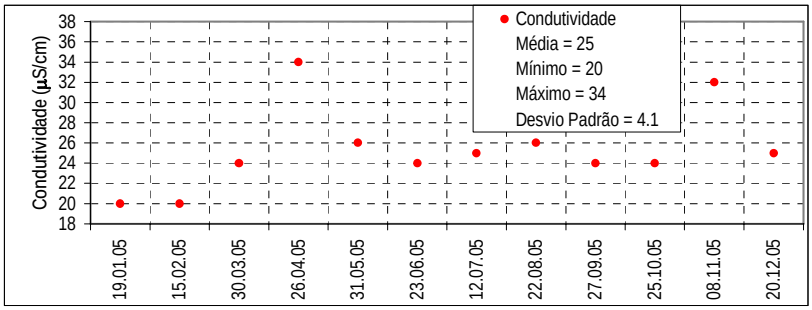


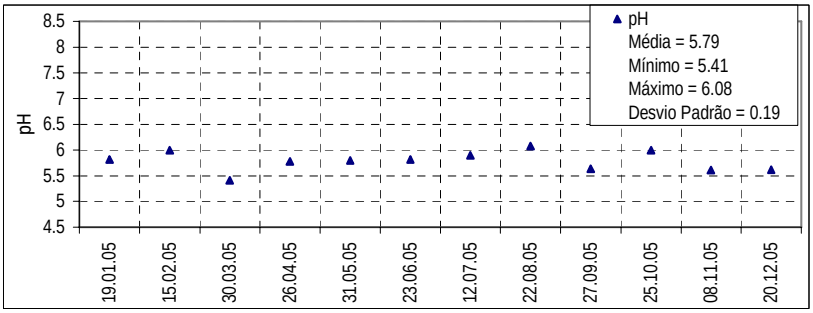


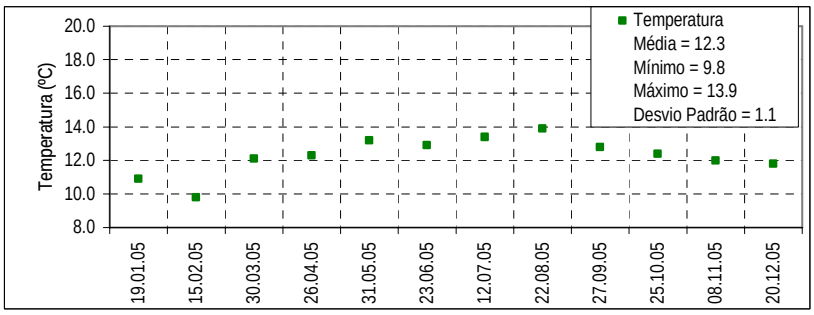


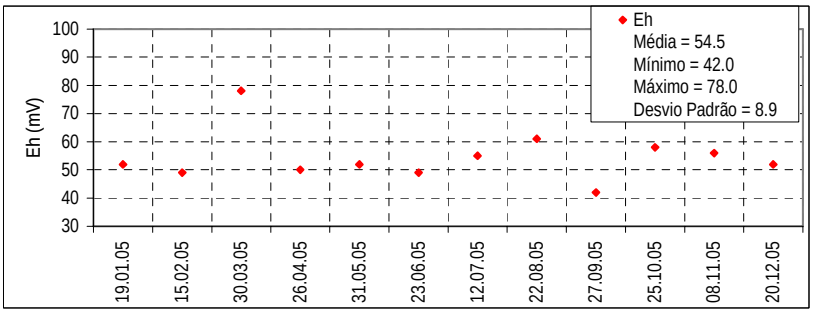
CAPTAÇÃO - SN5m



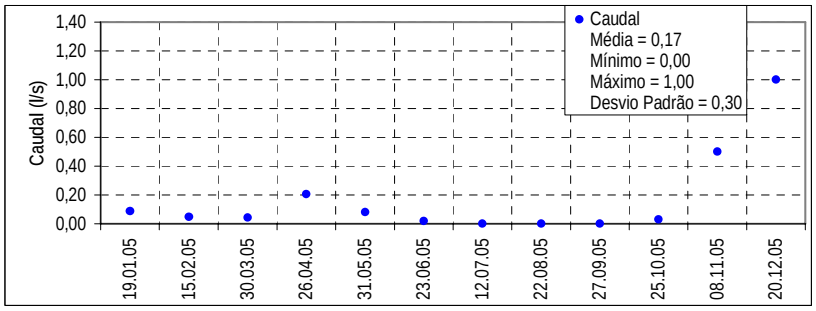


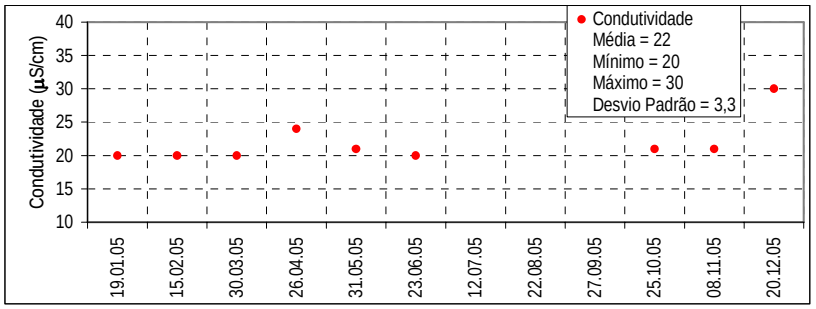


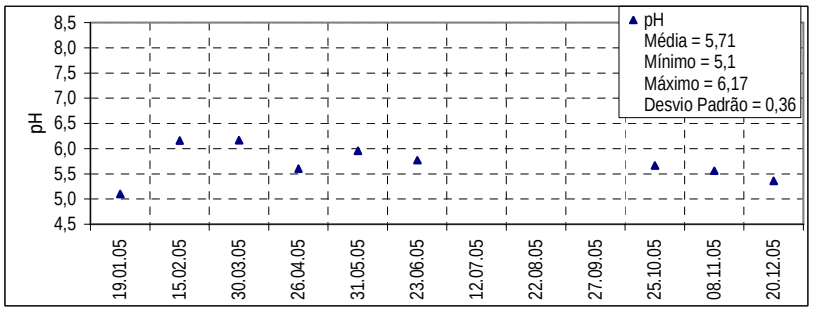


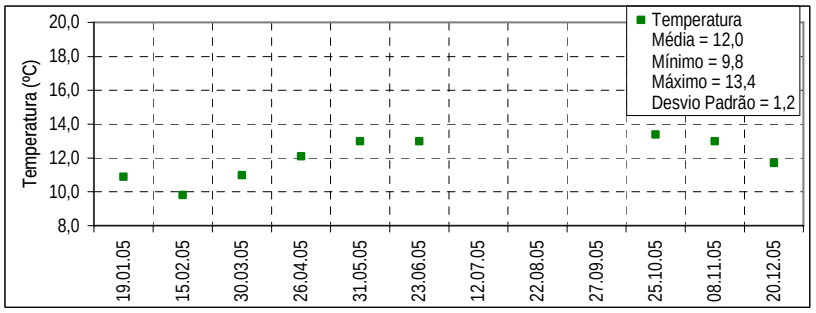


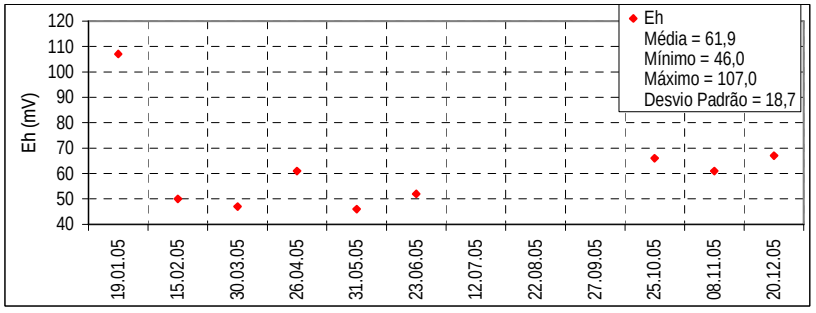
CAPTAÇÃO - SN6d





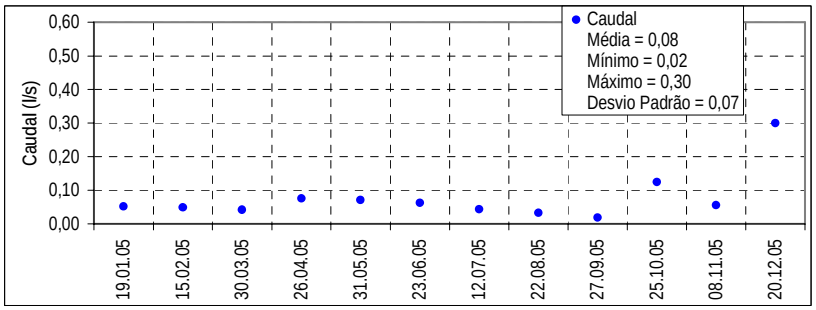


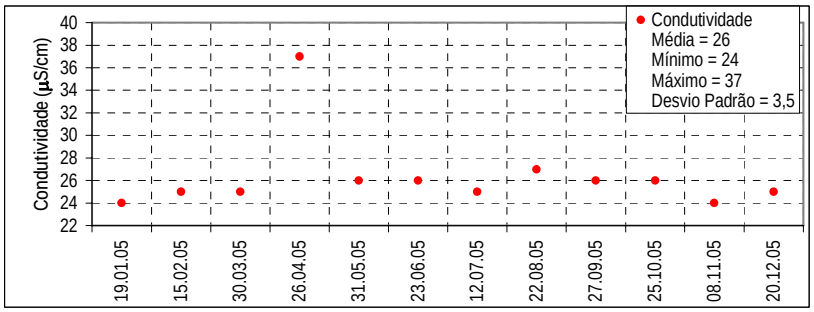


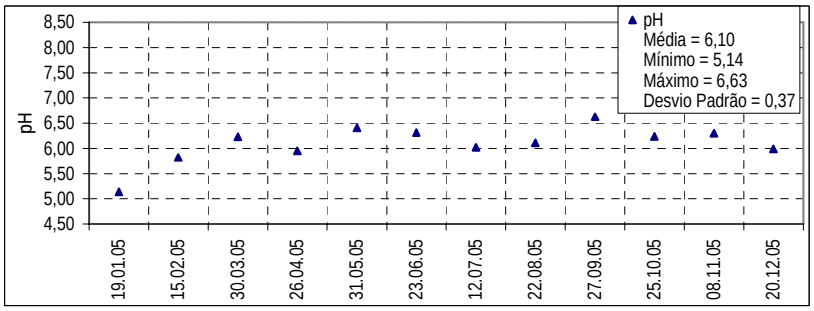


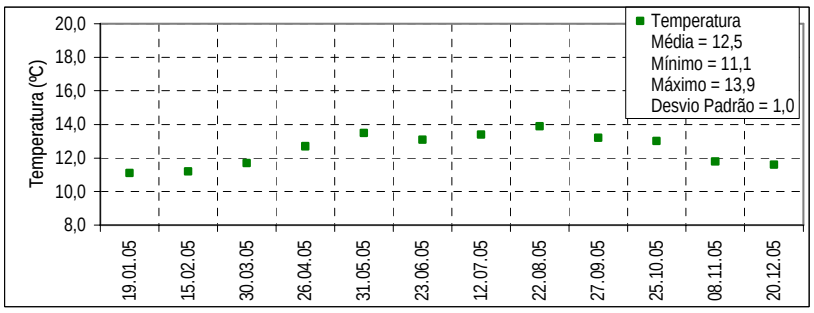
Nota: a captação nos dias 12.07., 22.08 e 27.09. apresentava-se seca.

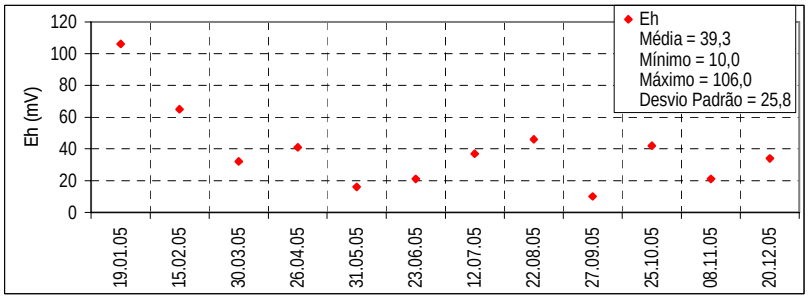
CAPTAÇÃO - SN7m



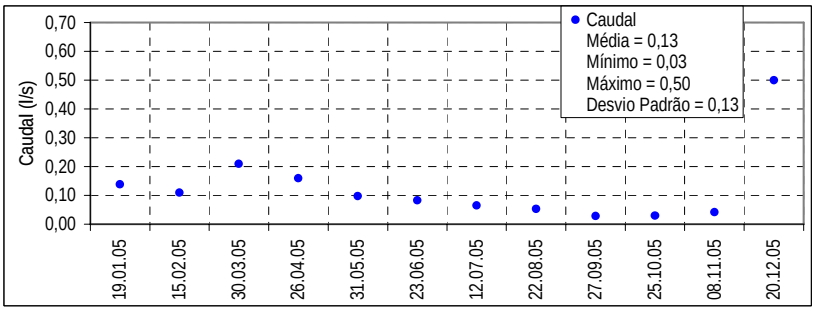


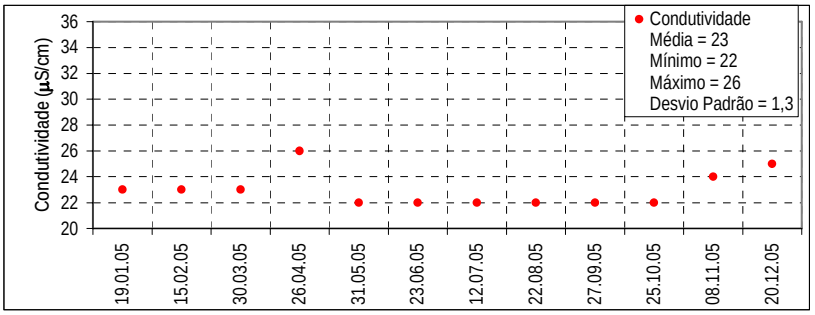


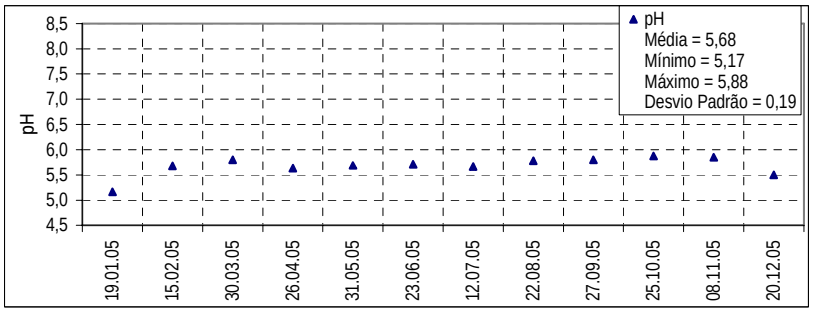


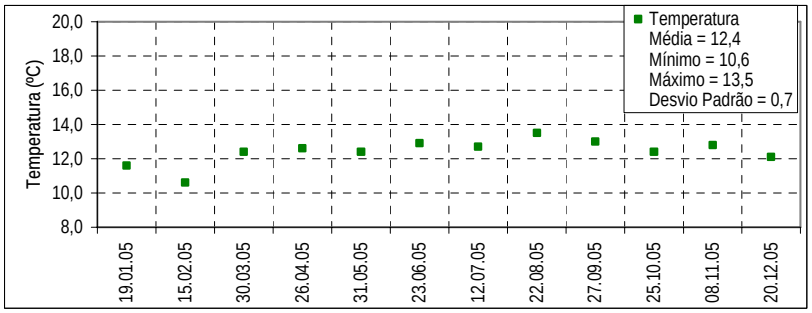


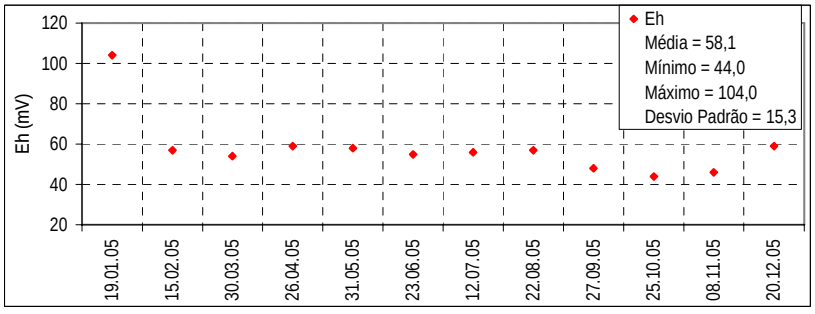
CAPTAÇÃO - SN8d



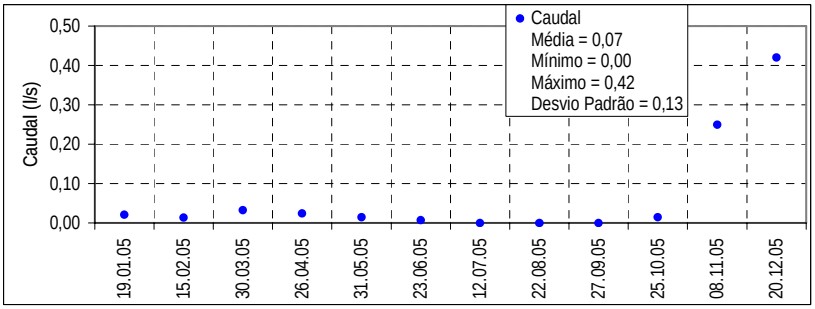


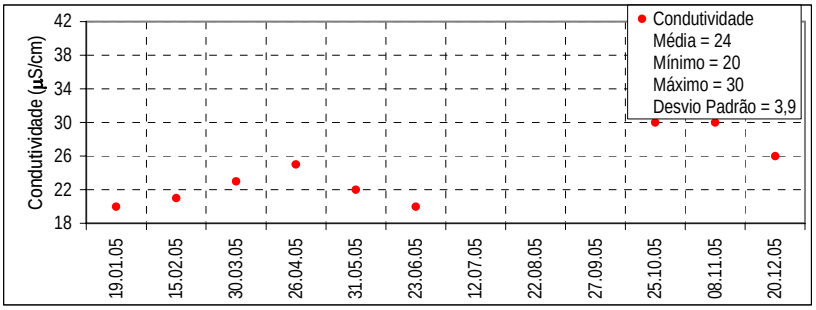


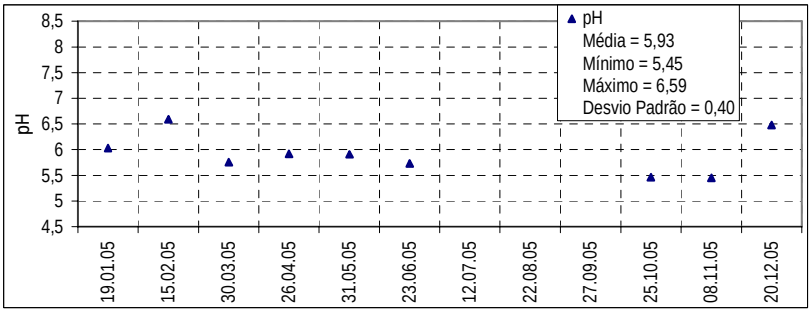


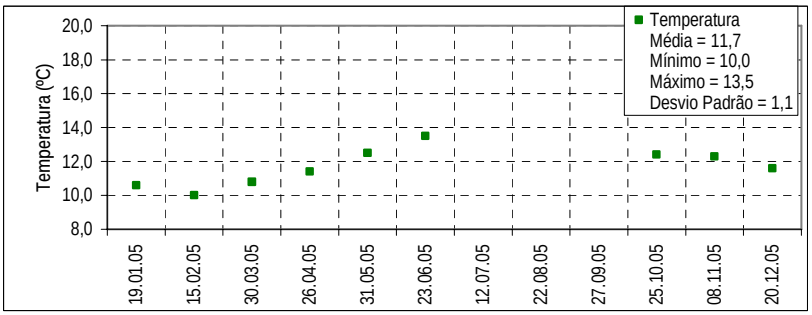


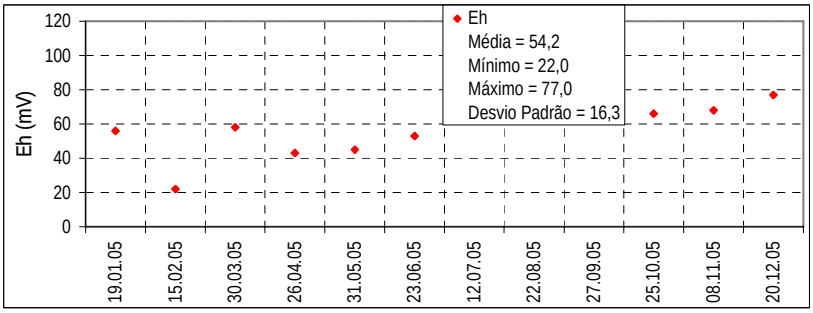
CAPTAÇÃO - SN9d





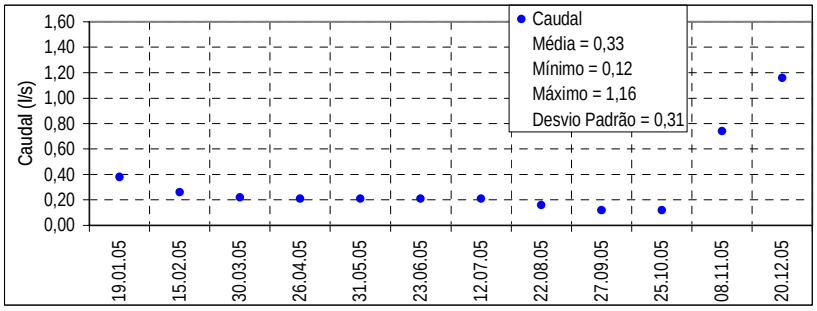


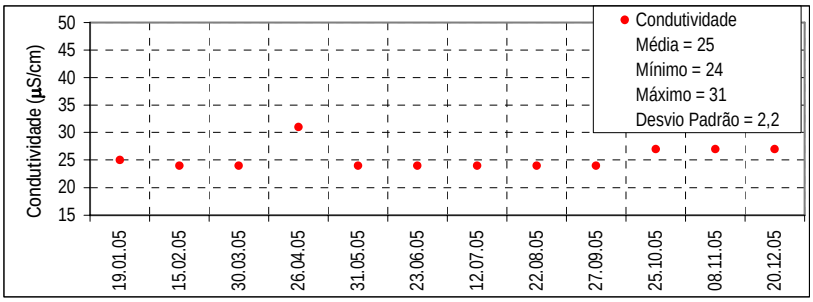


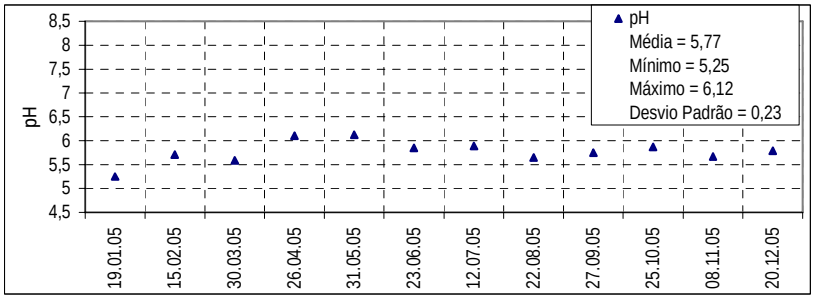


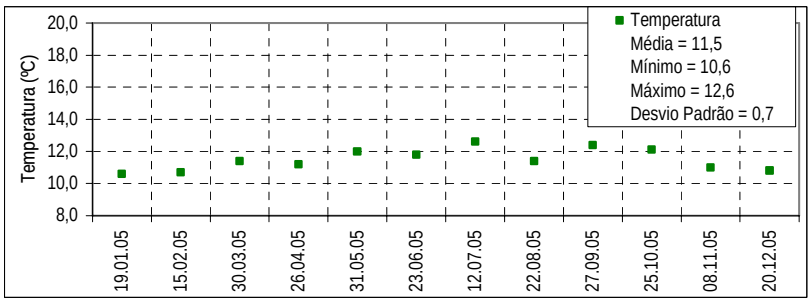
Nota: a captação nos dias 12.07, 22.08 e 27.09 apresentava-se seca.

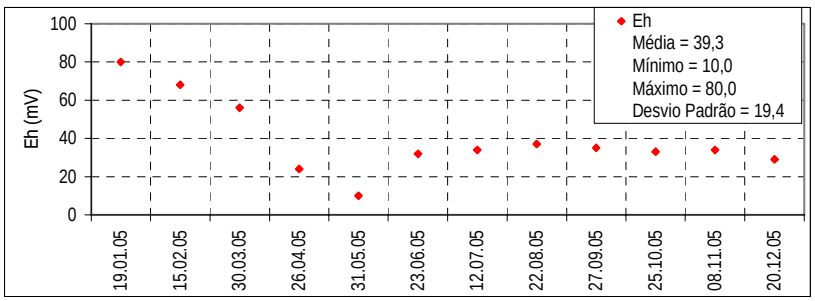
CAPTAÇÃO - SN10m



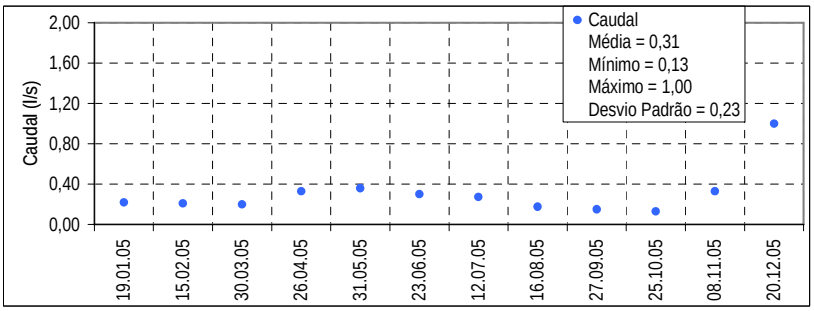


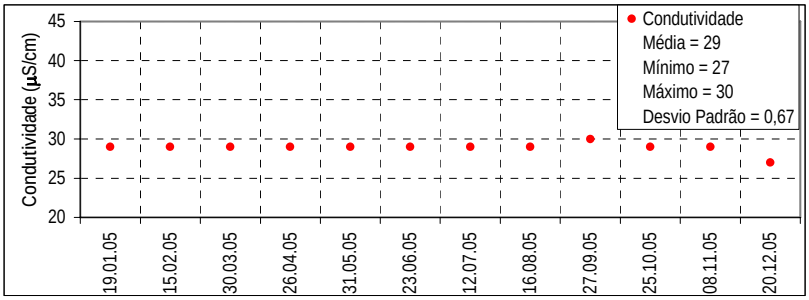


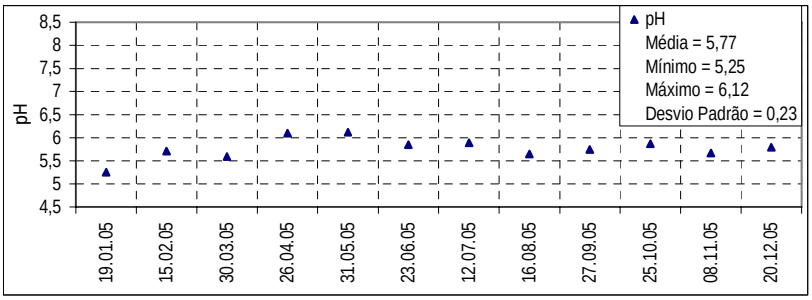


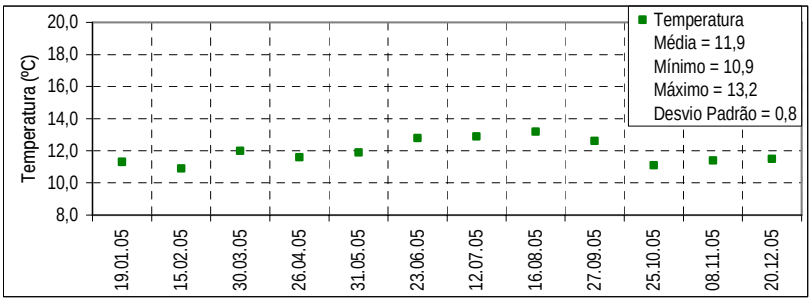


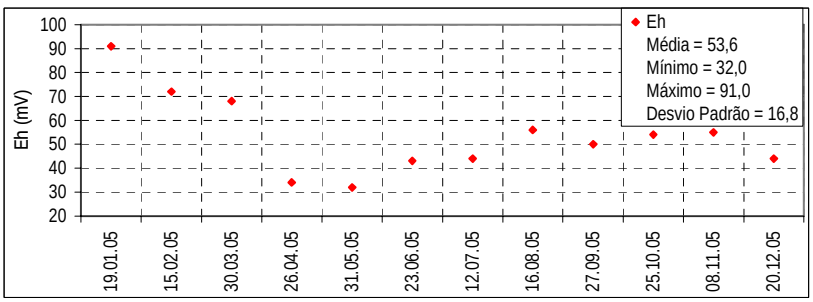
CAPTAÇÃO - P1m



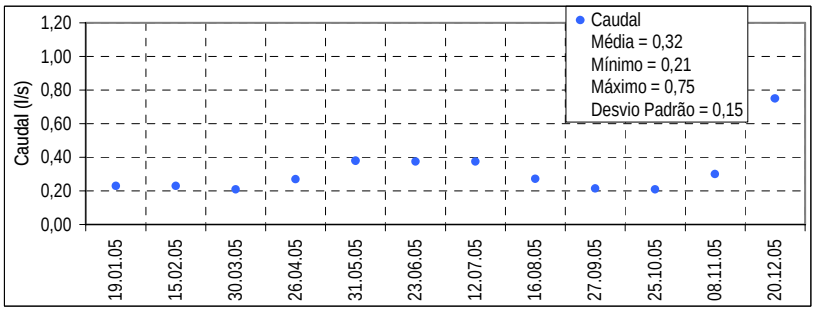


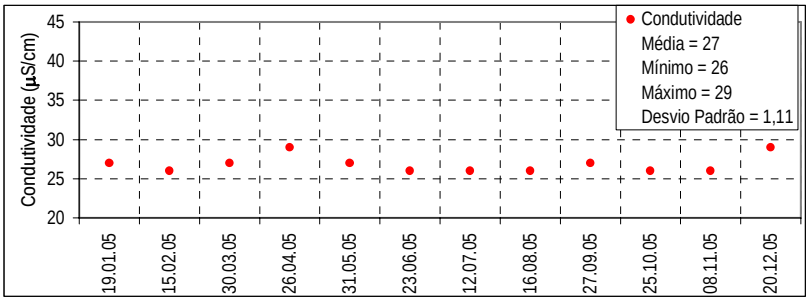


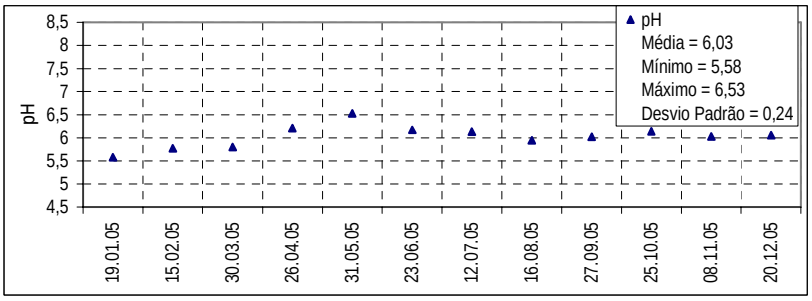


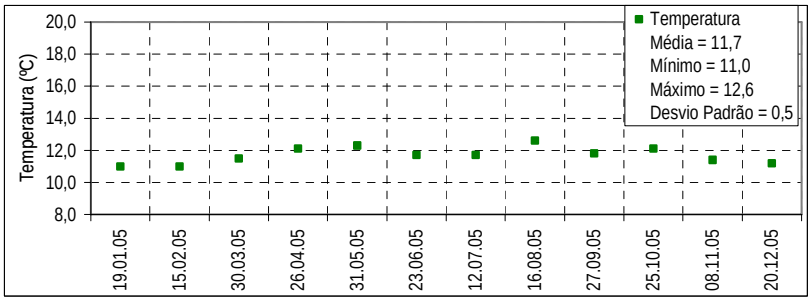


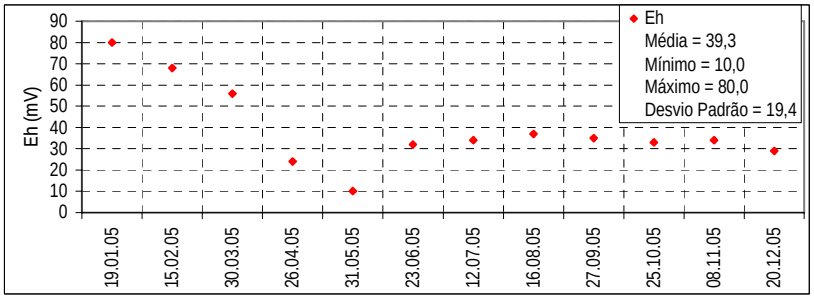
CAPTAÇÃO - P2m



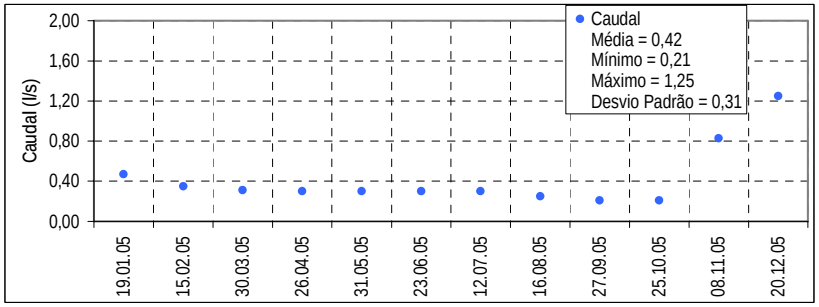


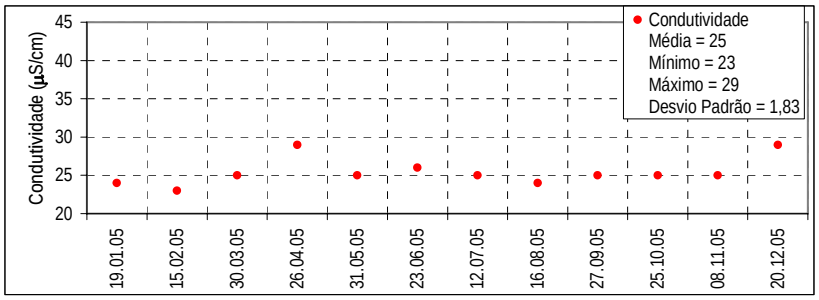


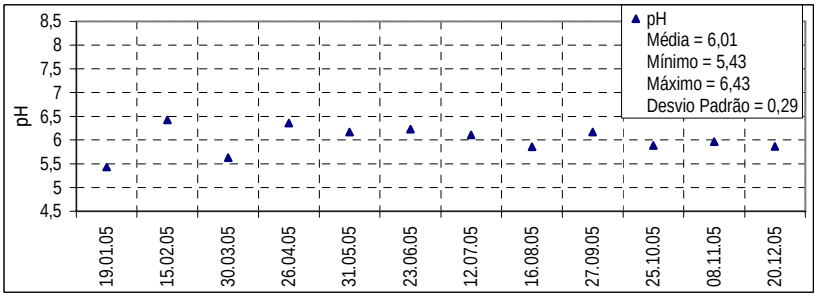


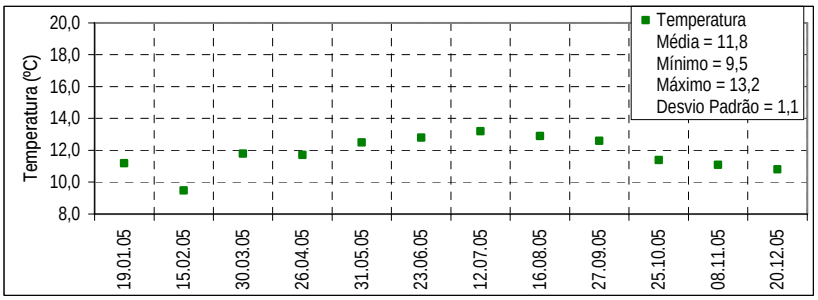


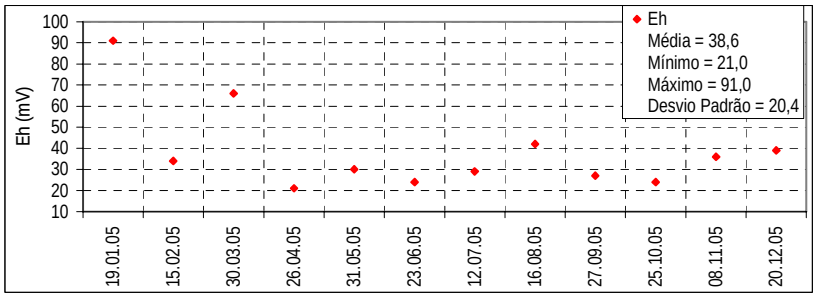
CAPTAÇÃO - P3m



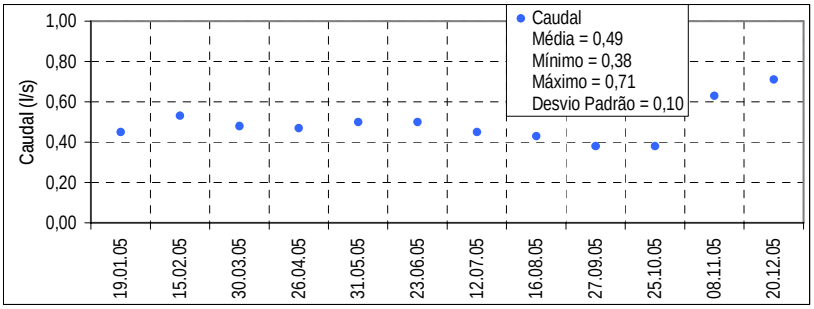


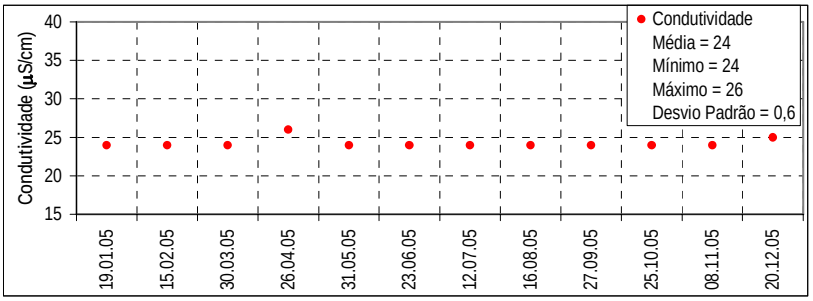


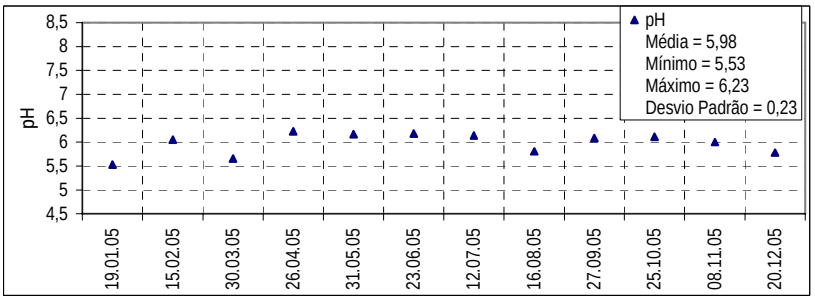


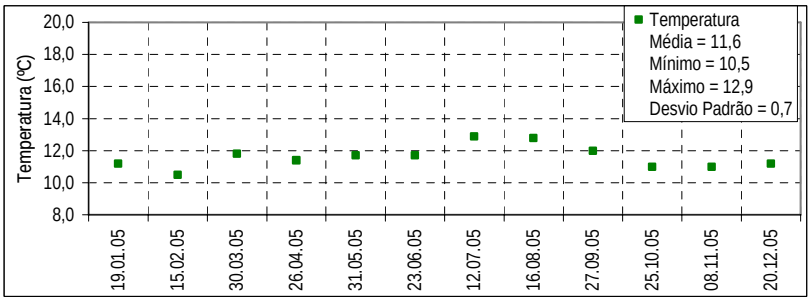


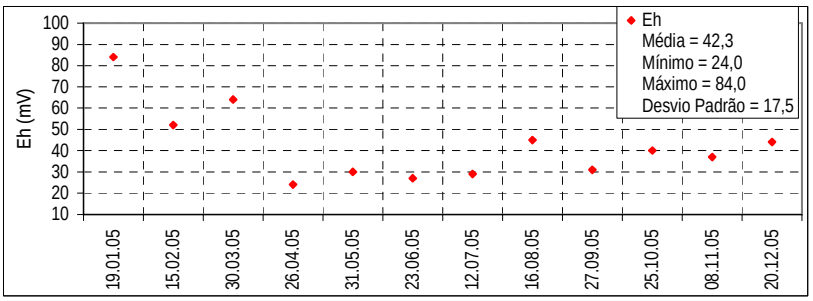
CAPTAÇÃO - P4m



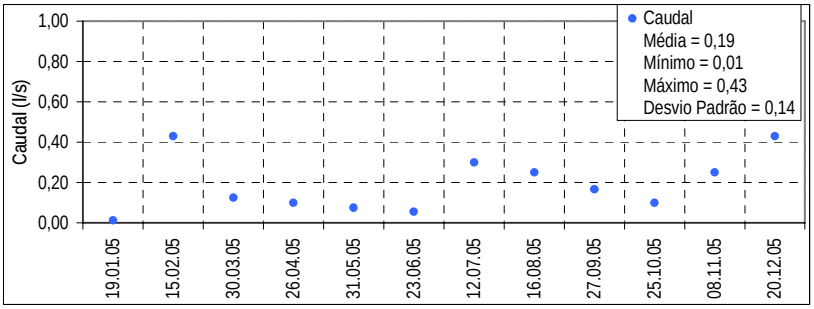


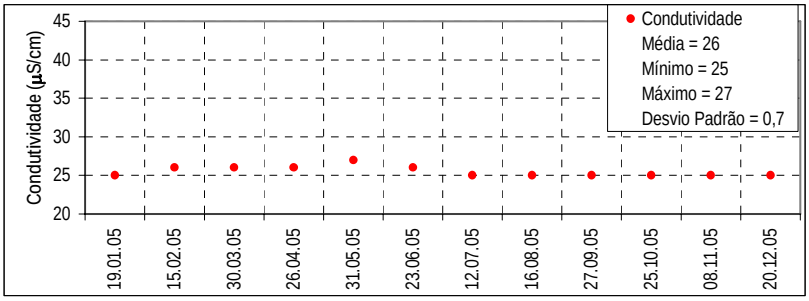


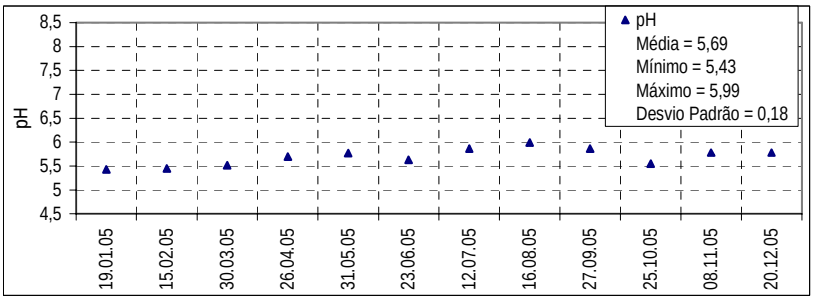


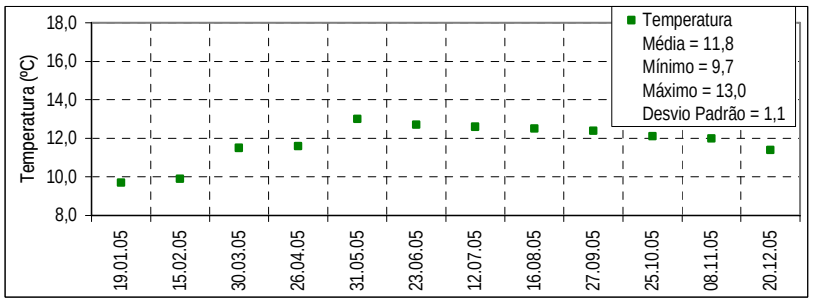


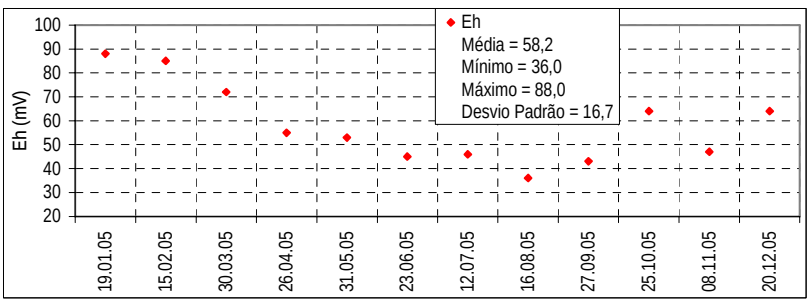
CAPTAÇÃO - P5m



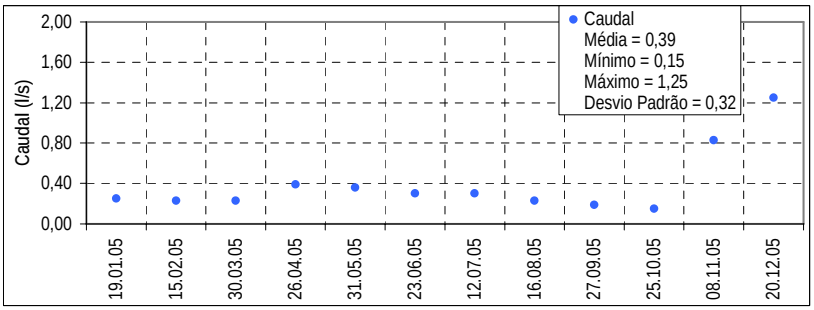


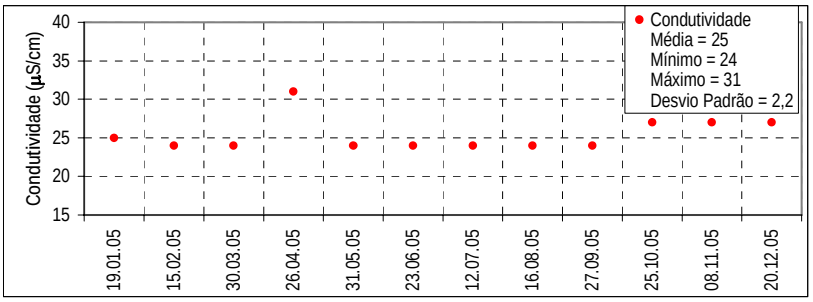


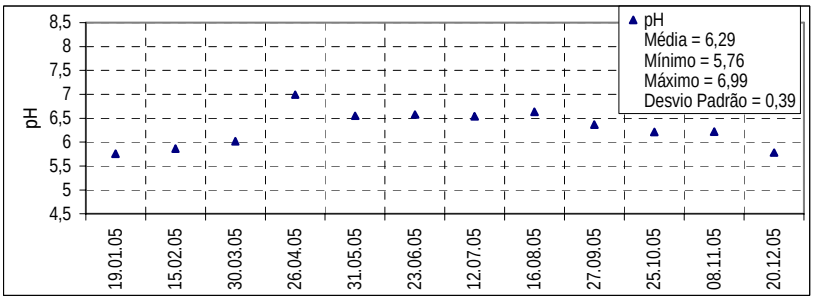


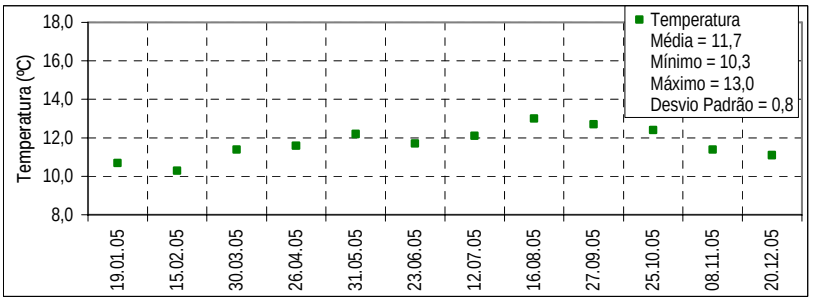


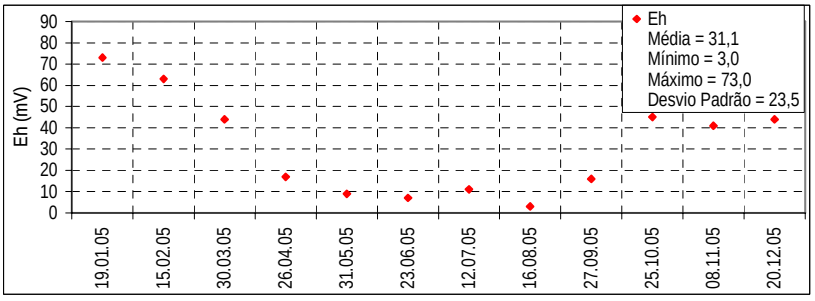
CAPTAÇÃO - P7m



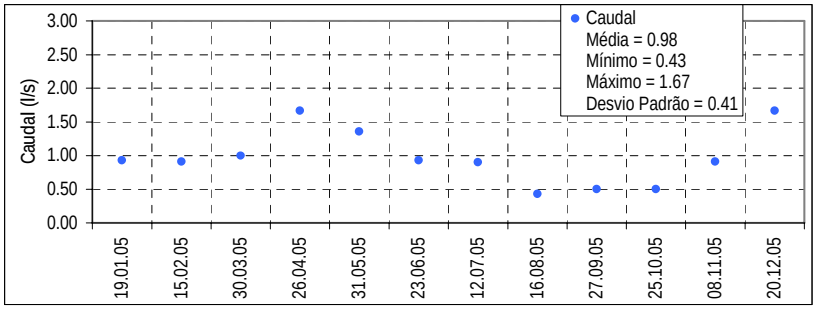


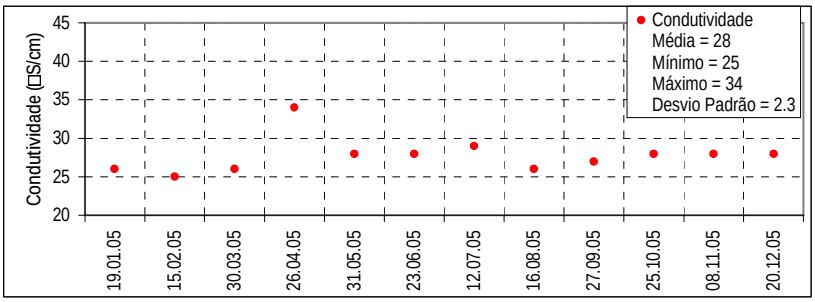


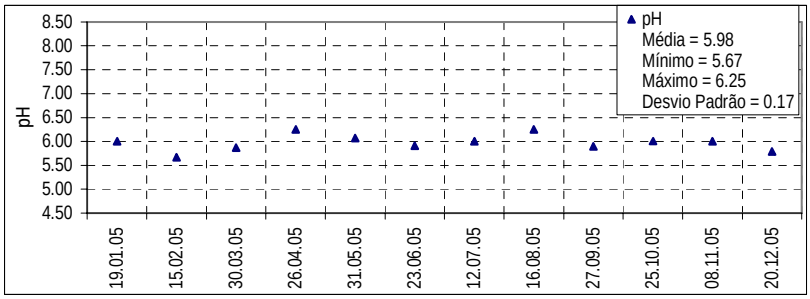


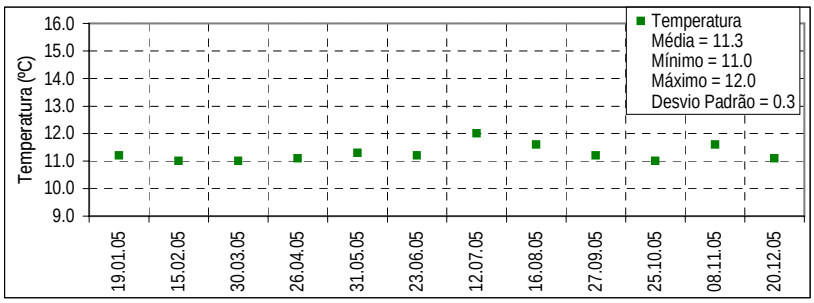


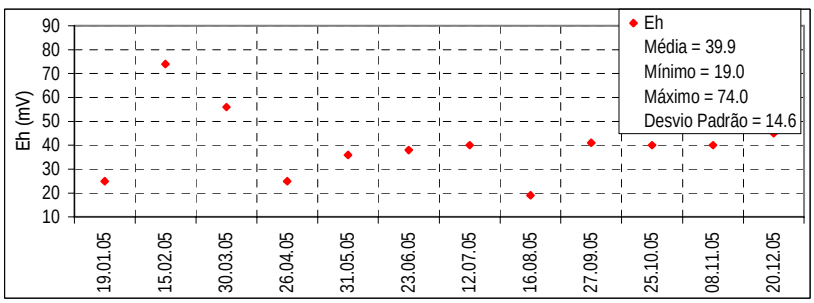
CAPTAÇÃO - P8m



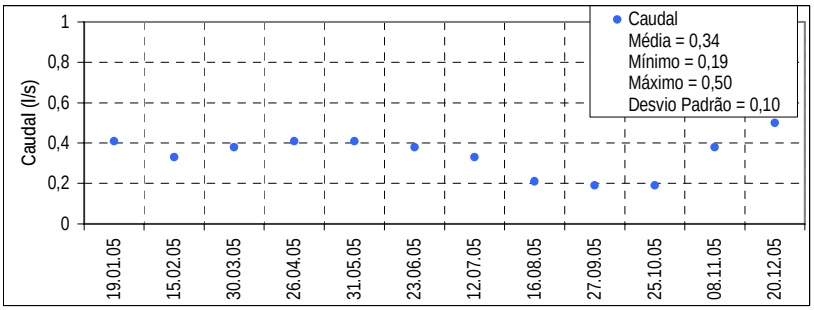


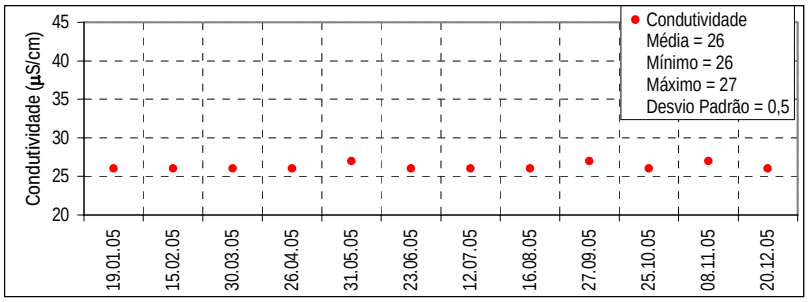


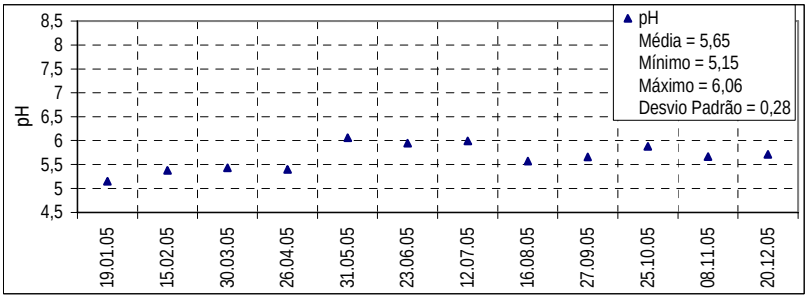


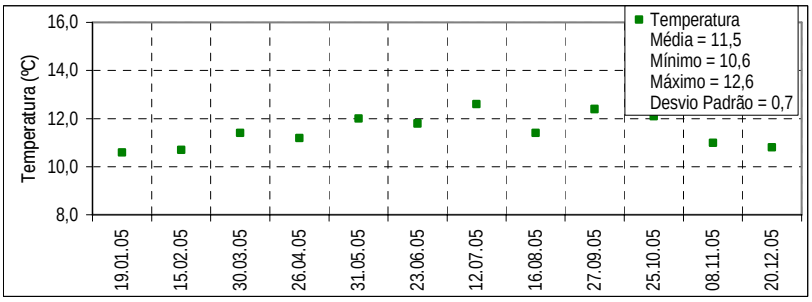


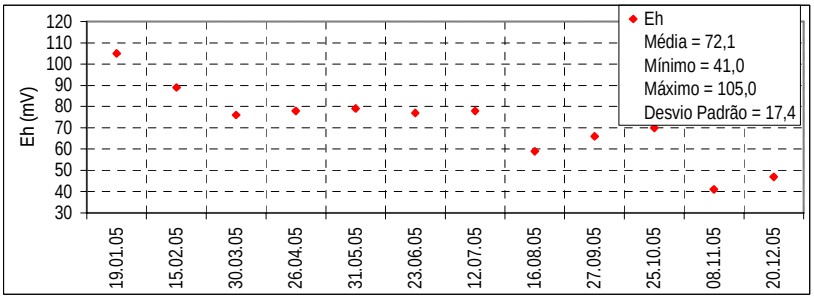
CAPTAÇÃO - P9m



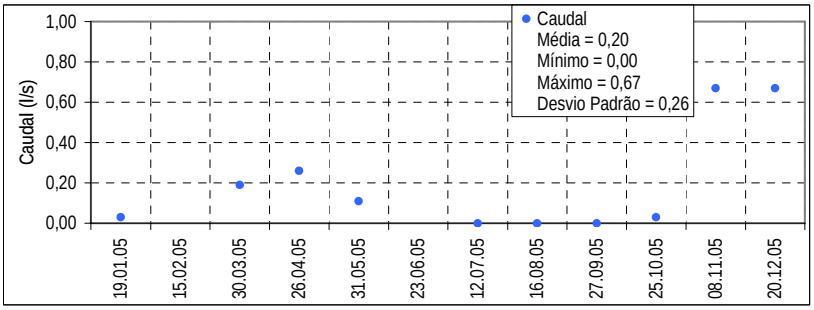


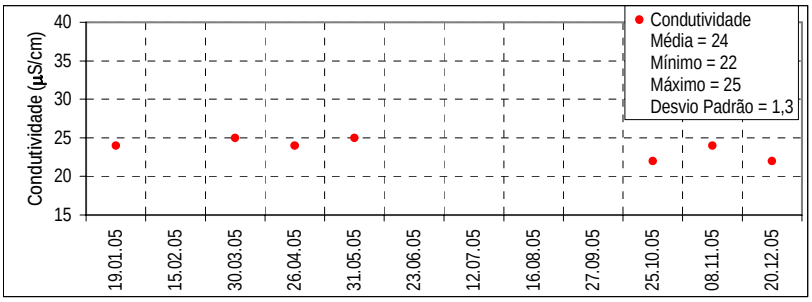


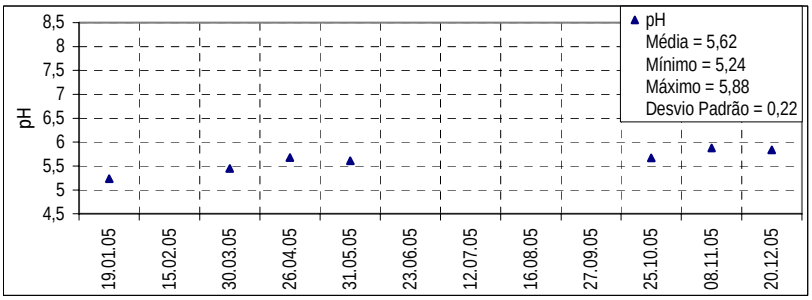


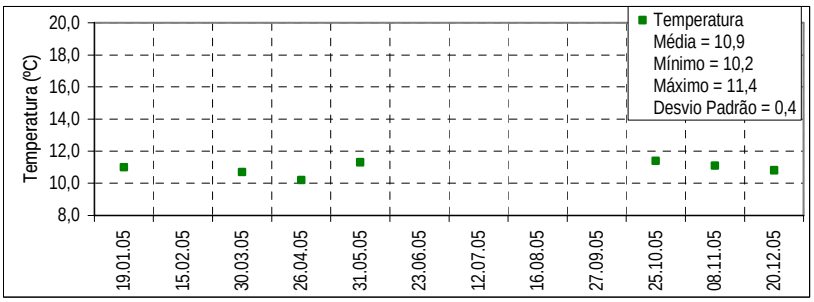


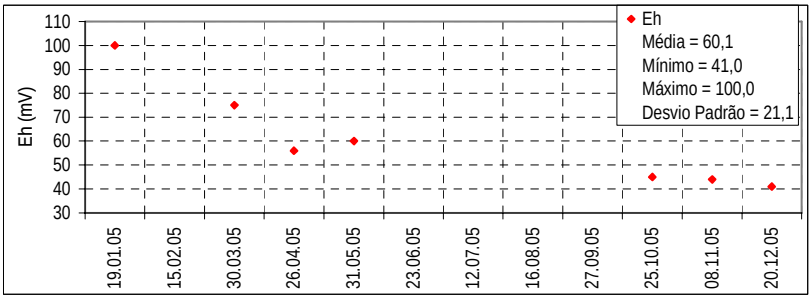
CAPTAÇÃO - P10f





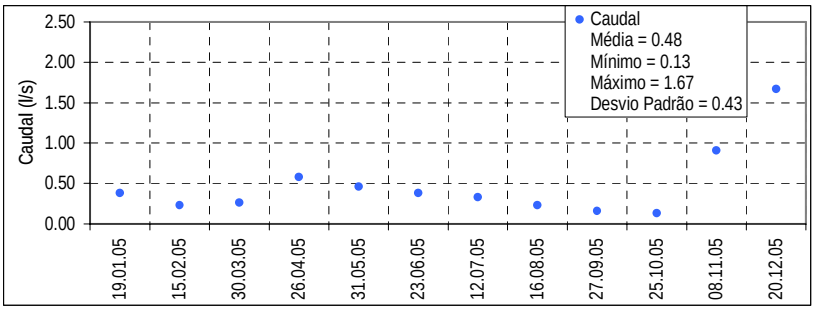


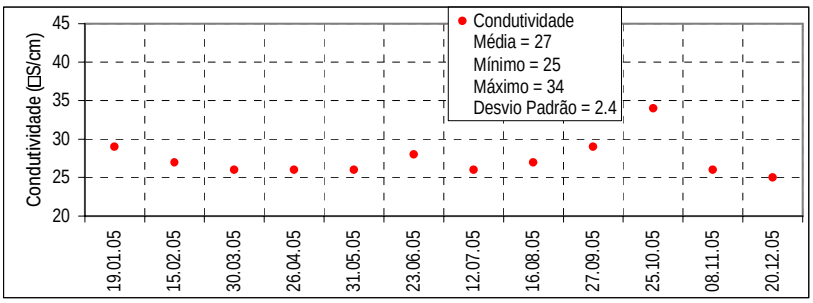


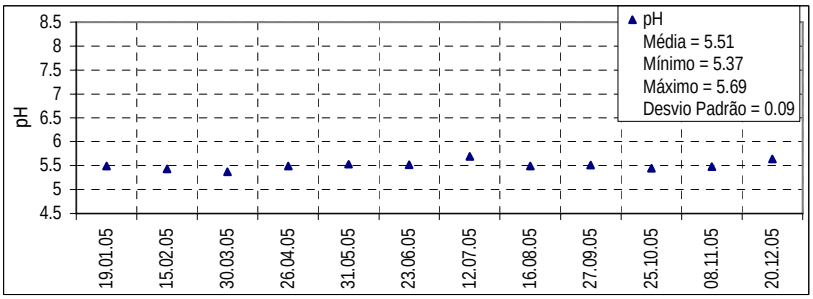


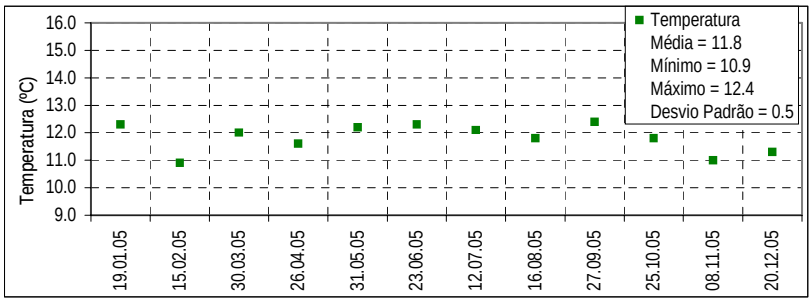
Nota: a captação nos dias 15.02, 23.06 , 12.07, 16.08 e 27.09 apresentava-se sem água

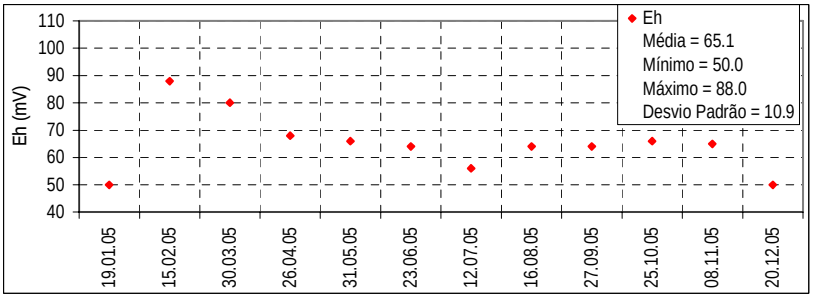
CAPTAÇÃO - P11f



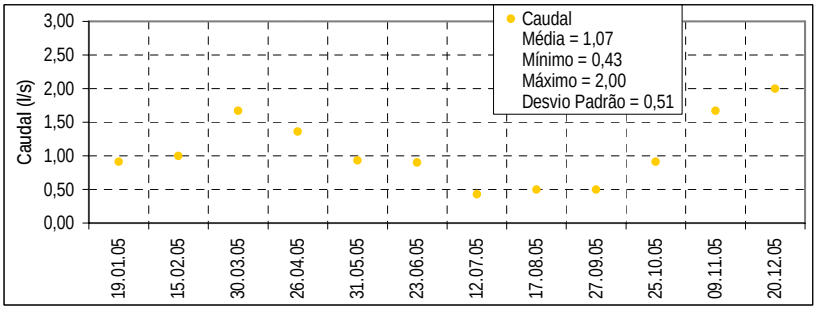


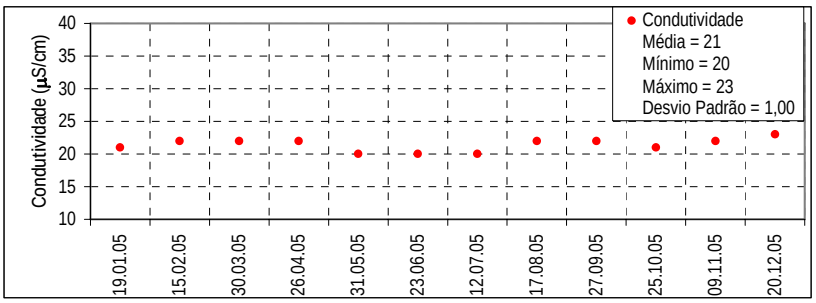


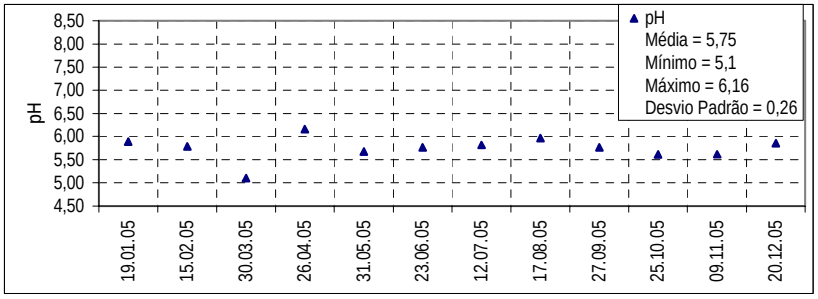


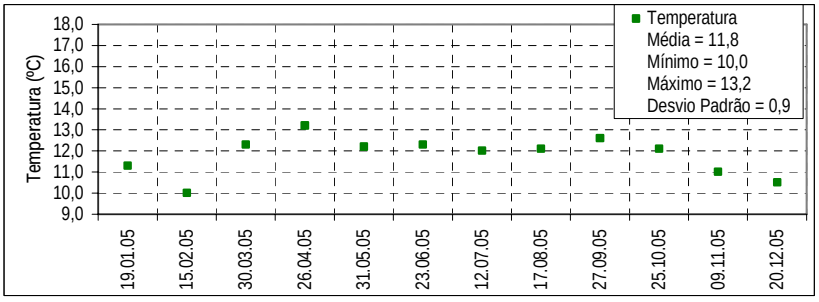


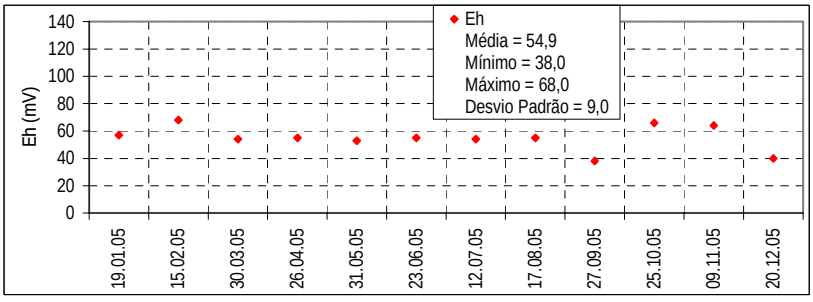
CAPTAÇÃO - NH1m



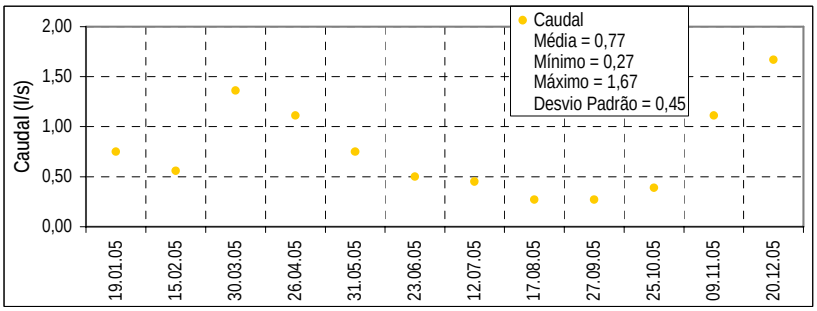


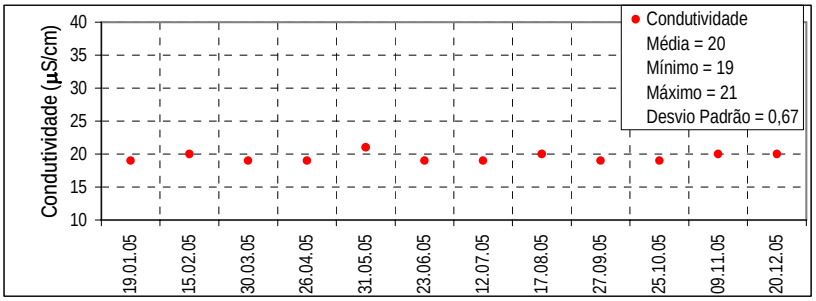


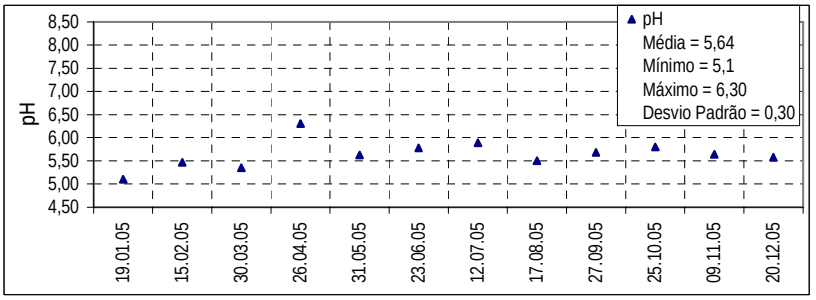


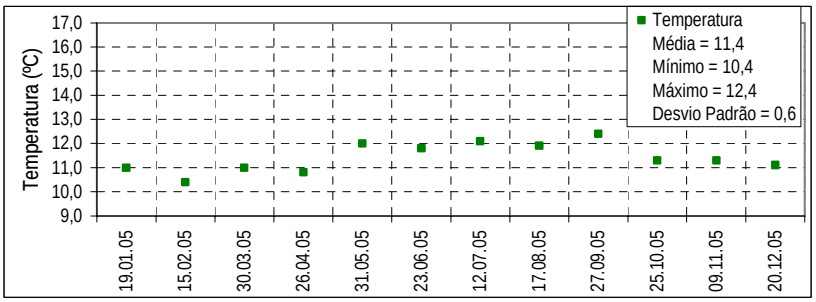


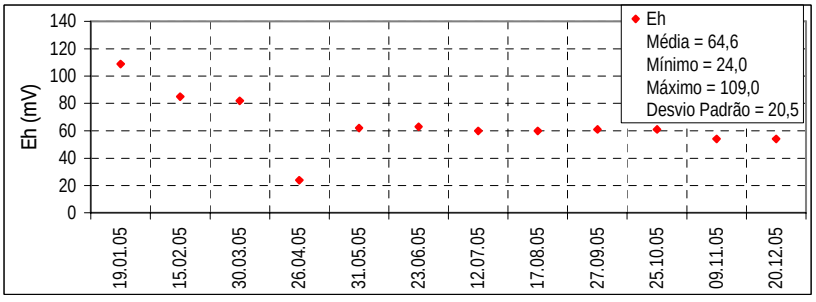
CAPTAÇÃO - NH2m



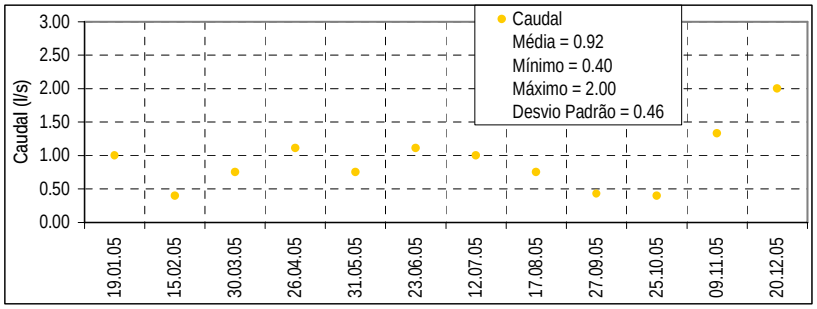


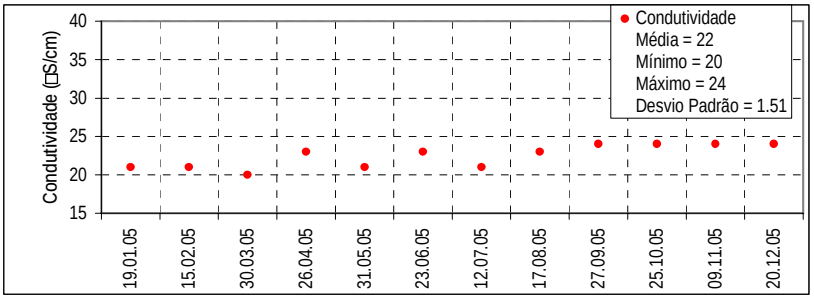


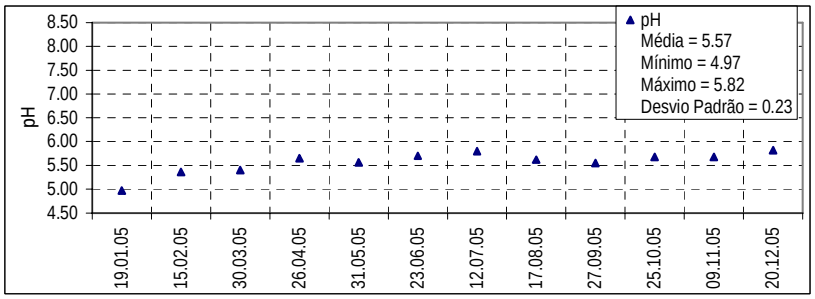


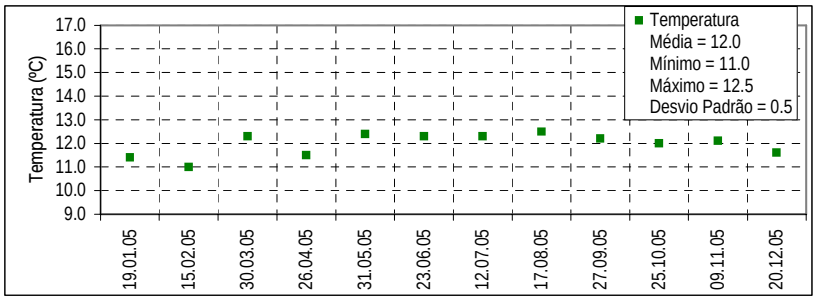


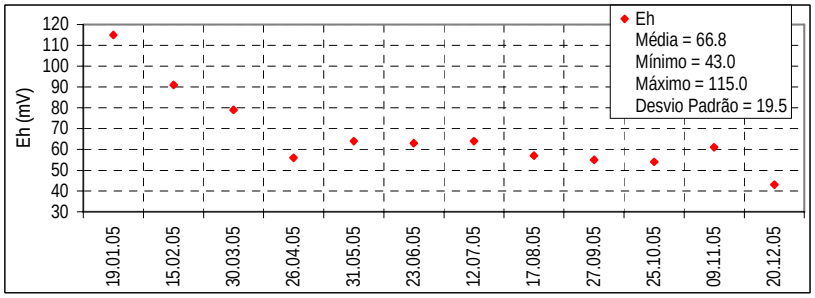
CAPTAÇÃO - NH3m



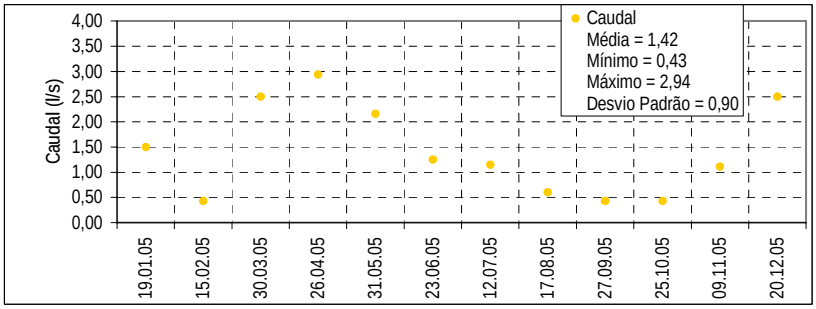


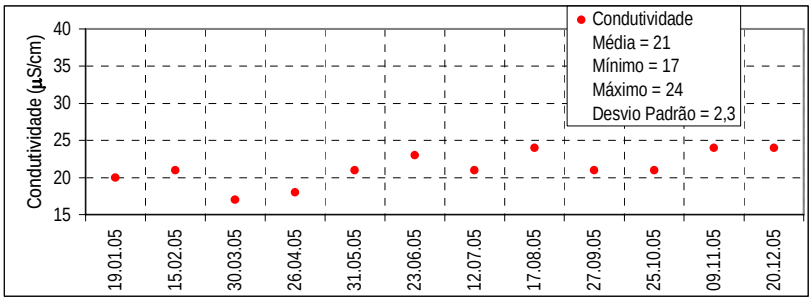


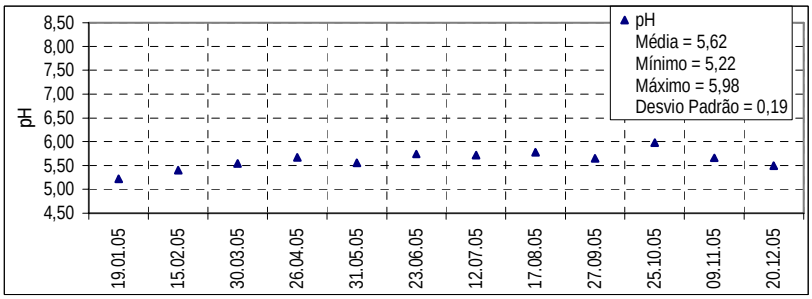


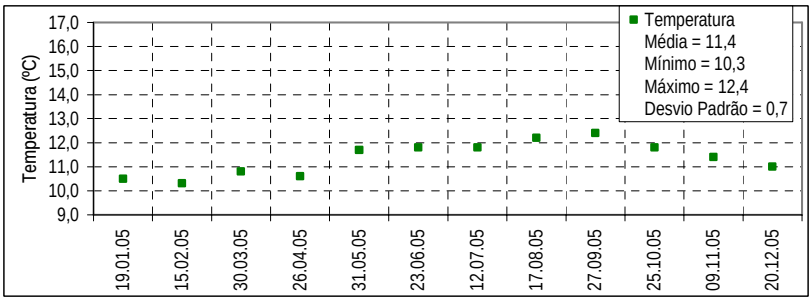


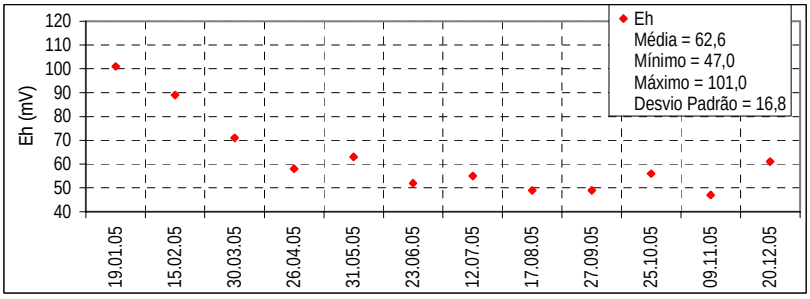
CAPTAÇÃO - NH4n



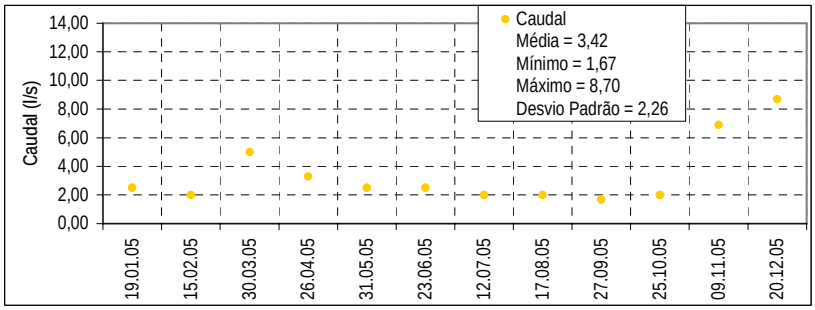


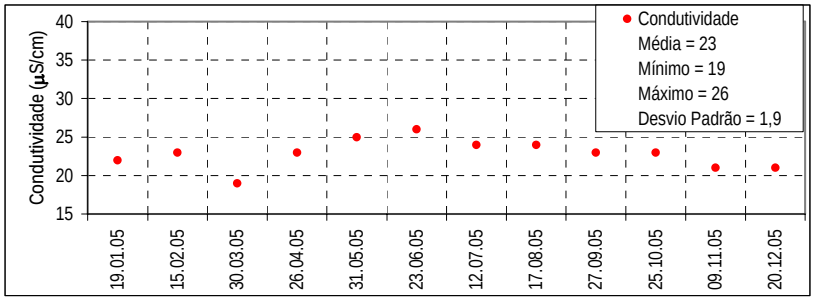


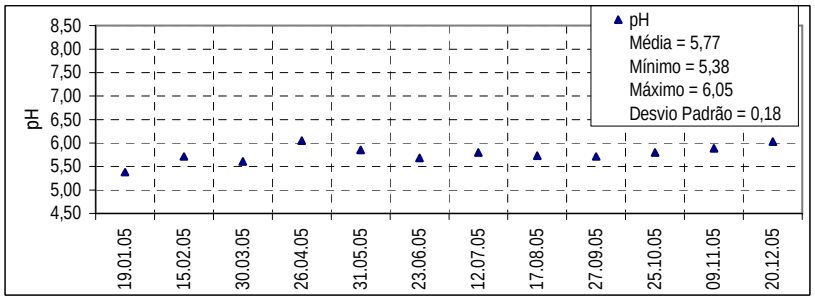


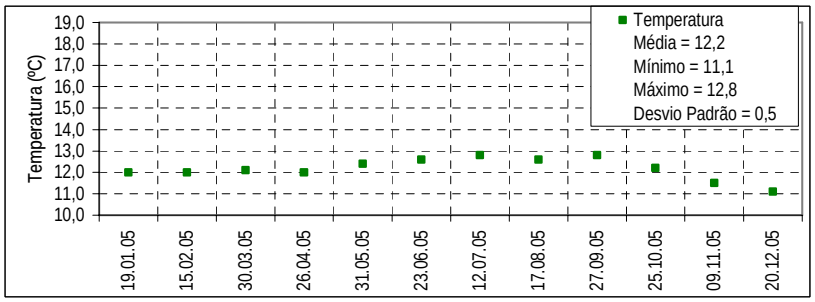


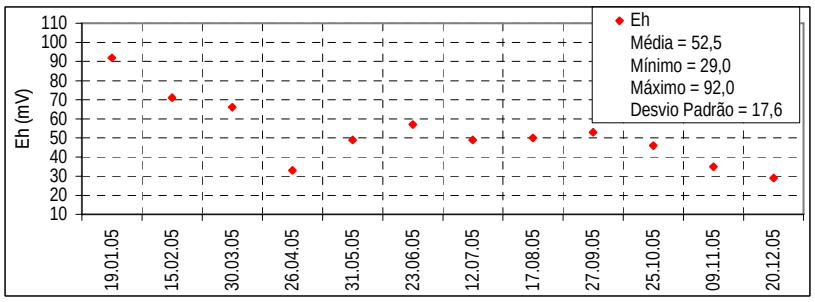
CAPTAÇÃO - NH5m



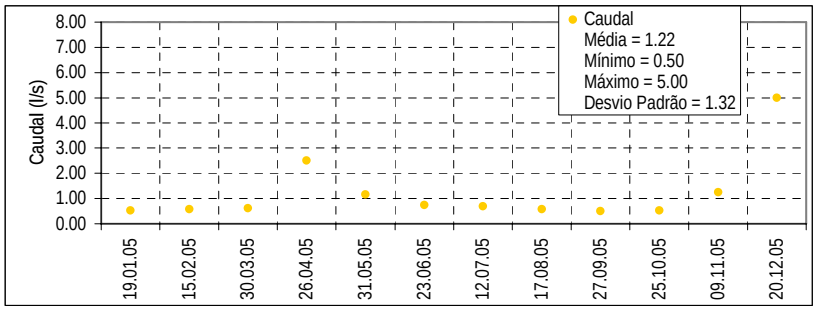


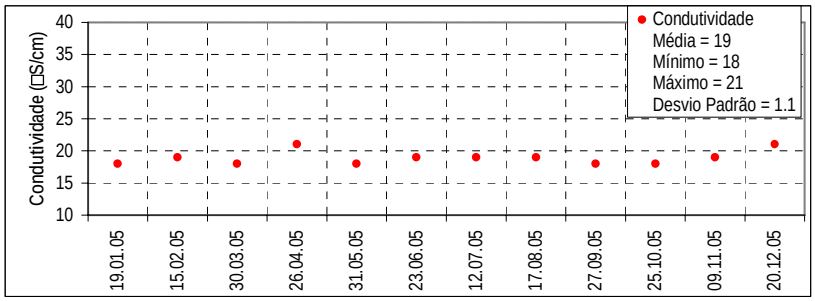


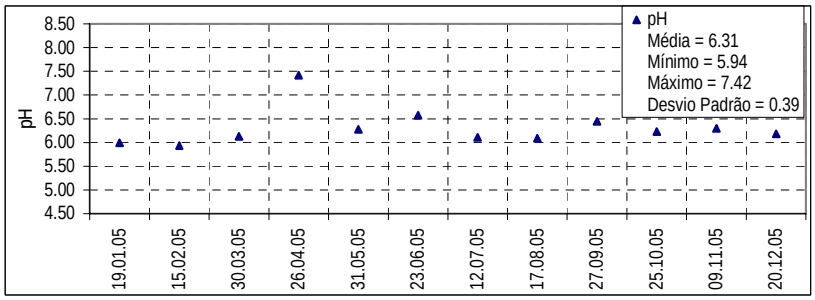


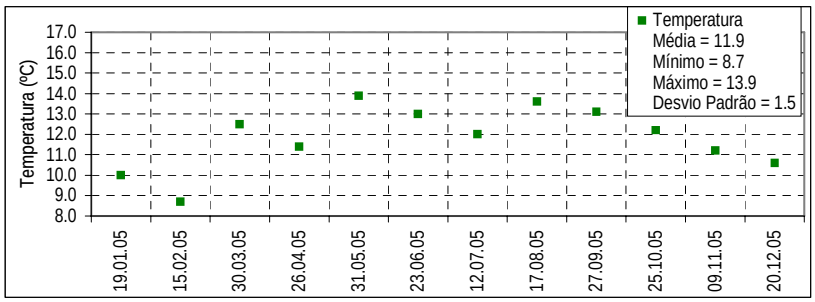


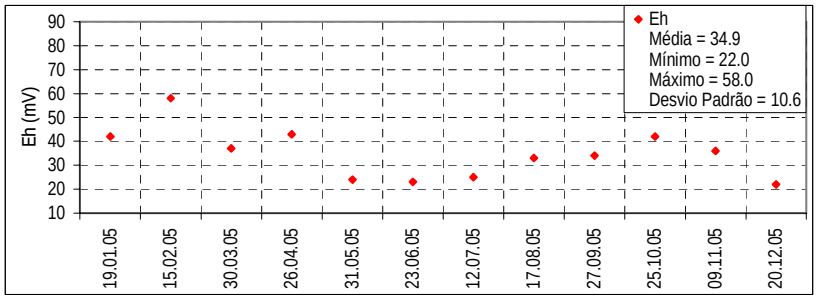
CAPTAÇÃO - NH6d



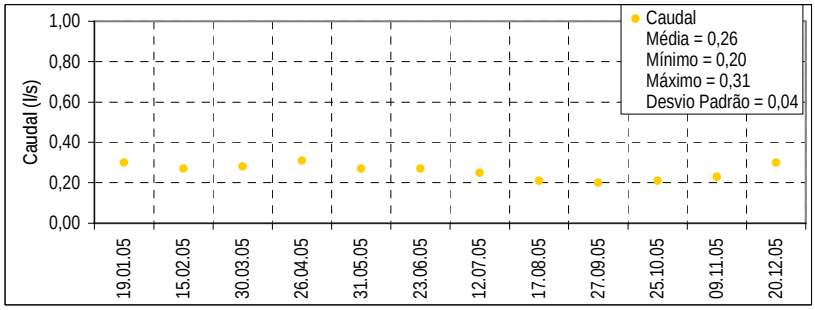


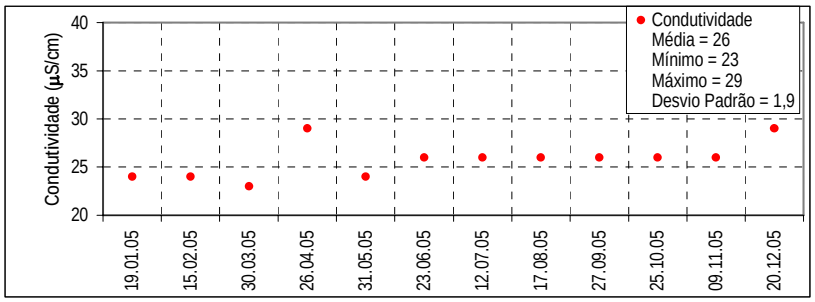


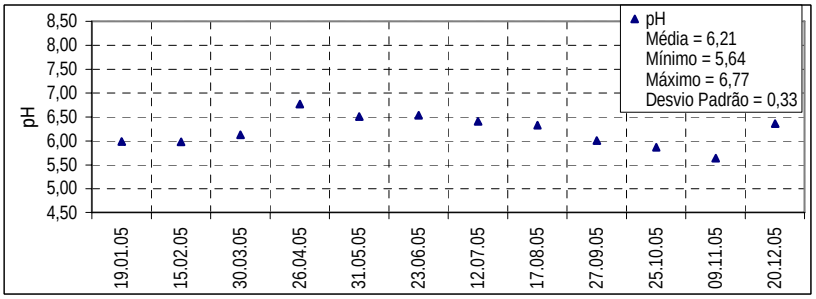


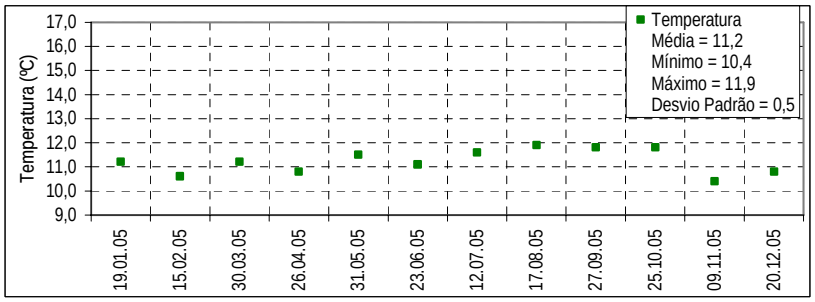


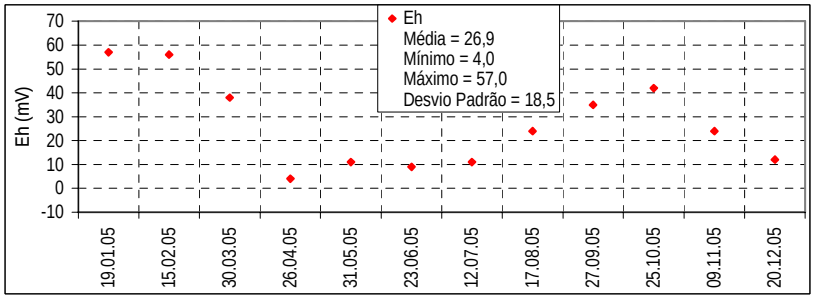
CAPTAÇÃO - NH7m



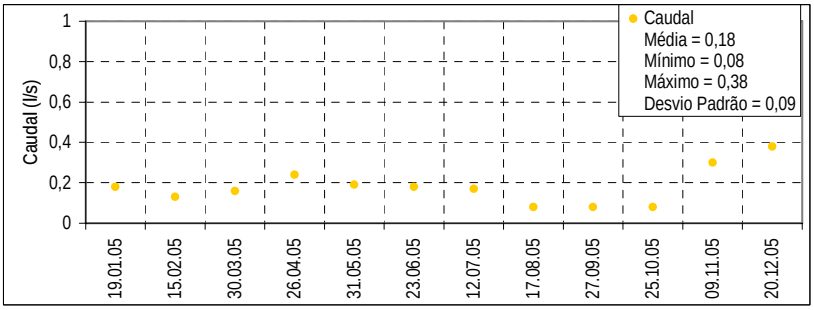


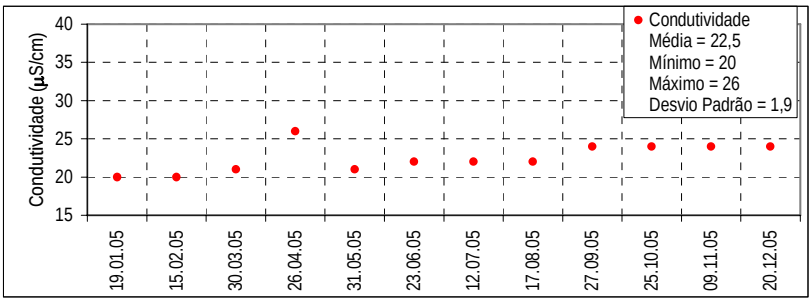


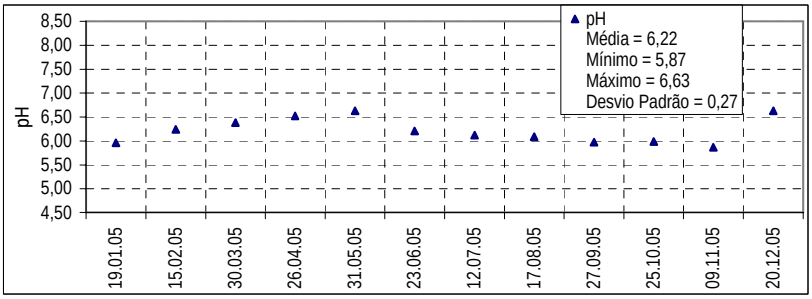


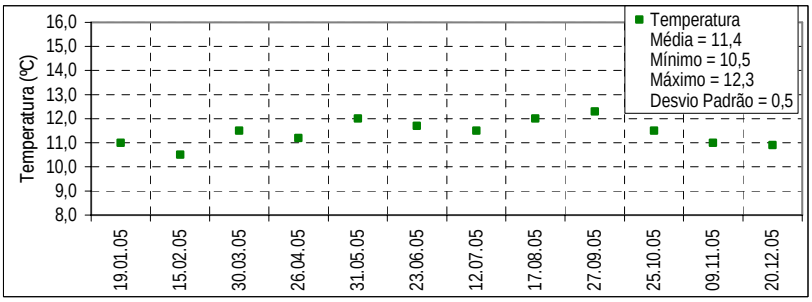


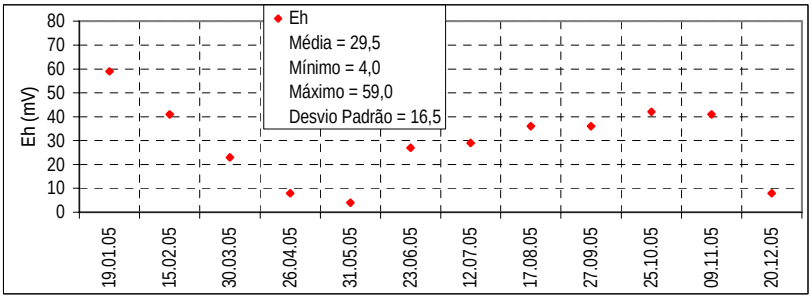
CAPTAÇÃO - NH8m



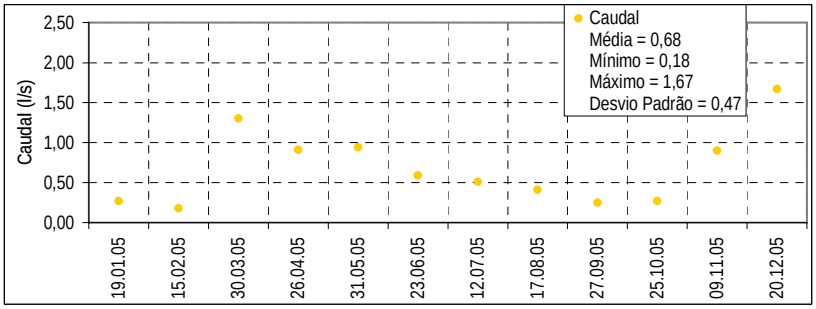


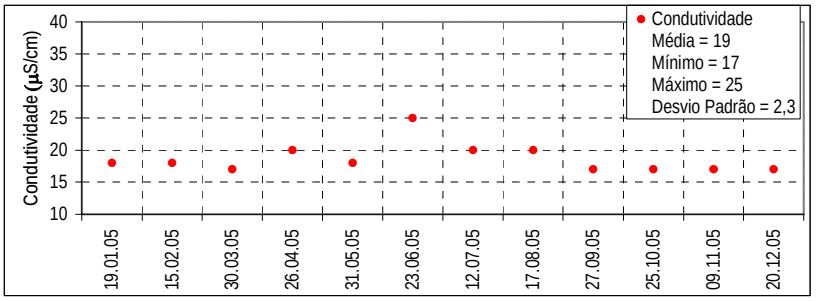


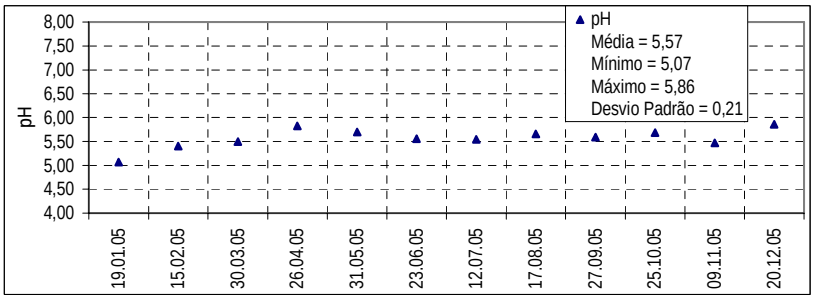


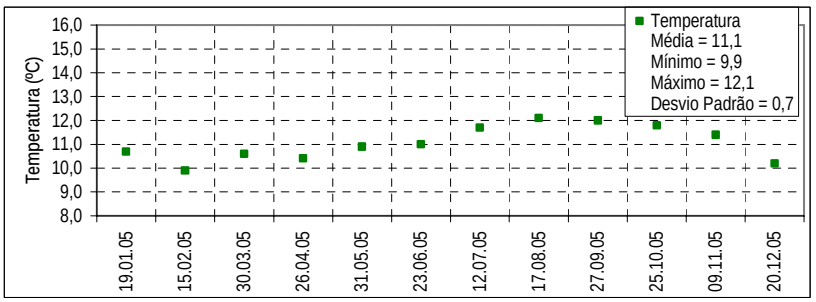


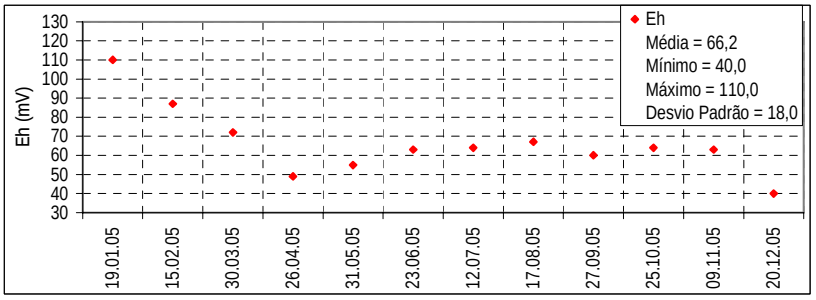
CAPTAÇÃO - NH9d



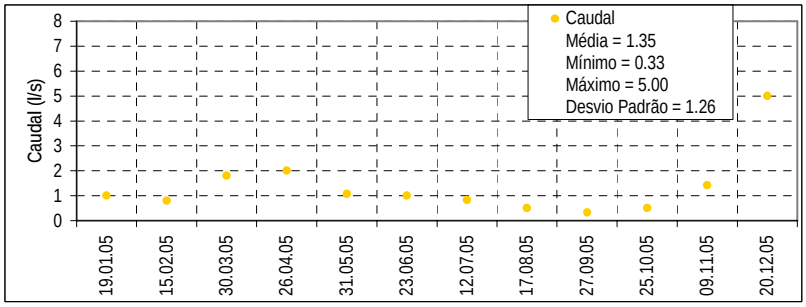


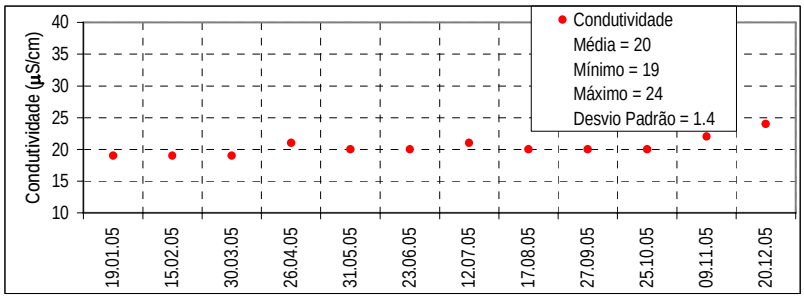


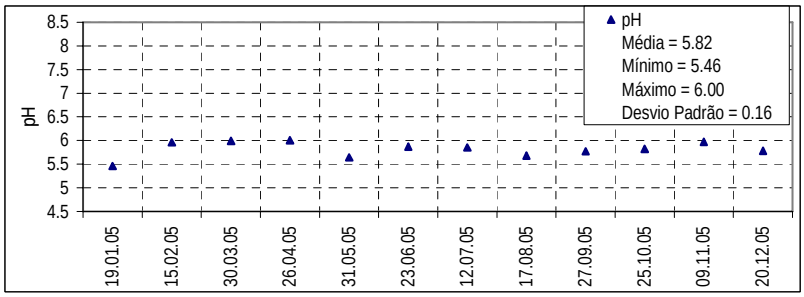


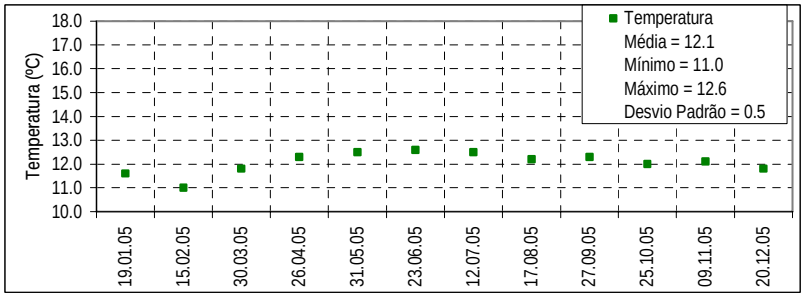


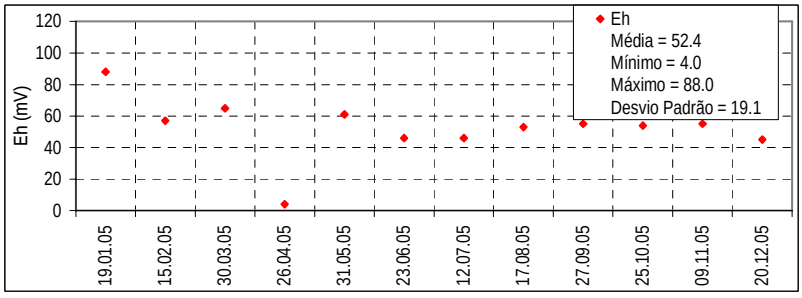
CAPTAÇÃO - NH10m



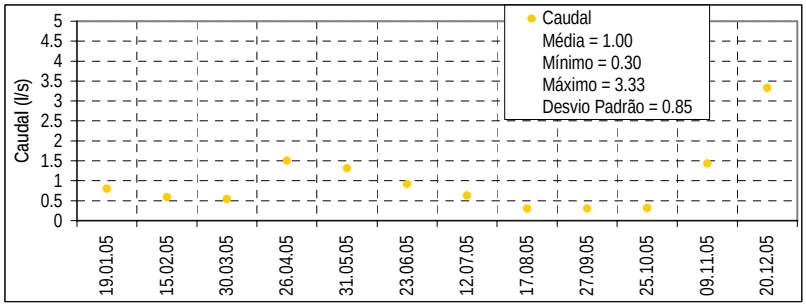


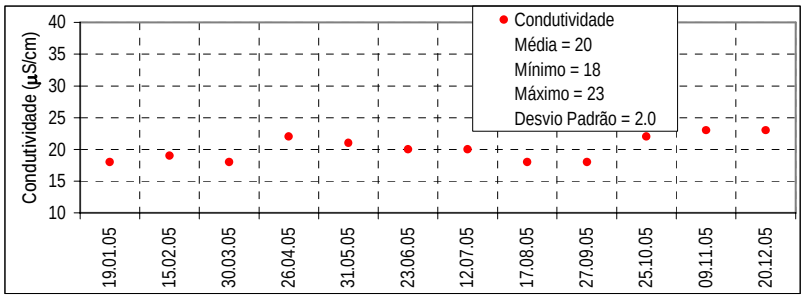


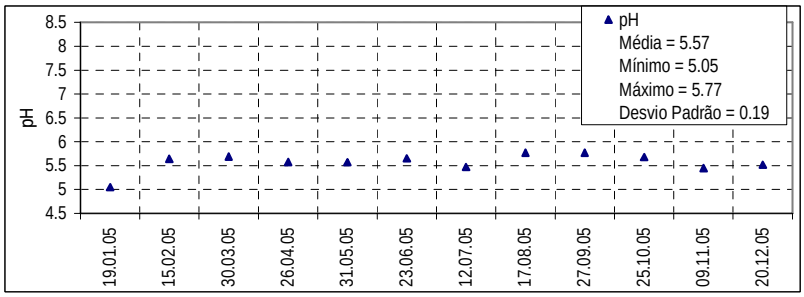


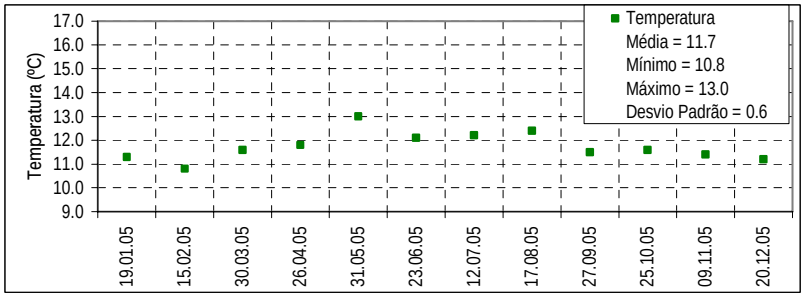


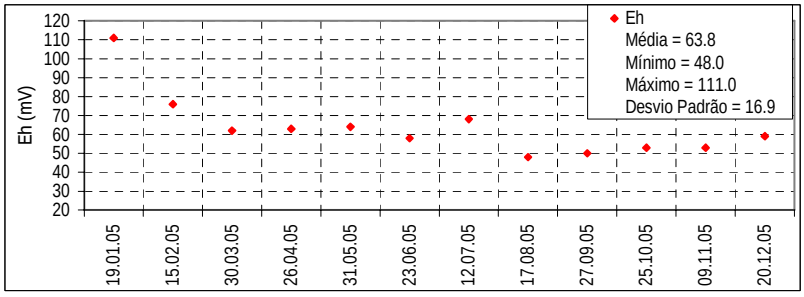
CAPTAÇÃO - NH11m



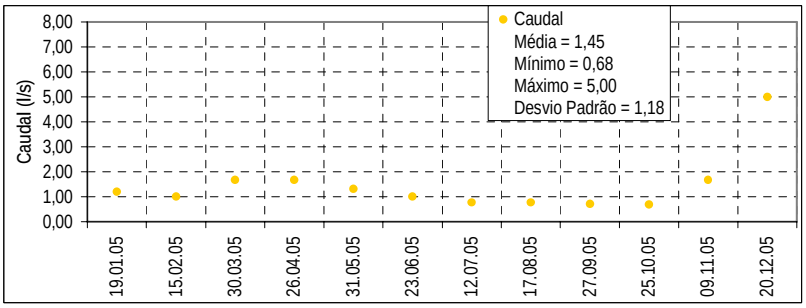


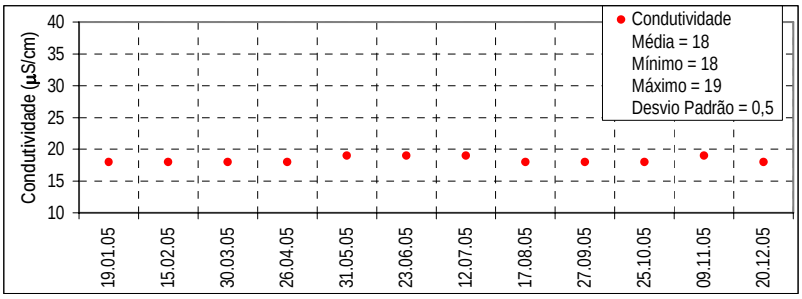


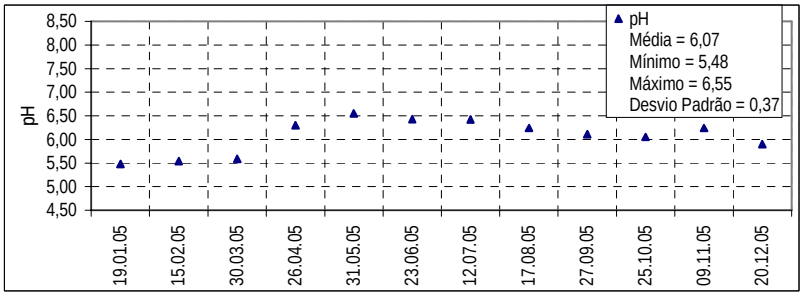


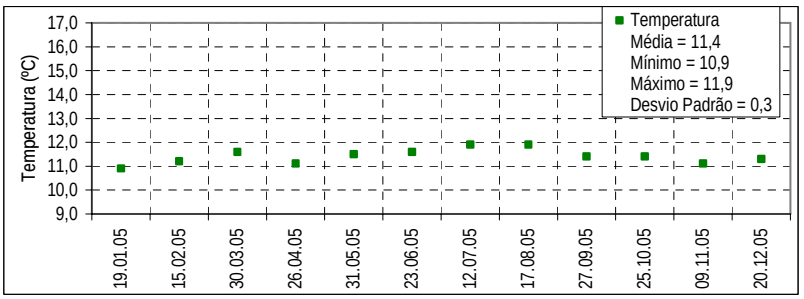


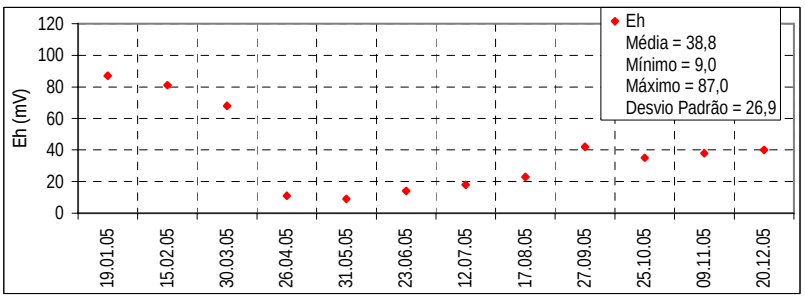
CAPTAÇÃO - NH12m



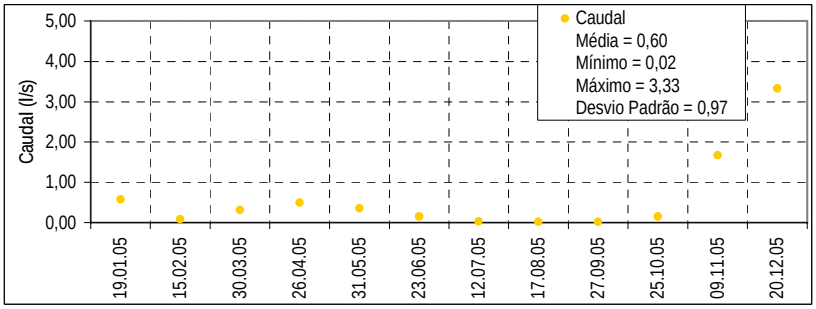


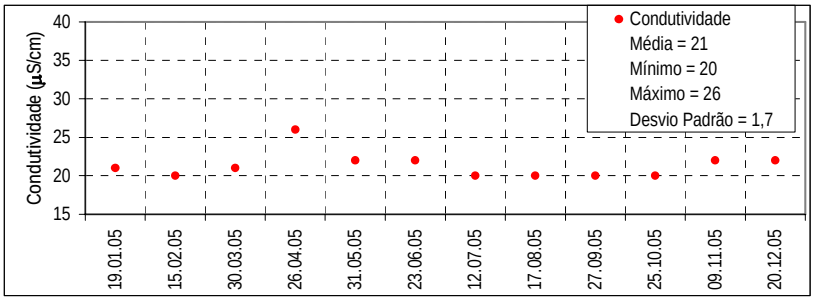


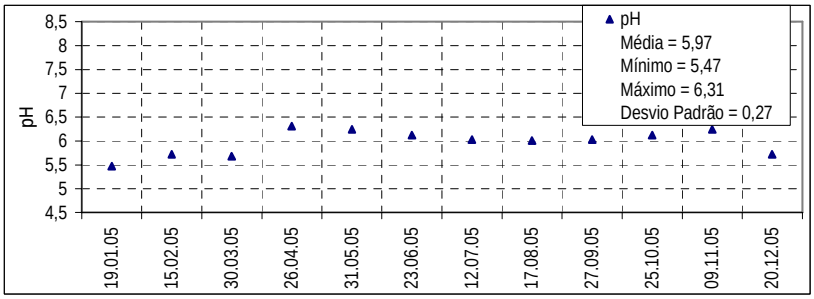


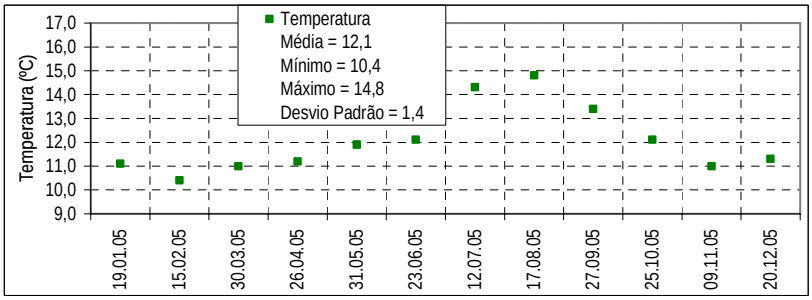


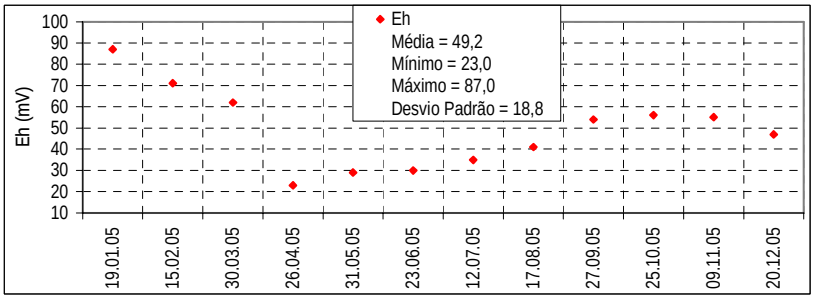
CAPTAÇÃO - NH13n



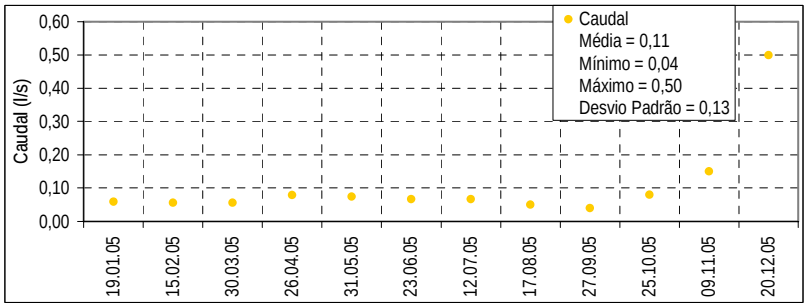


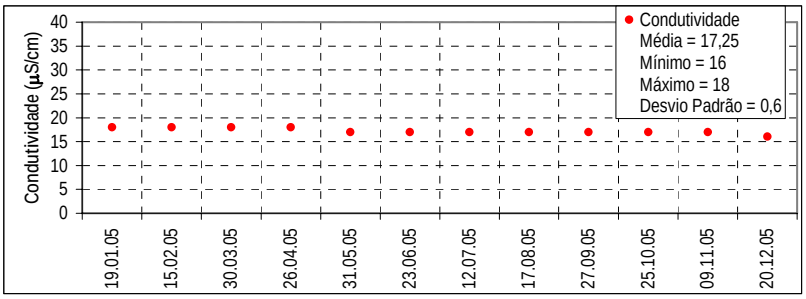


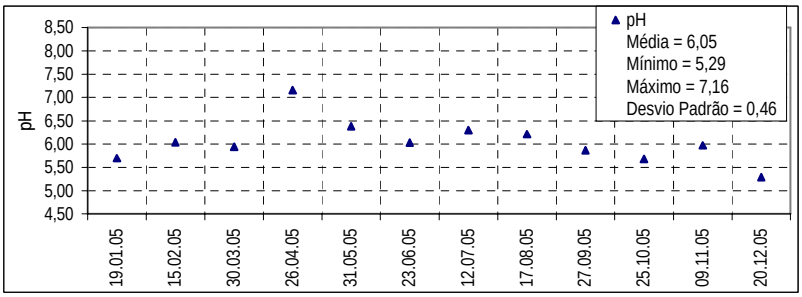


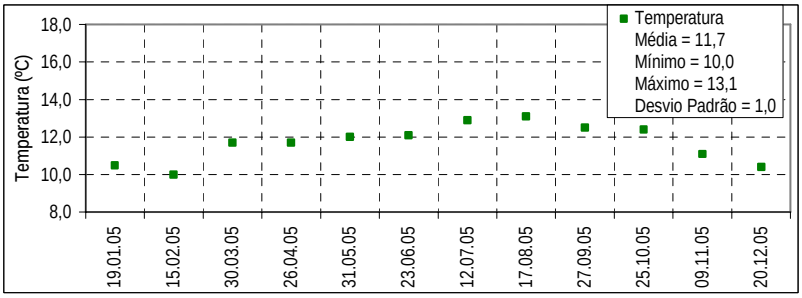


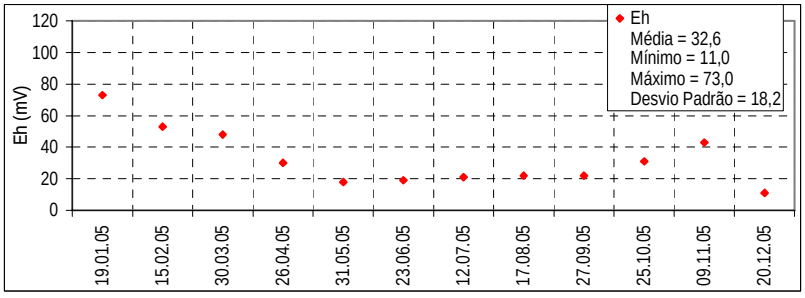
CAPTAÇÃO - NH14n



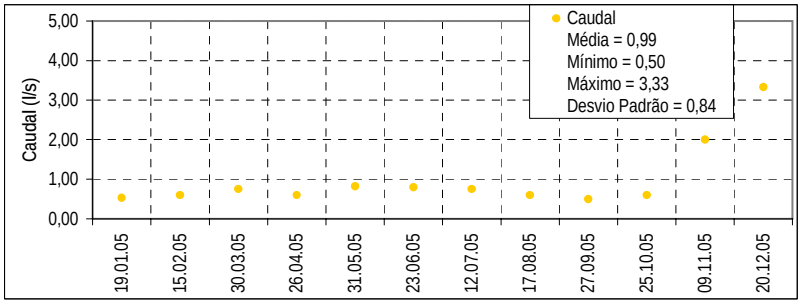


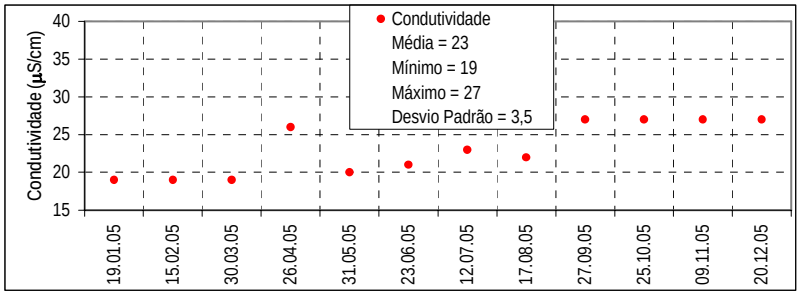


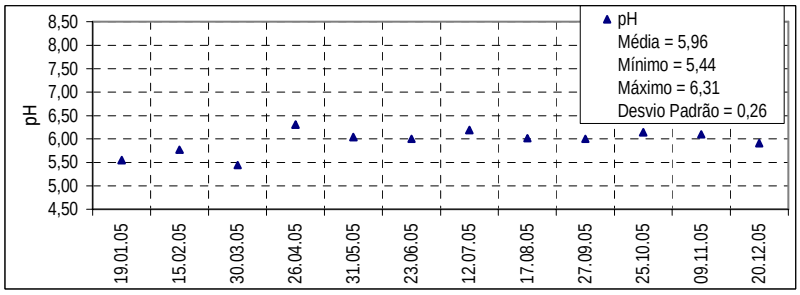


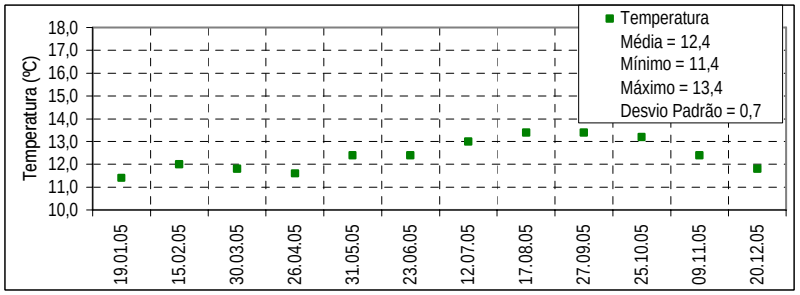


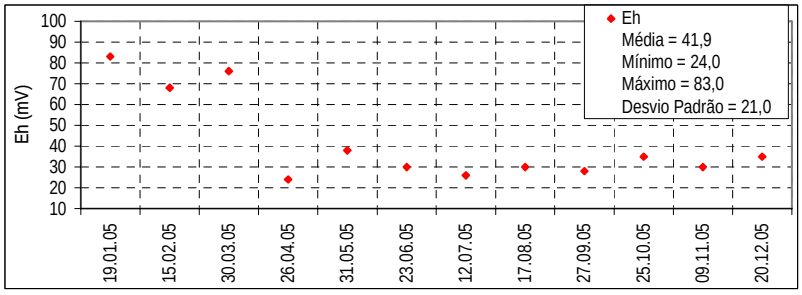
CAPTAÇÃO - NH15n



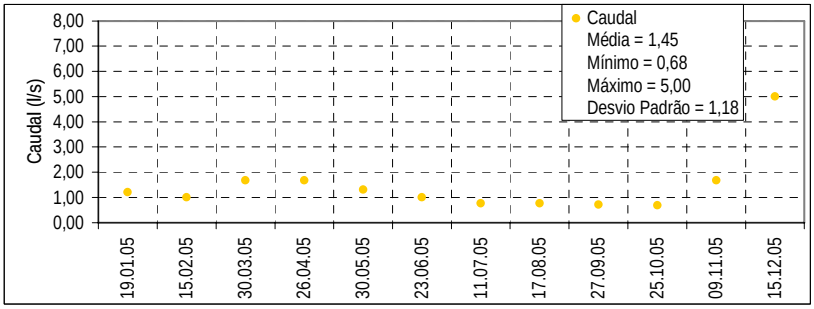


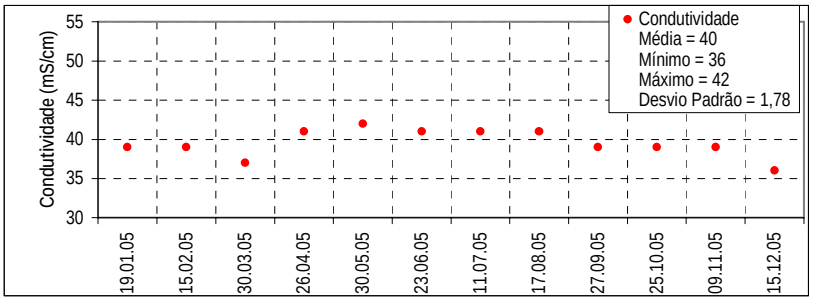


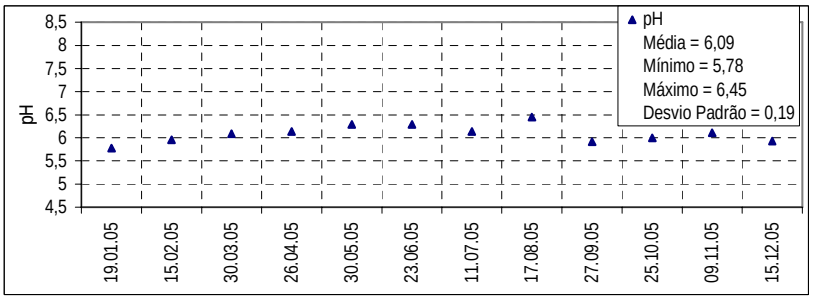


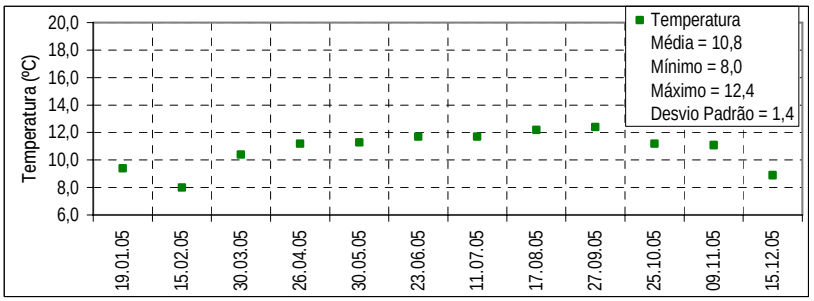


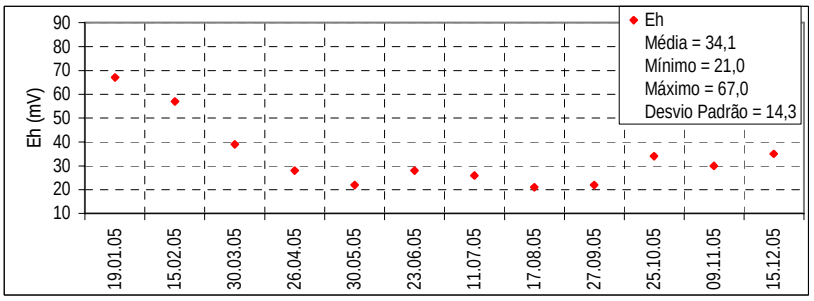
CAPTAÇÃO - RN1m



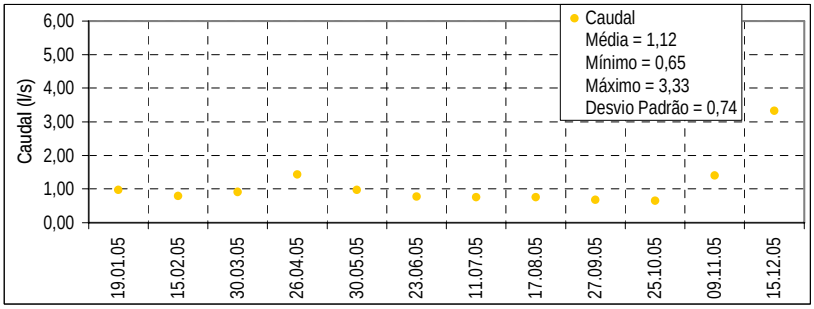


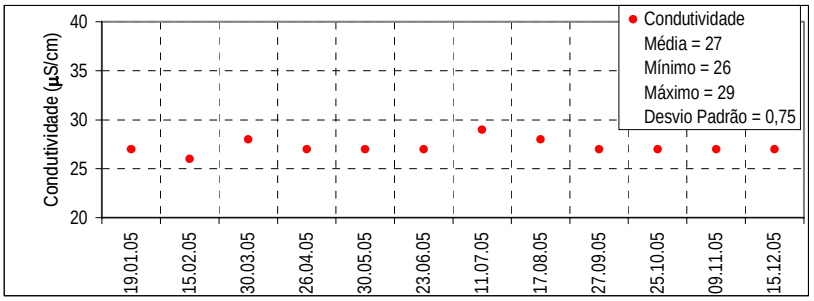


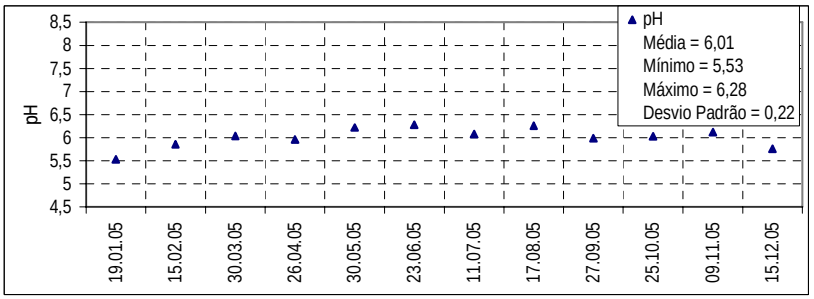


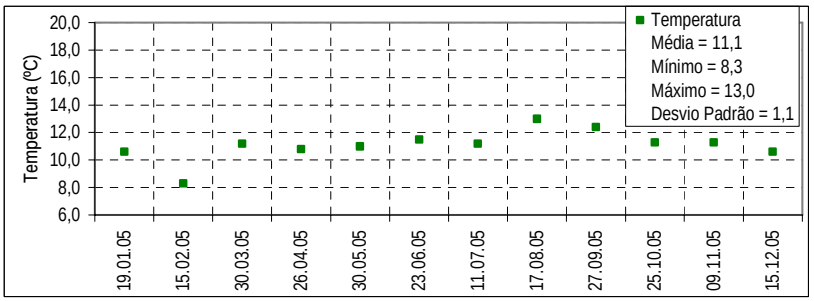


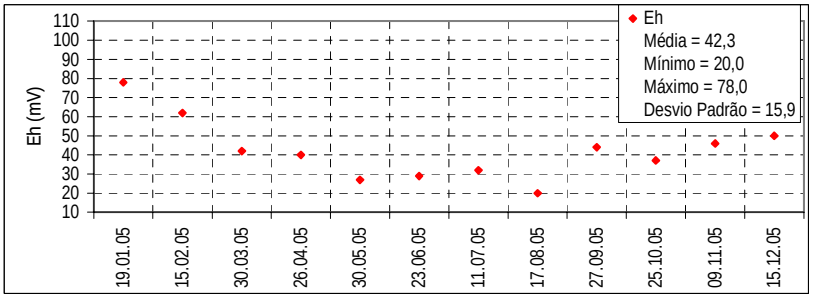
CAPTAÇÃO - RN2m



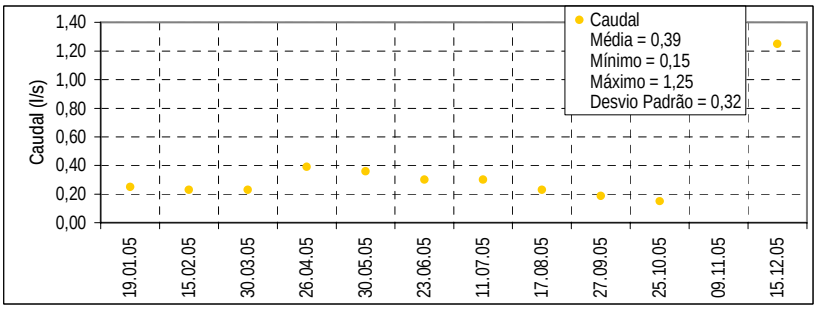


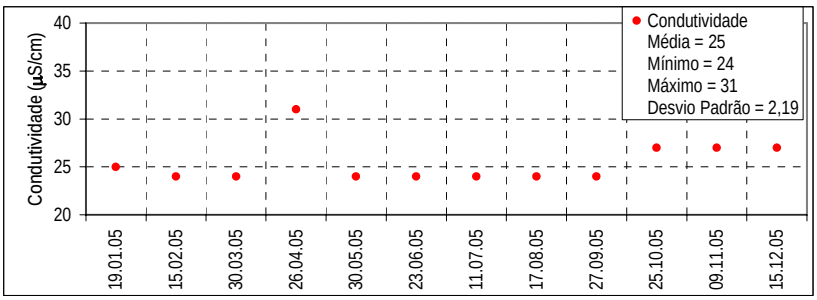


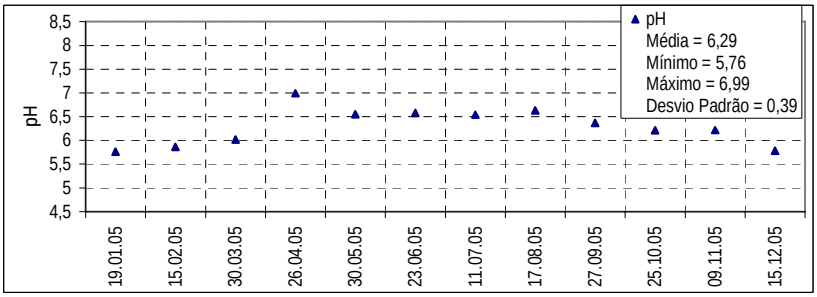


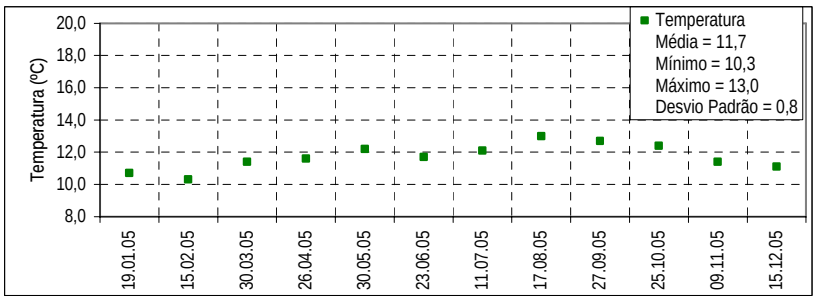


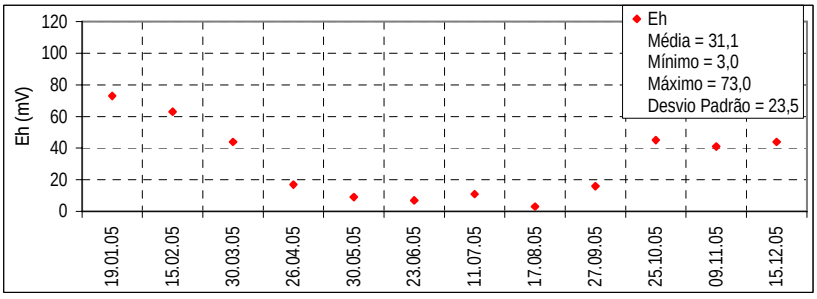
CAPTAÇÃO - RN3m



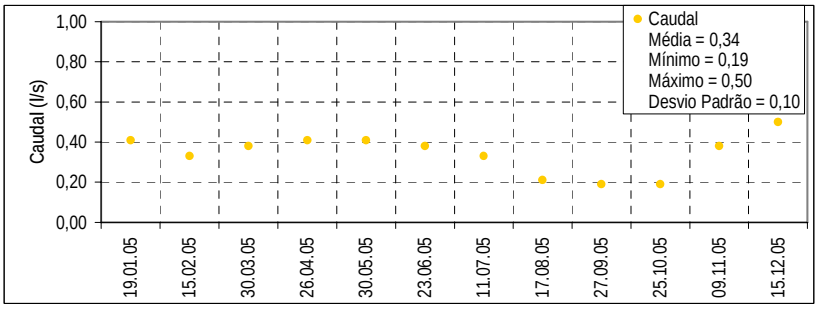


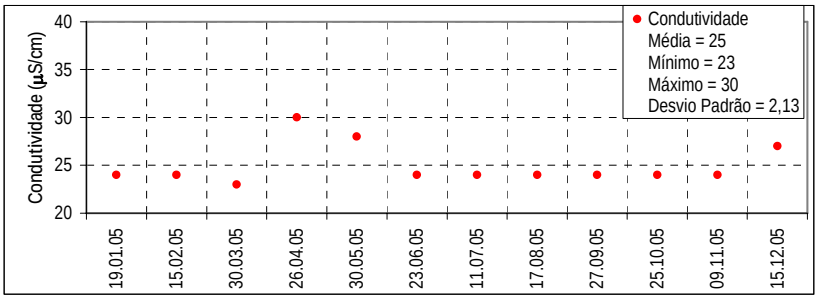


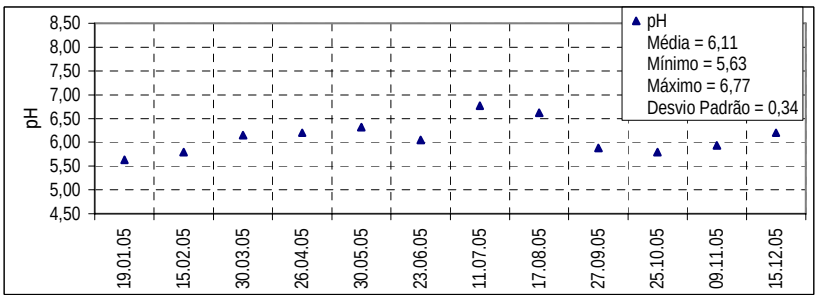


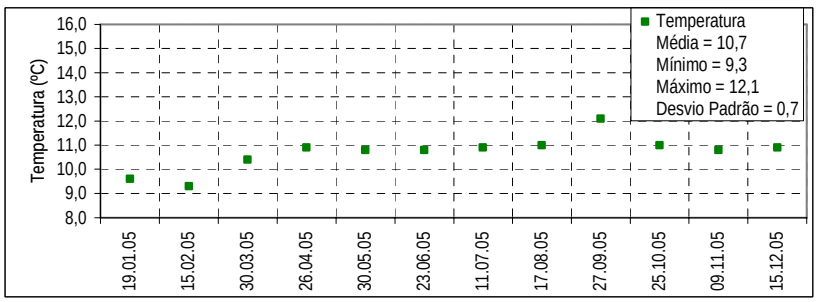


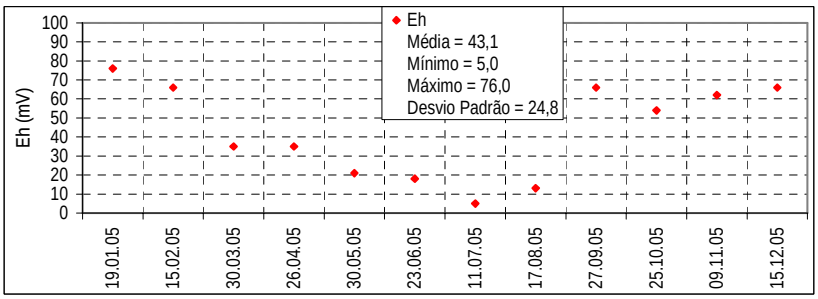
CAPTAÇÃO - RN4m



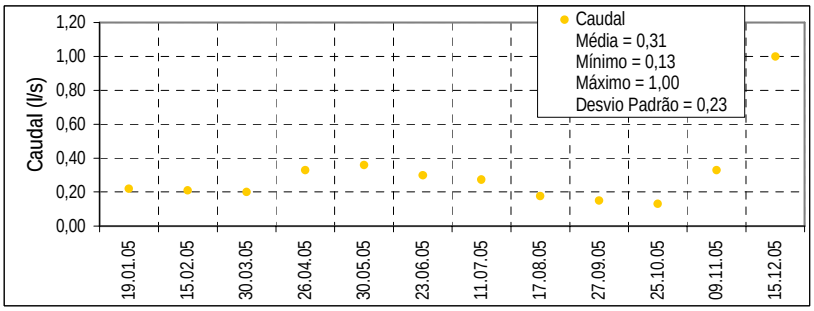


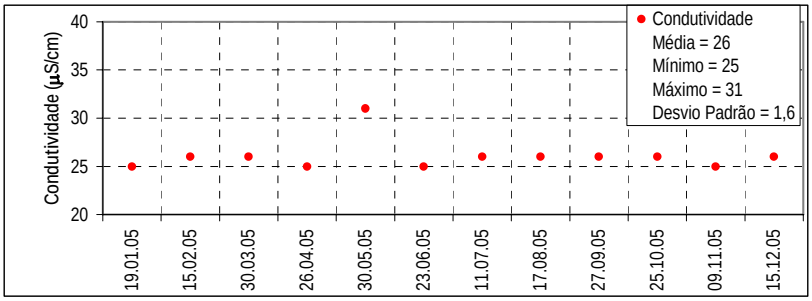


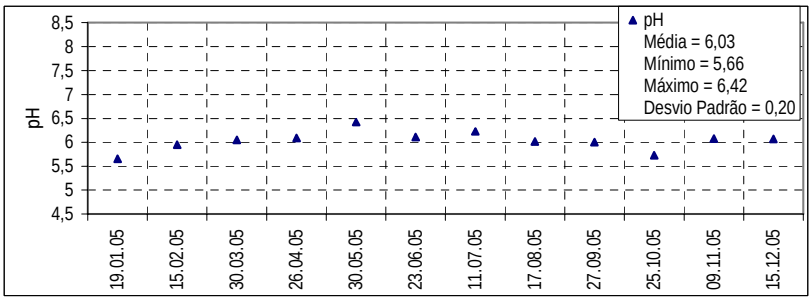


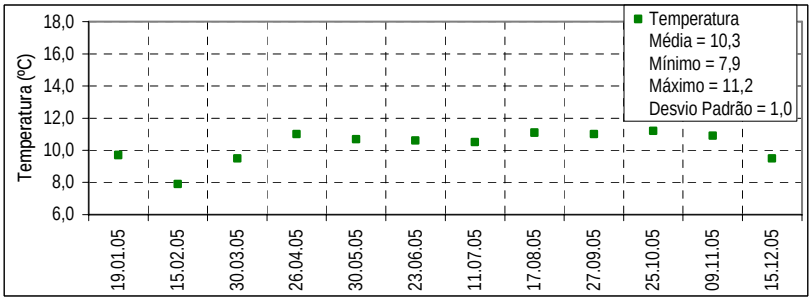


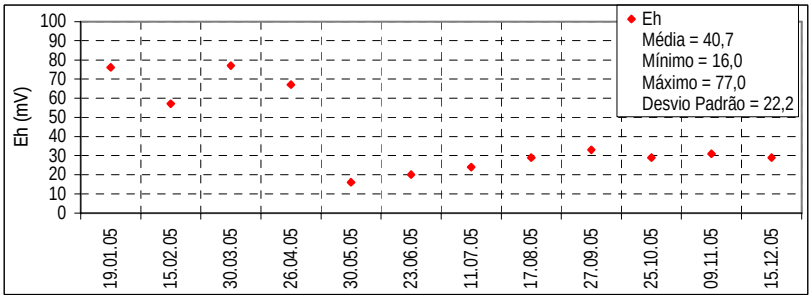
CAPTAÇÃO - RN5m



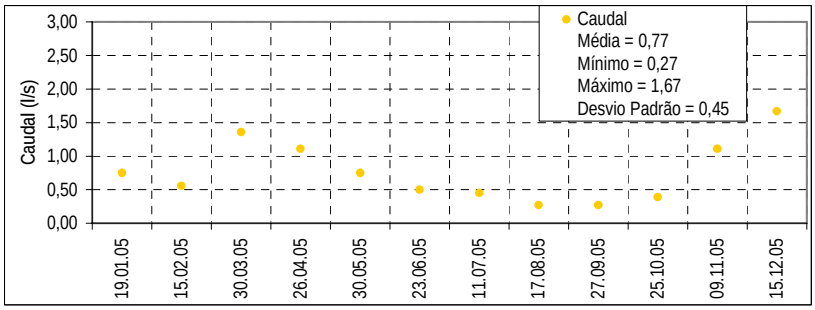


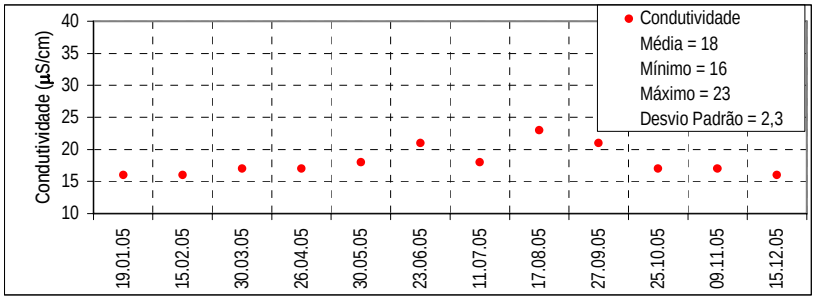


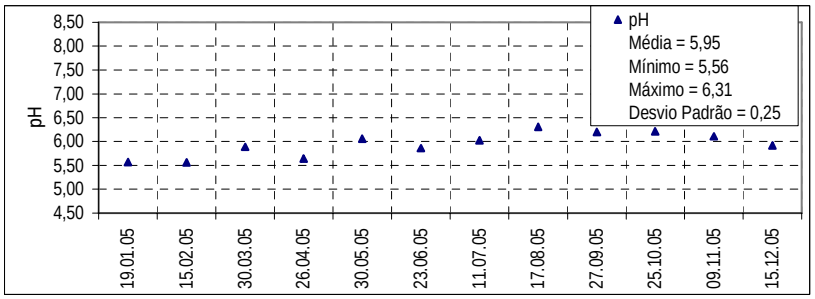


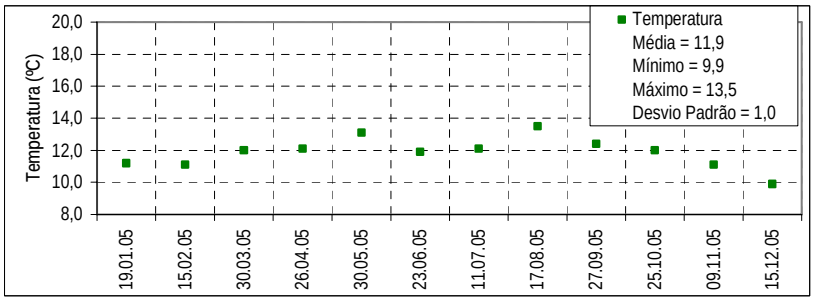


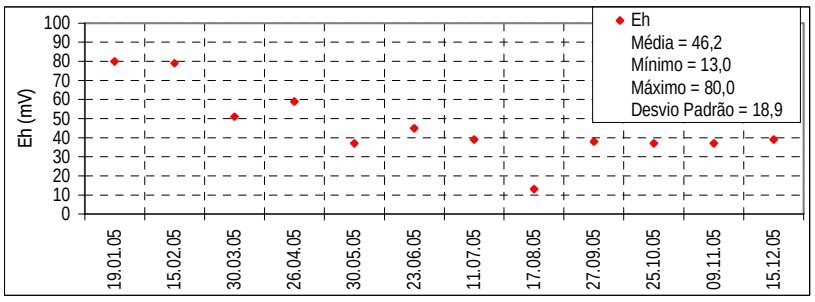
CAPTAÇÃO - RN6m



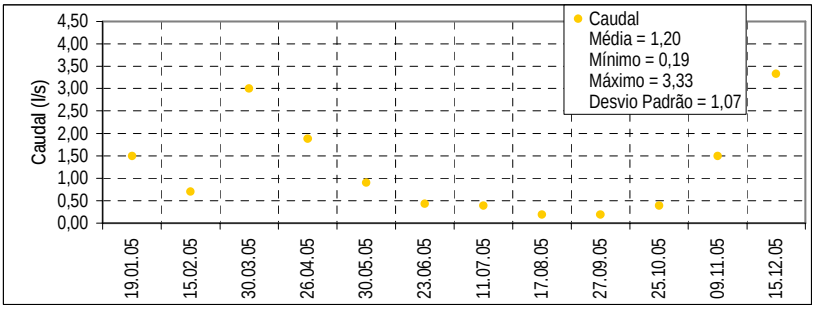


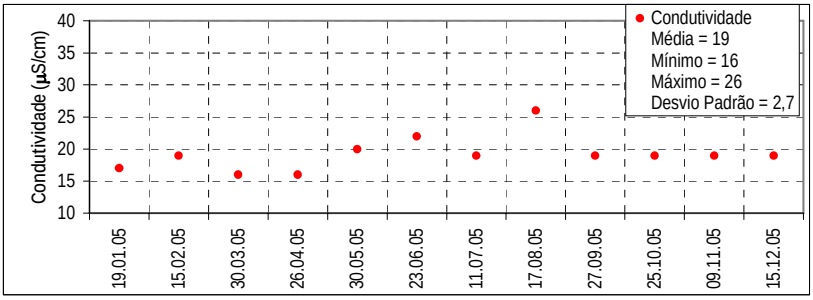


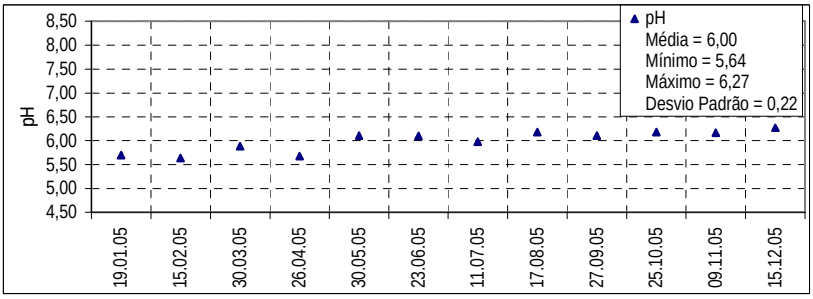


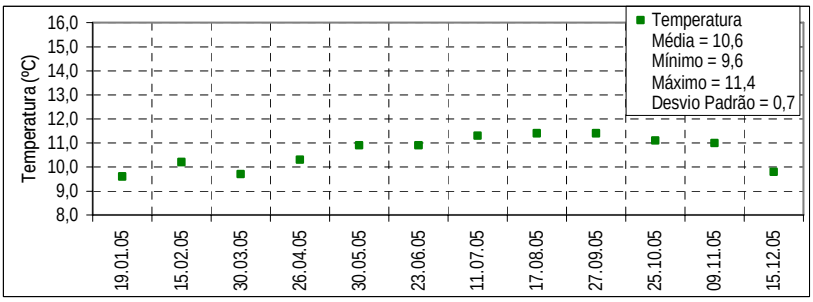


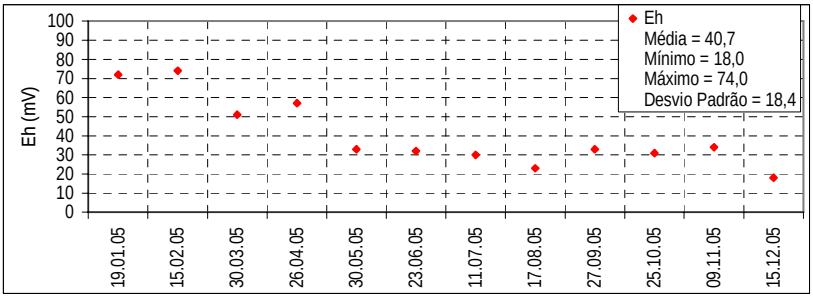
CAPTAÇÃO - RN7m



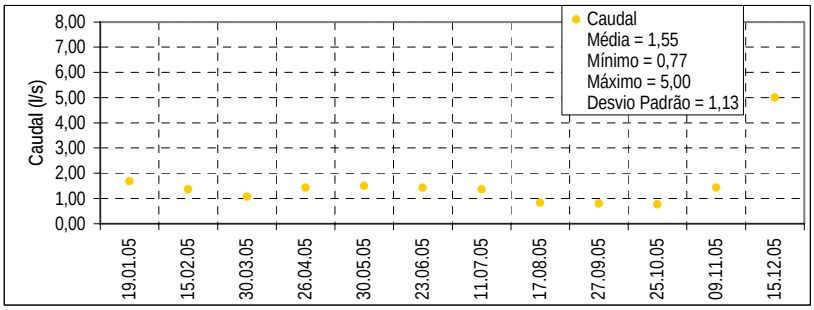


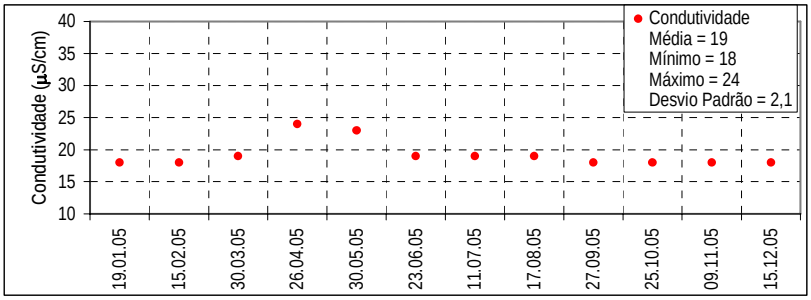


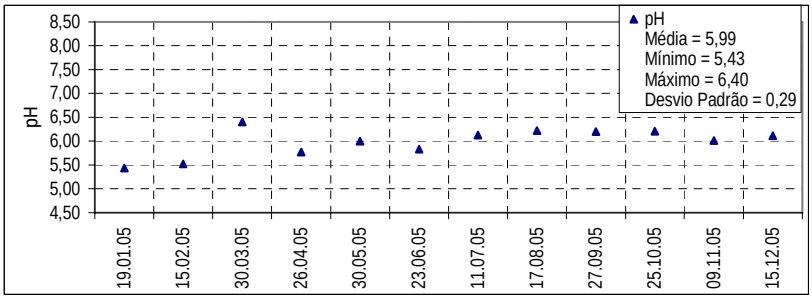


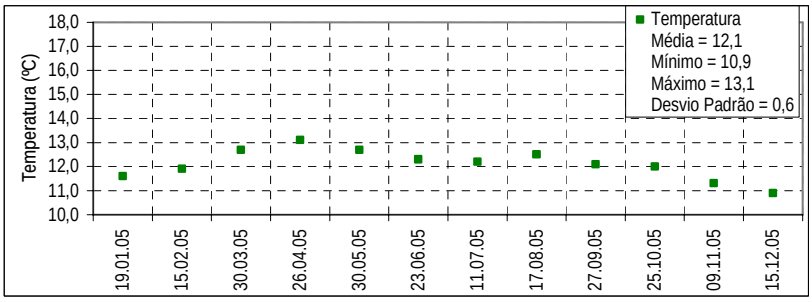


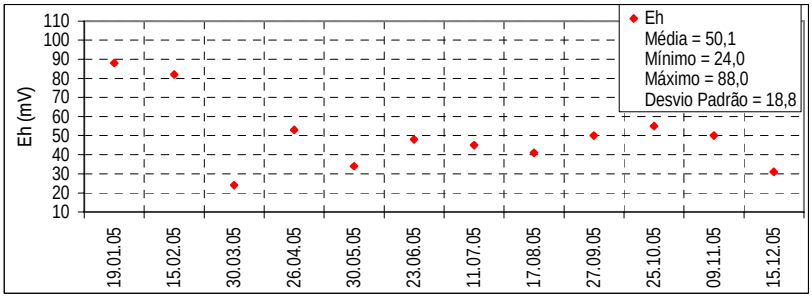
CAPTAÇÃO - RN8m



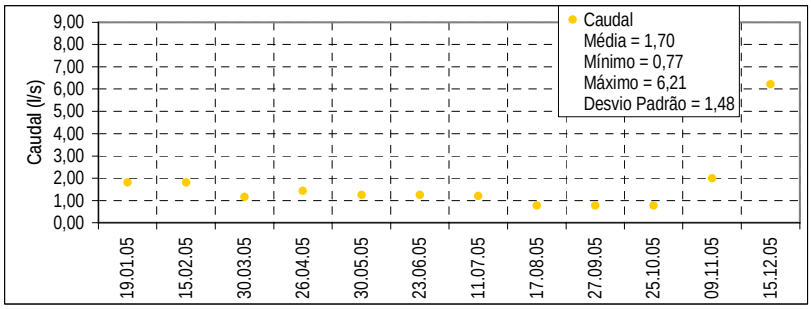


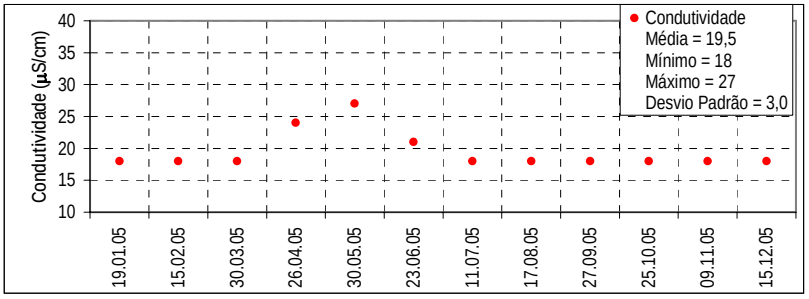


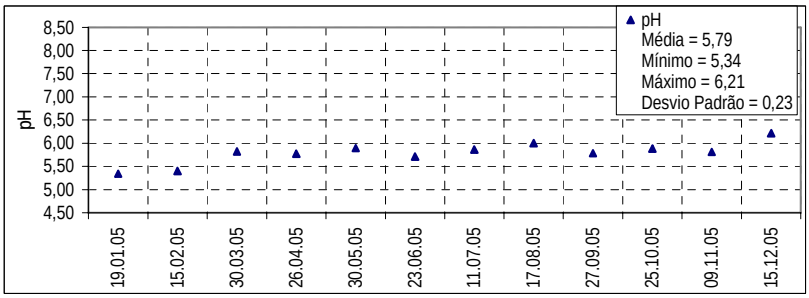


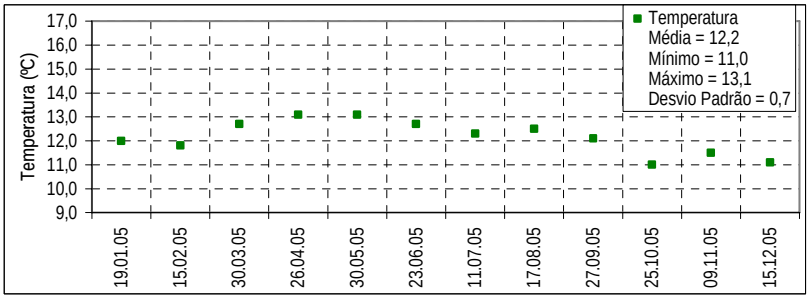


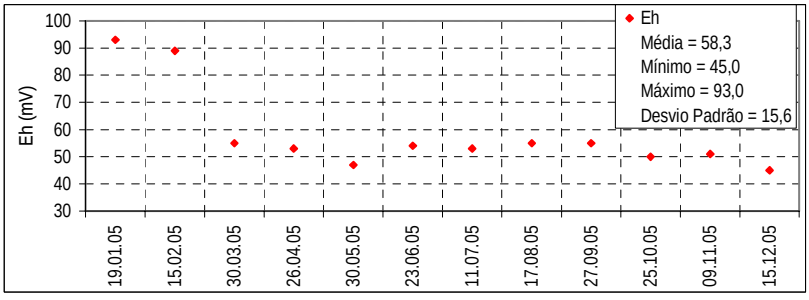
CAPTAÇÃO - RN9m



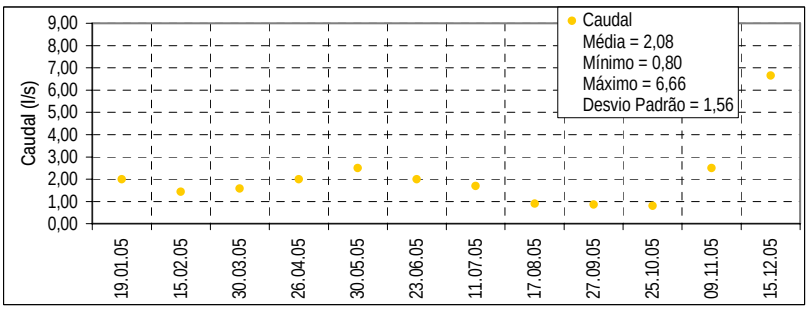


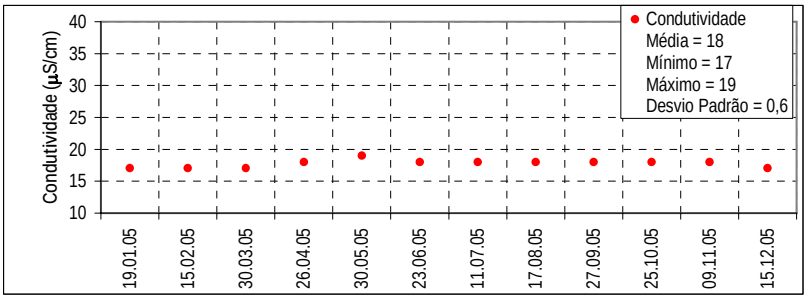


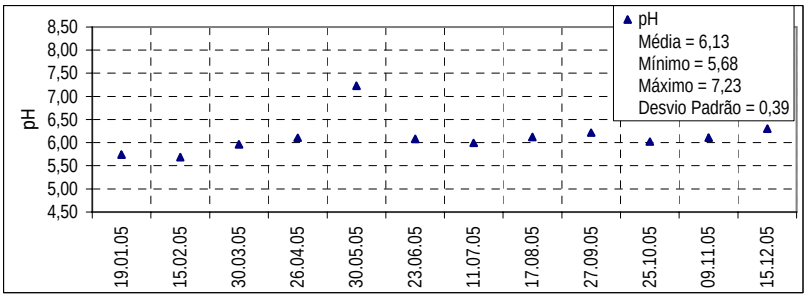


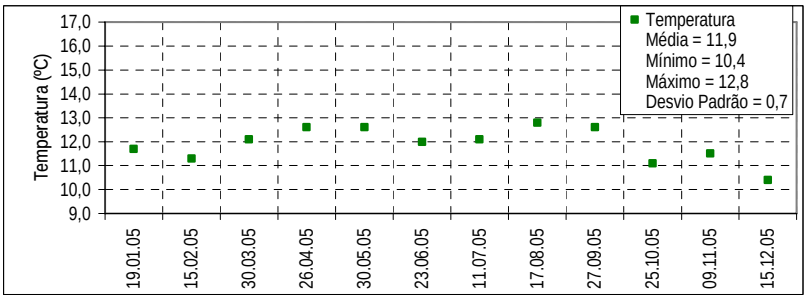


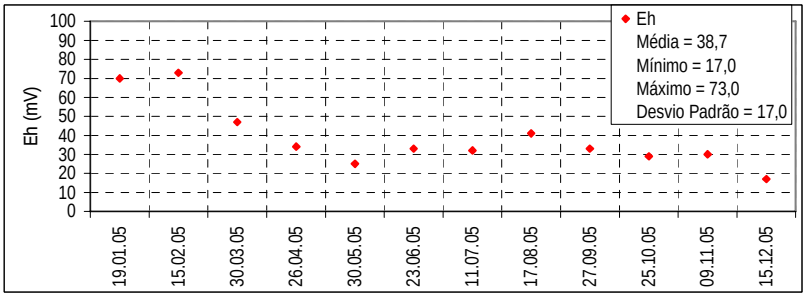
CAPTAÇÃO - RN10m



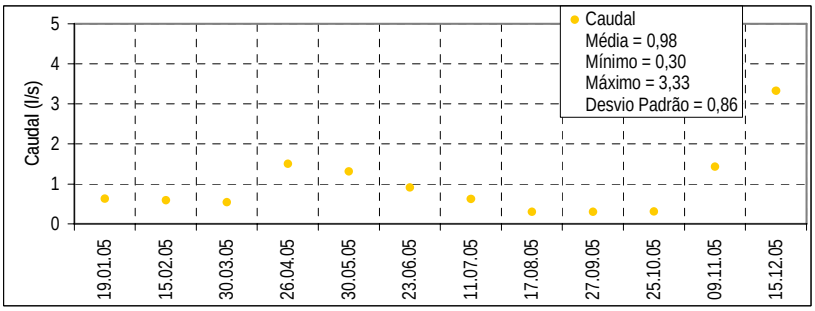


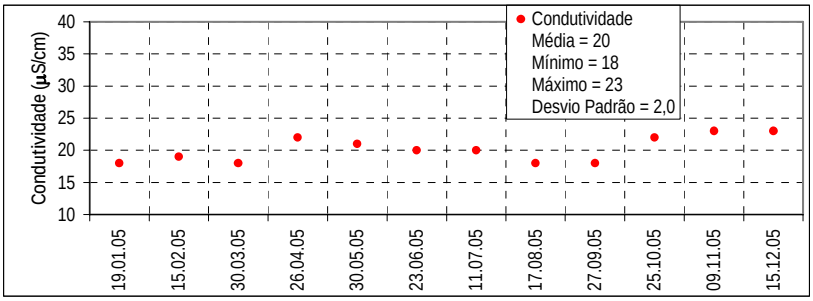


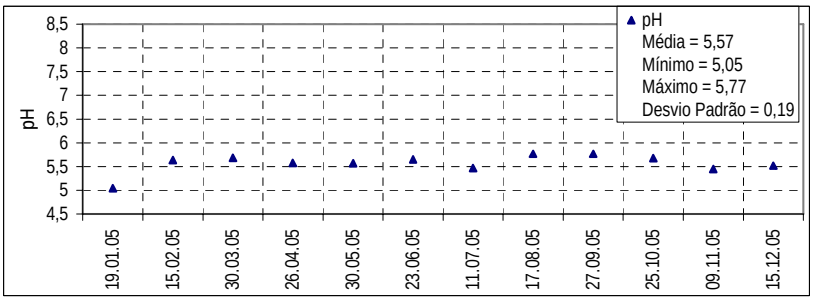


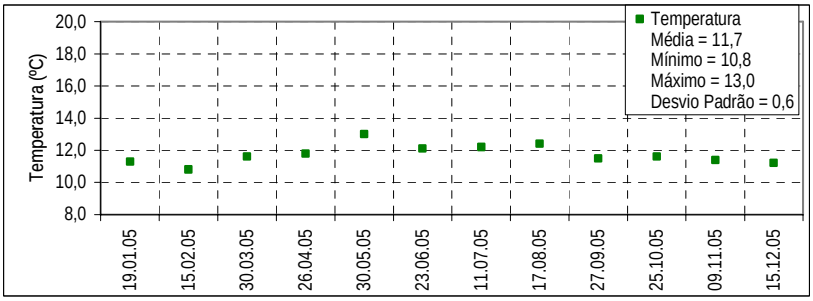


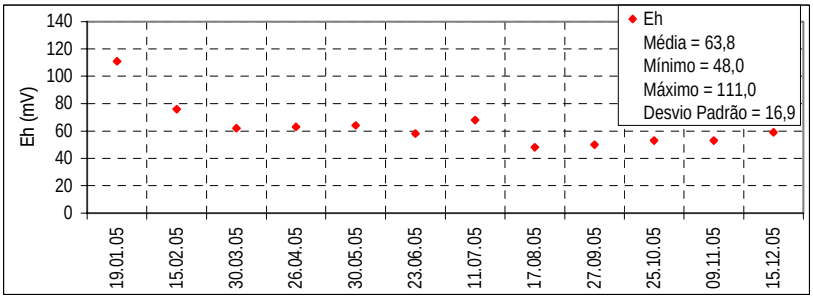
CAPTAÇÃO - RN11m



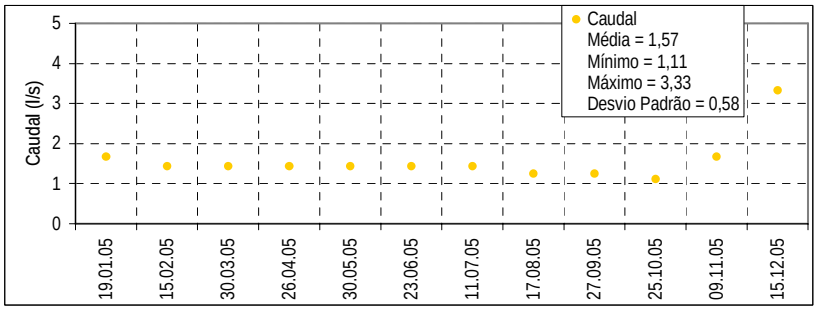


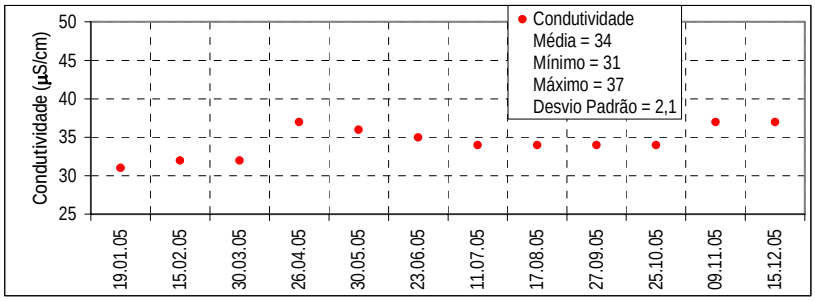


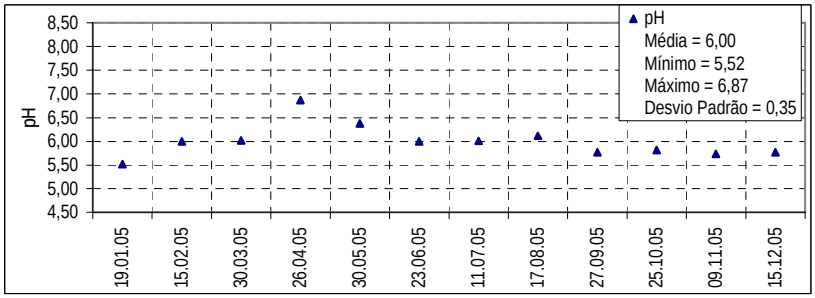


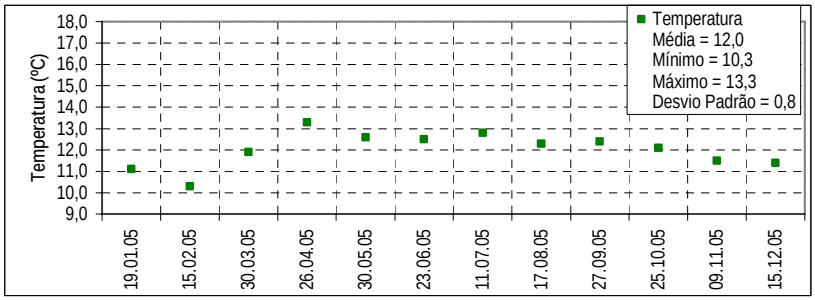


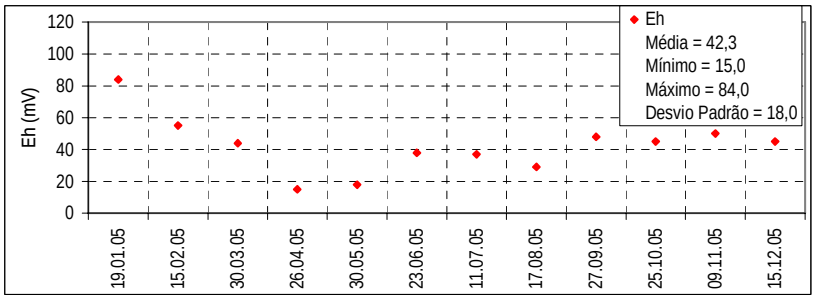
CAPTAÇÃO - RN12m



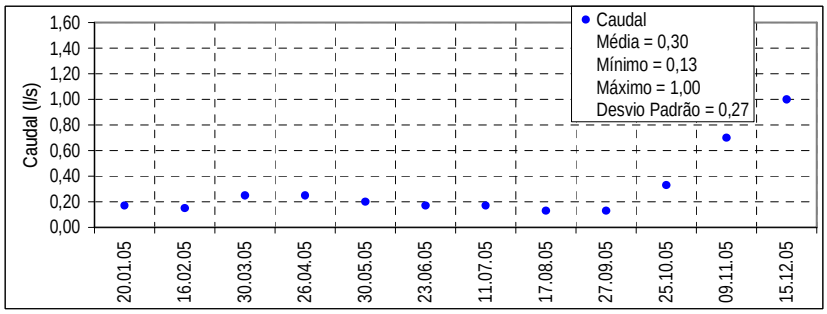


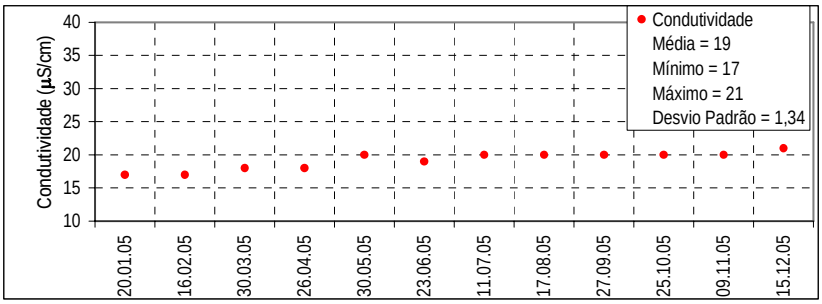


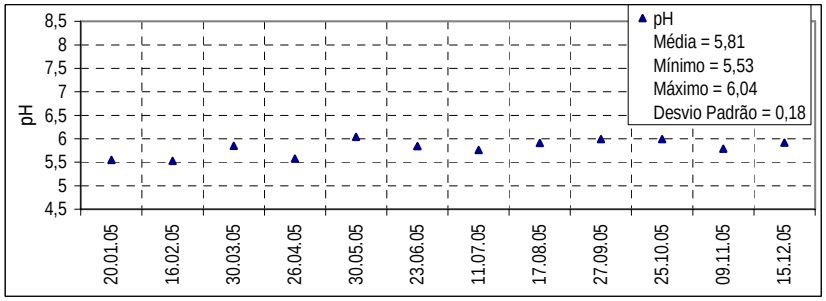


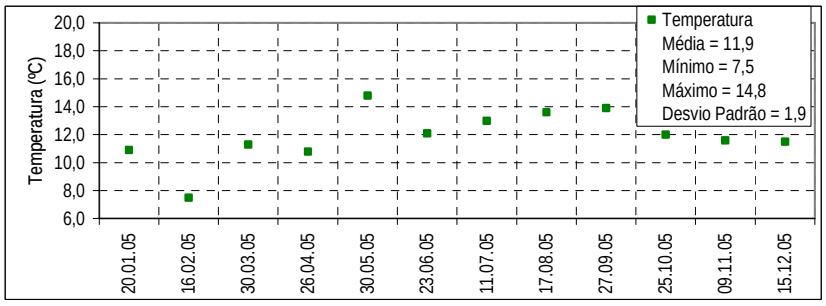


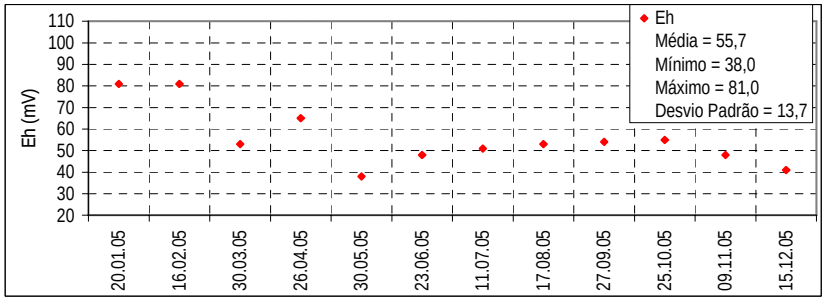
CAPTAÇÃO - AM1d



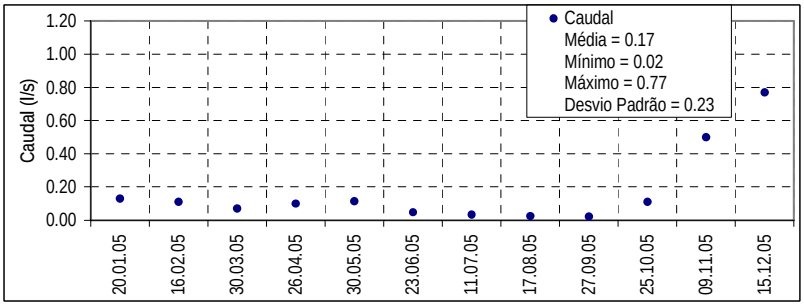


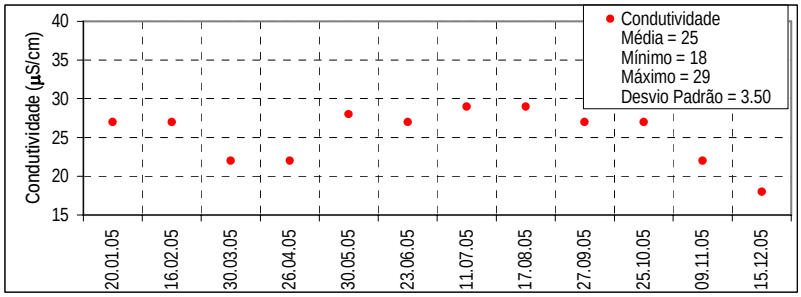


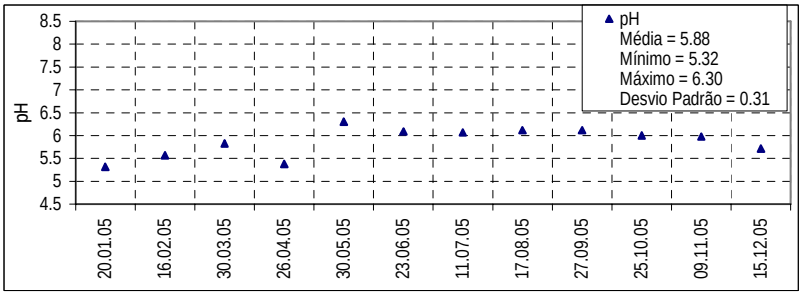


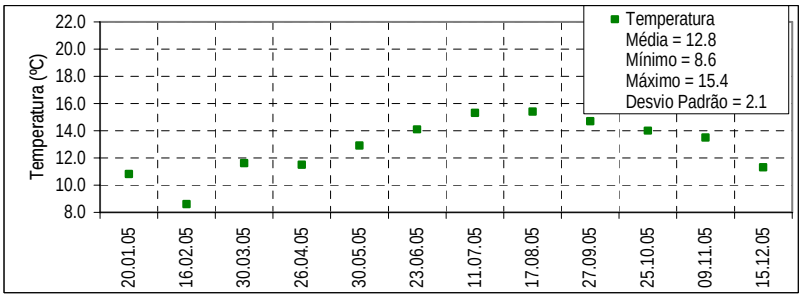


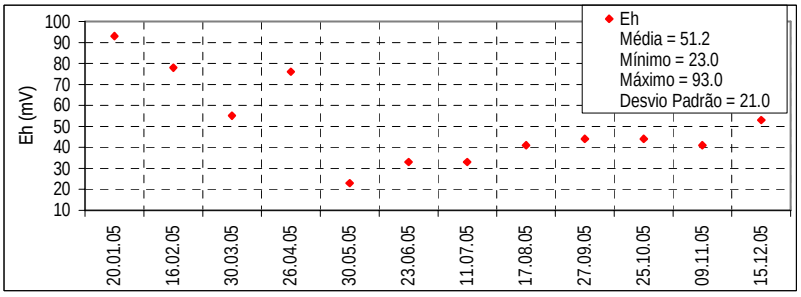
CAPTAÇÃO - AM2d



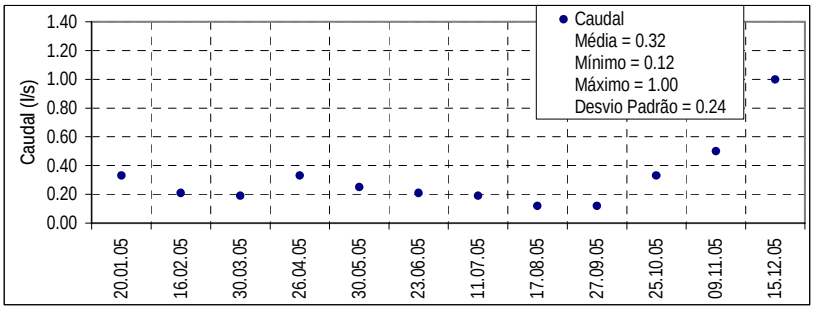


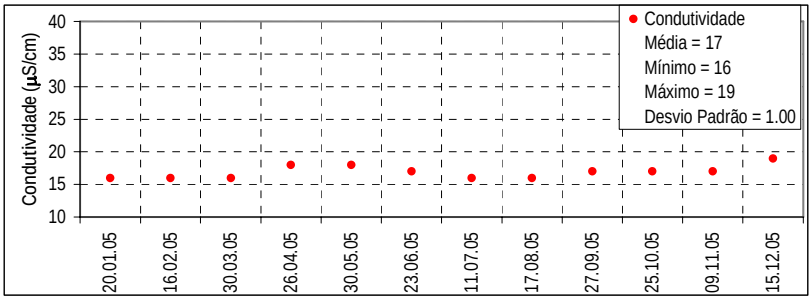


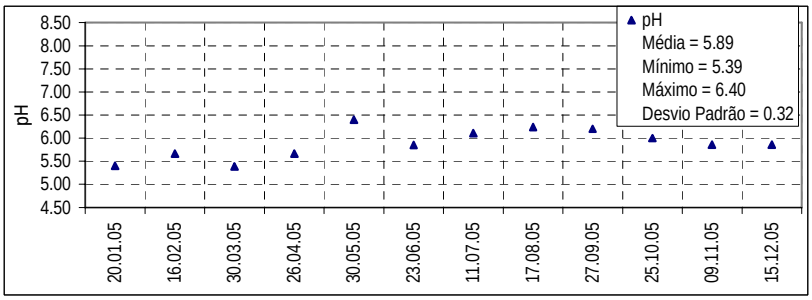


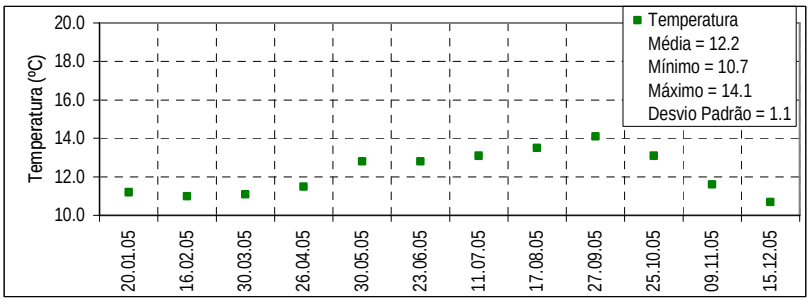


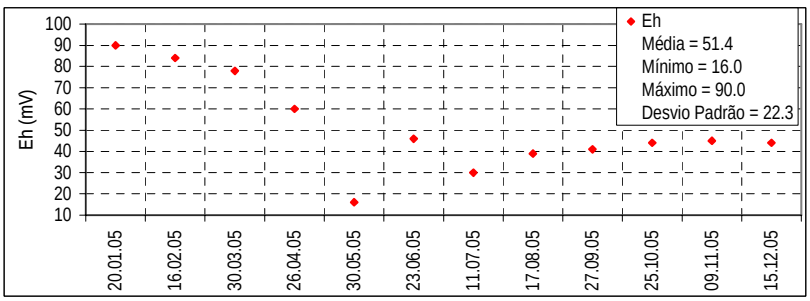
CAPTAÇÃO - AM3d



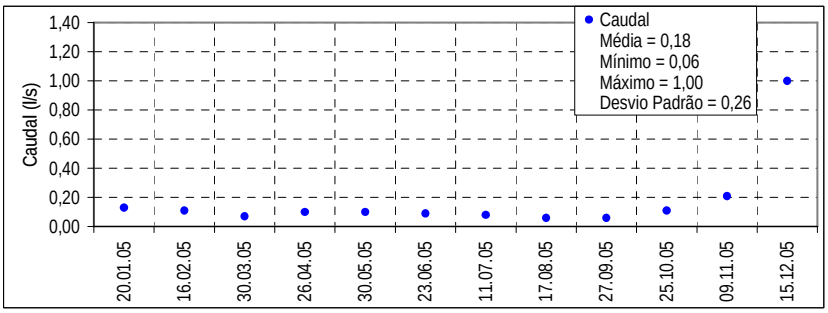


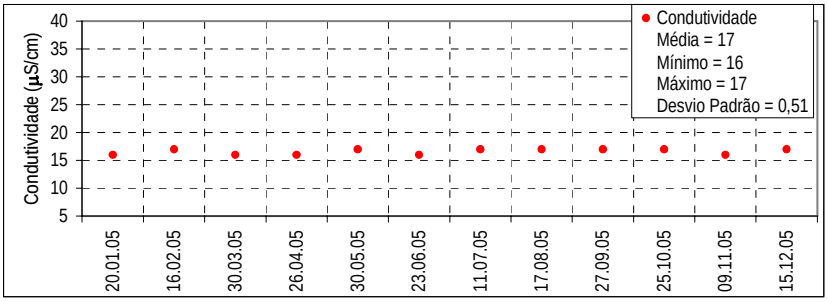


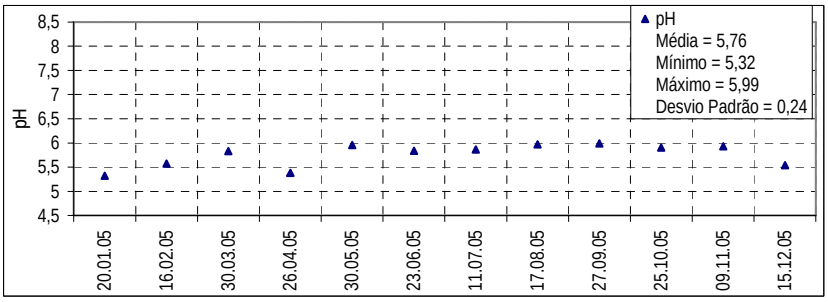


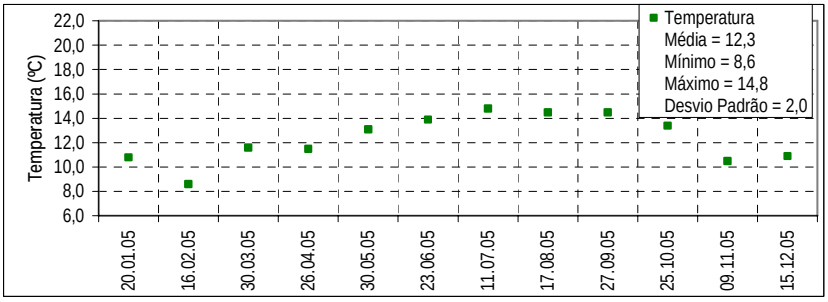


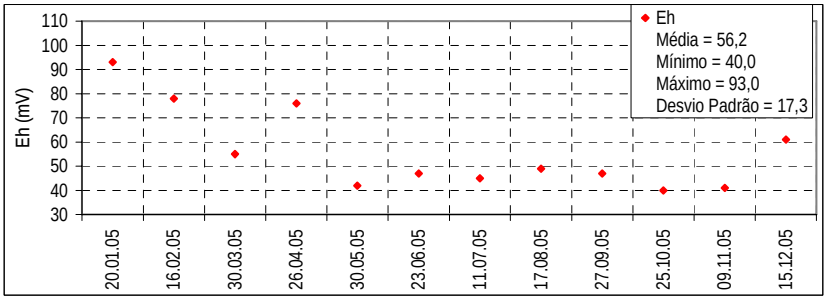
CAPTAÇÃO - AM4n



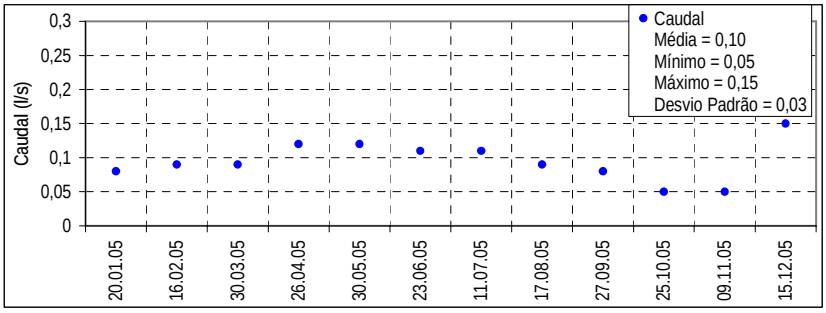


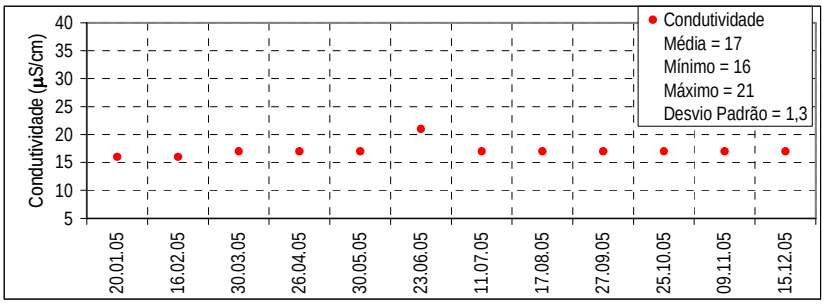


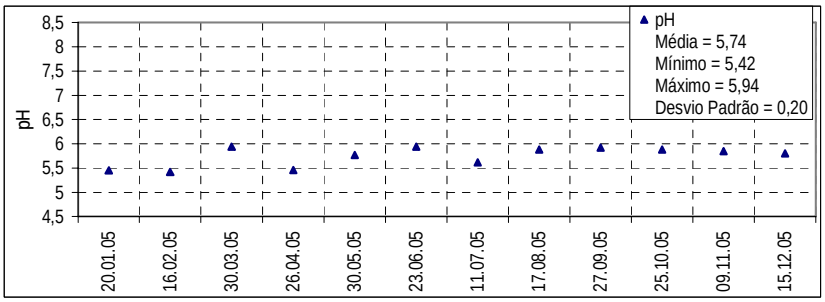


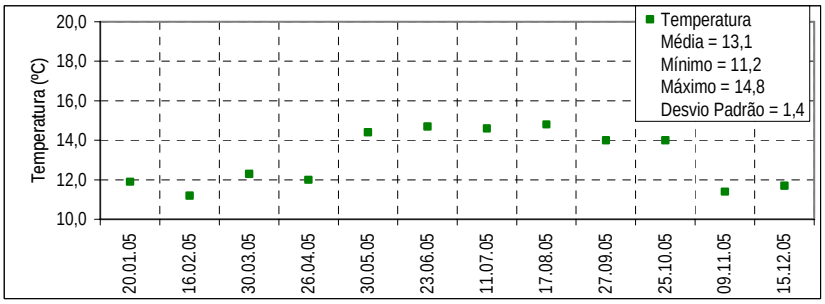


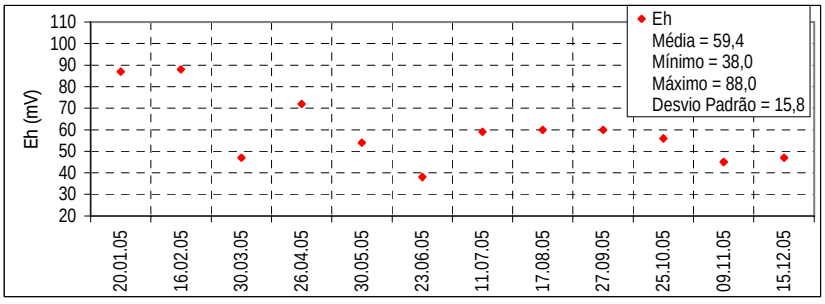
CAPTAÇÃO - AM5d



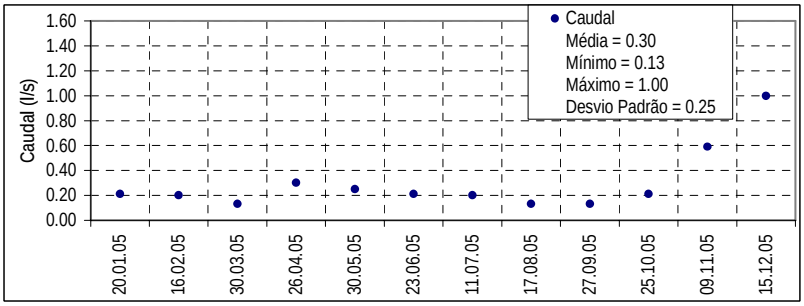


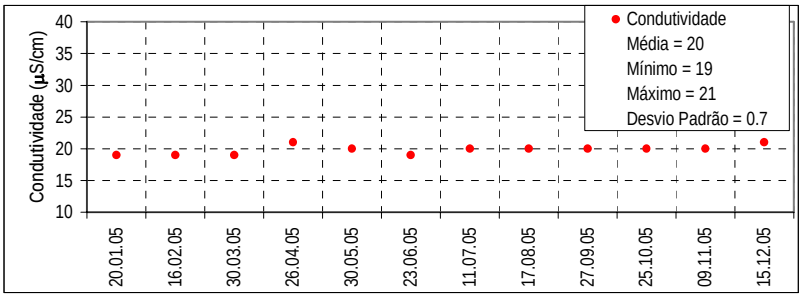


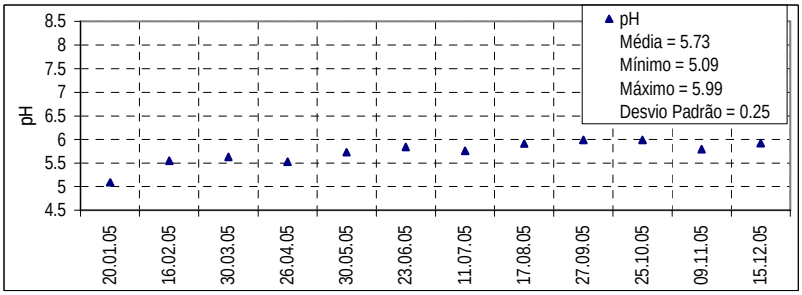


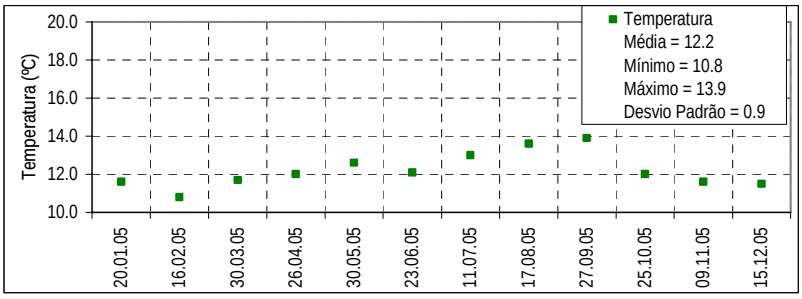


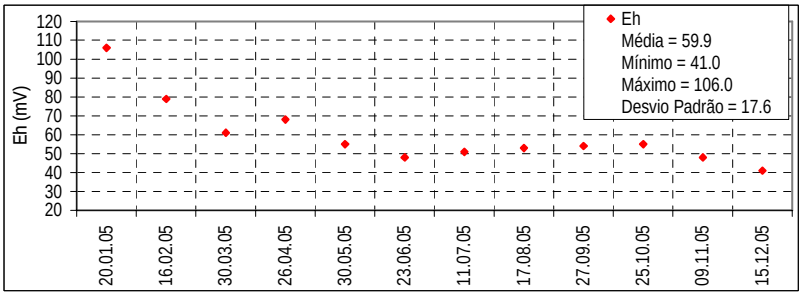
CAPTAÇÃO - AM6n



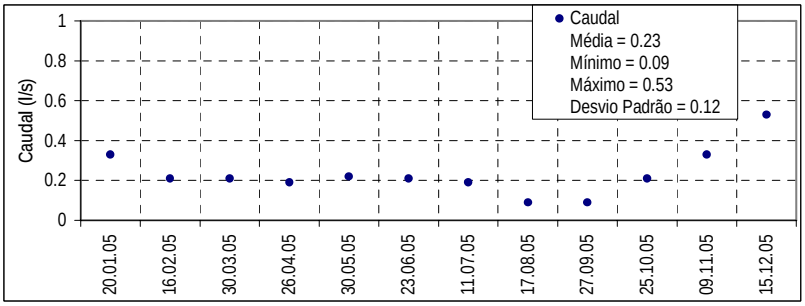


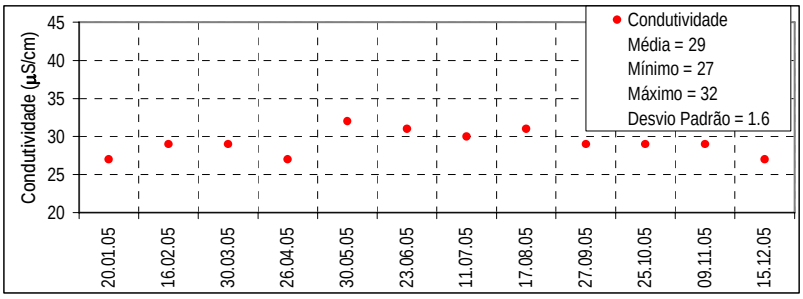


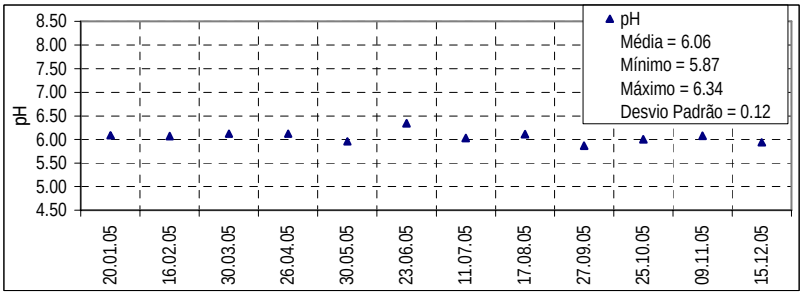


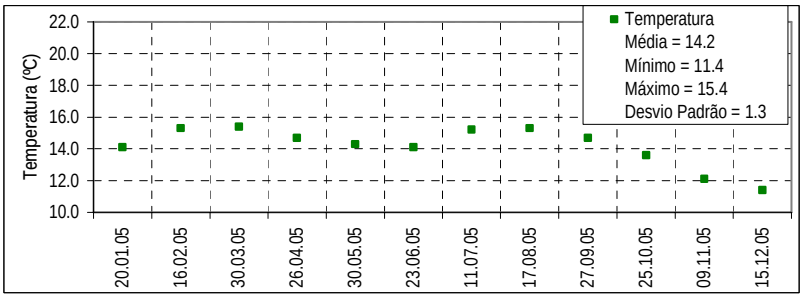


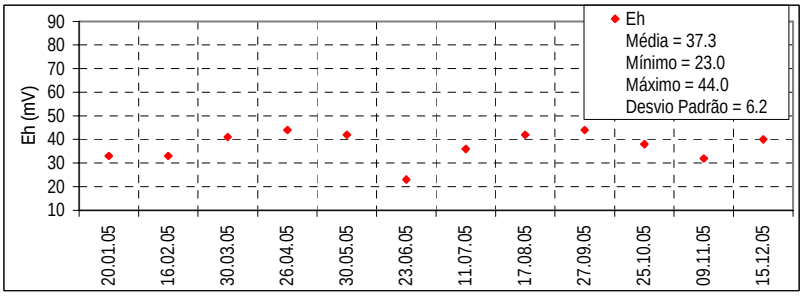
CAPTAÇÃO - AM7d



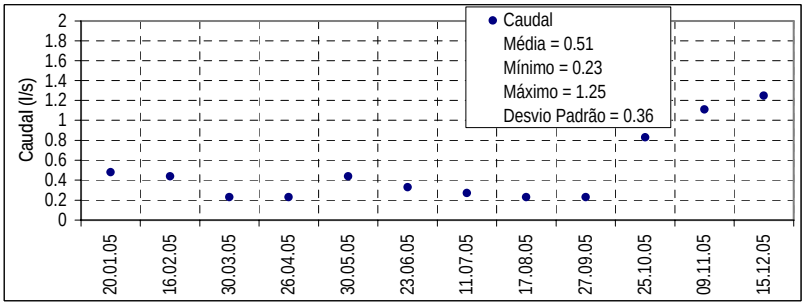


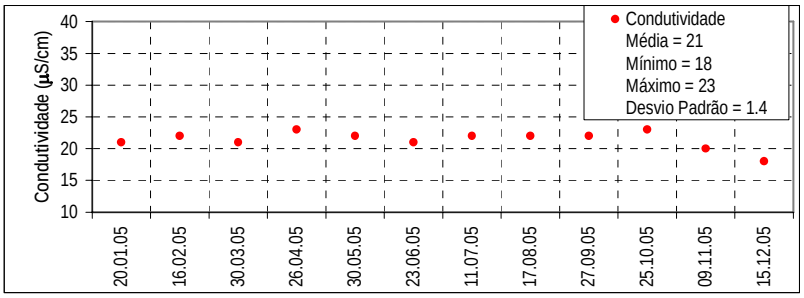


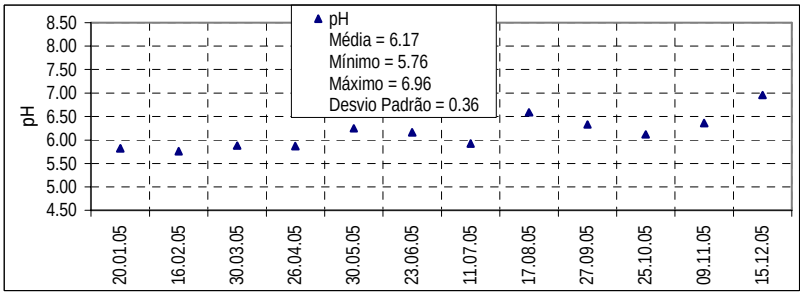


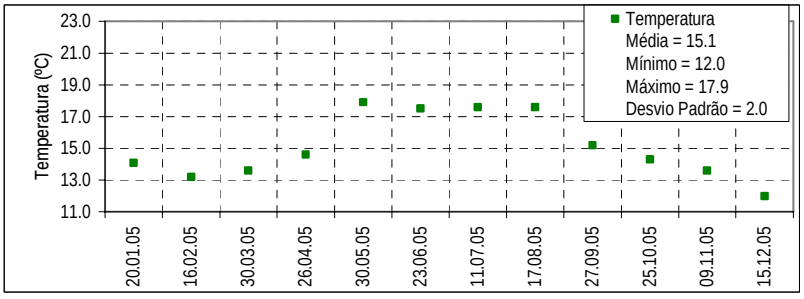


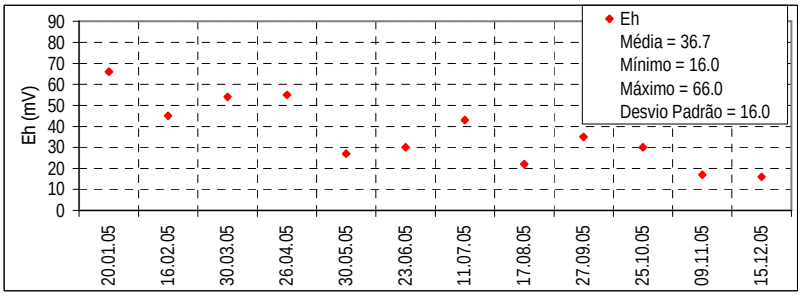
CAPTAÇÃO - AM8m



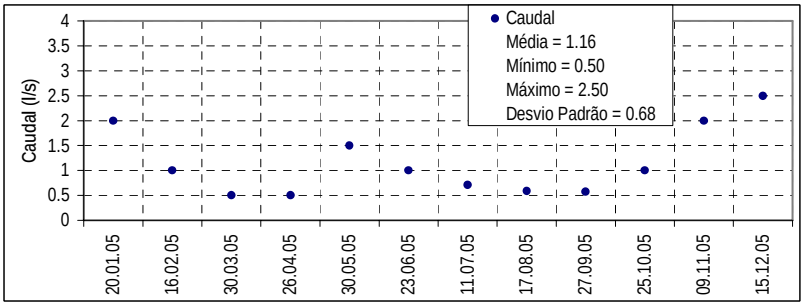


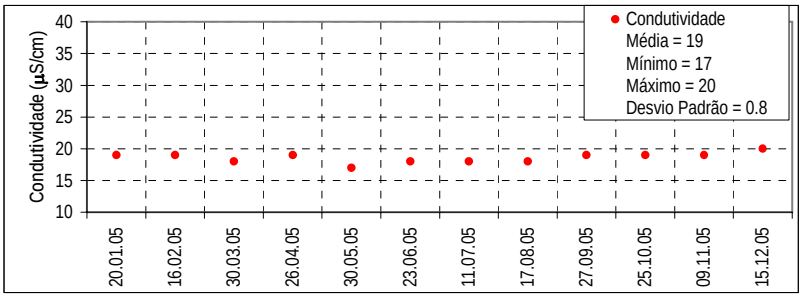


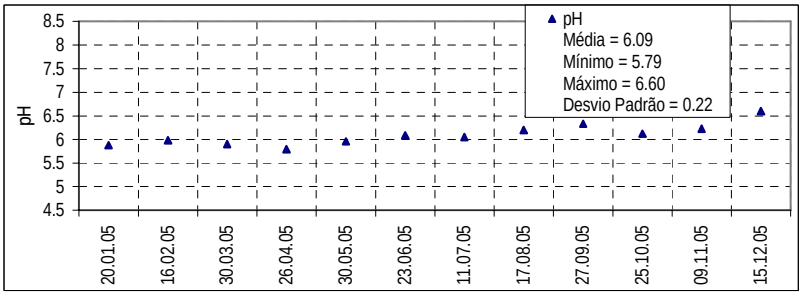


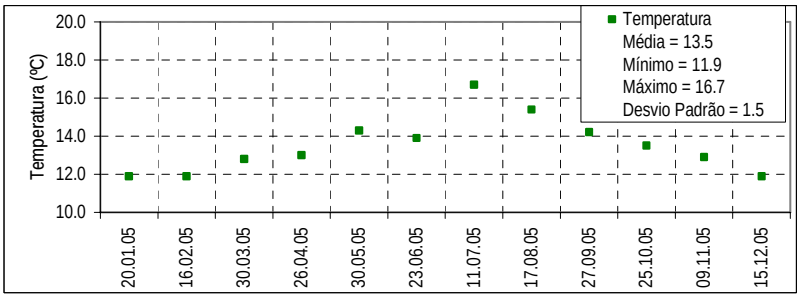


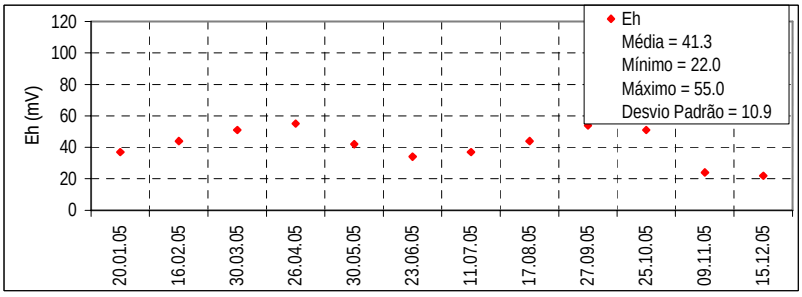
CAPTAÇÃO - AM9d



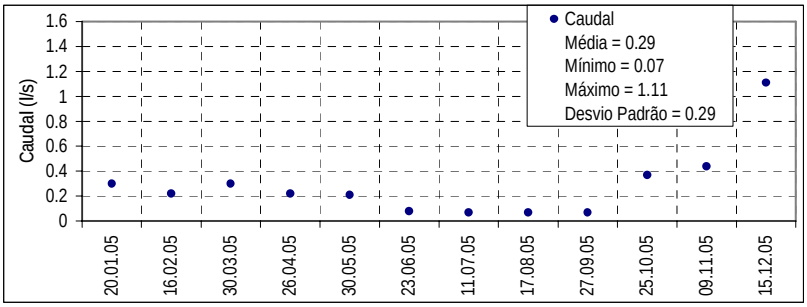


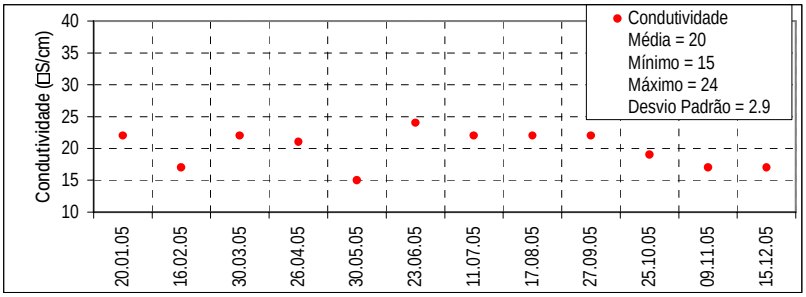


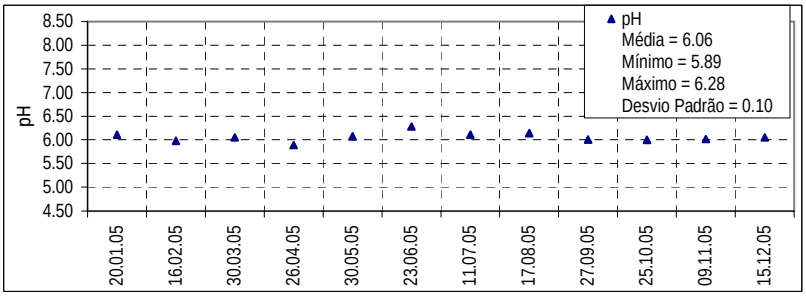


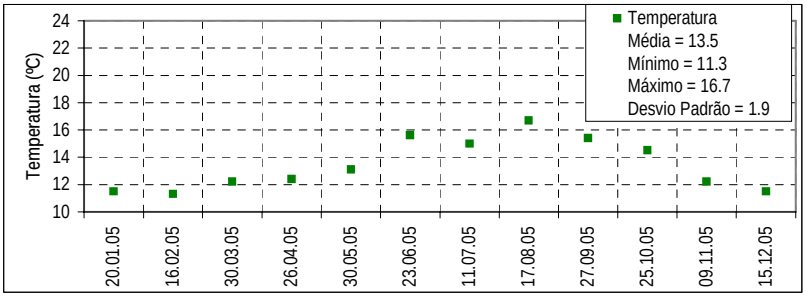


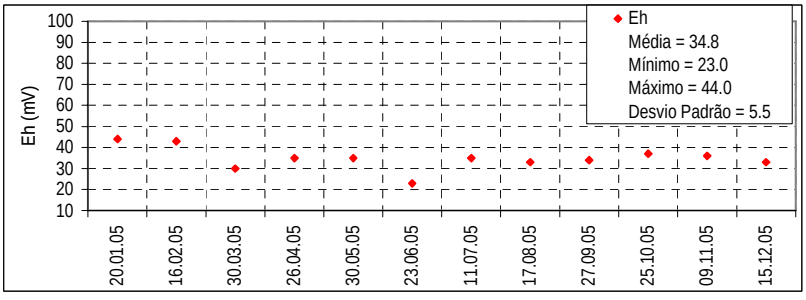
CAPTAÇÃO - AM10d



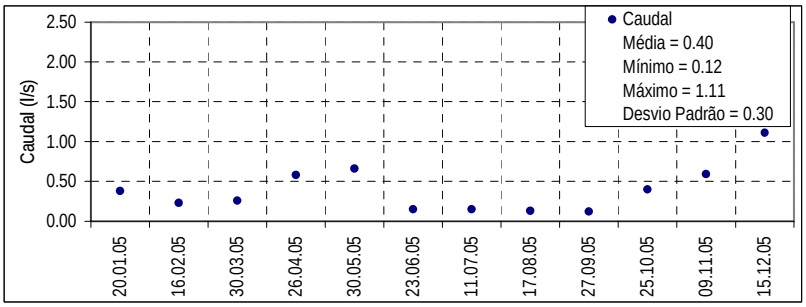


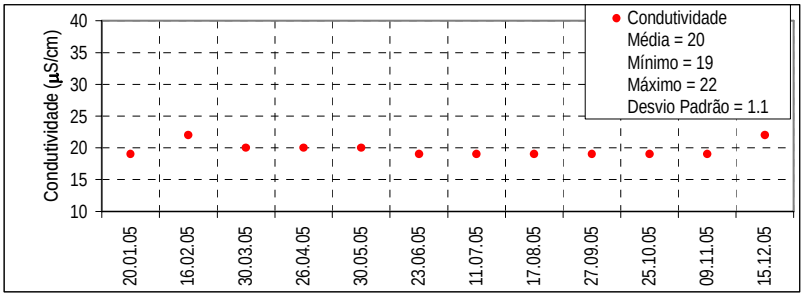


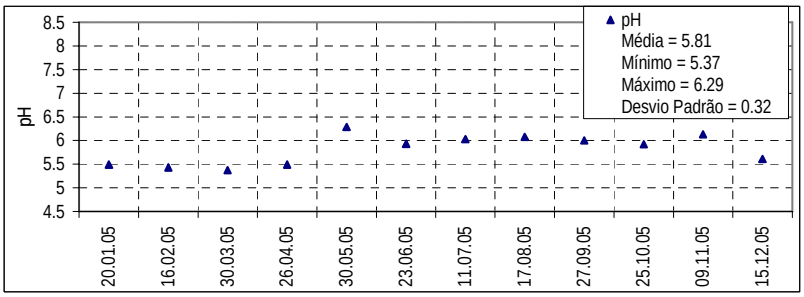


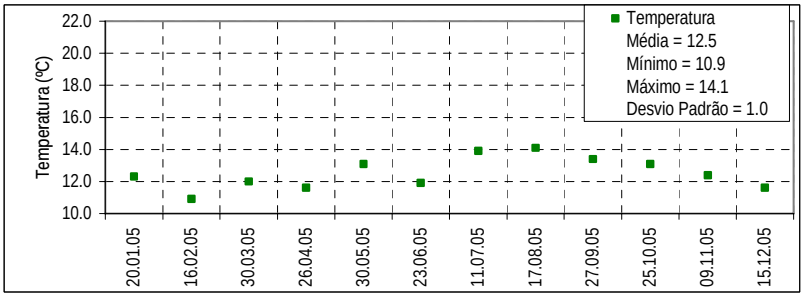


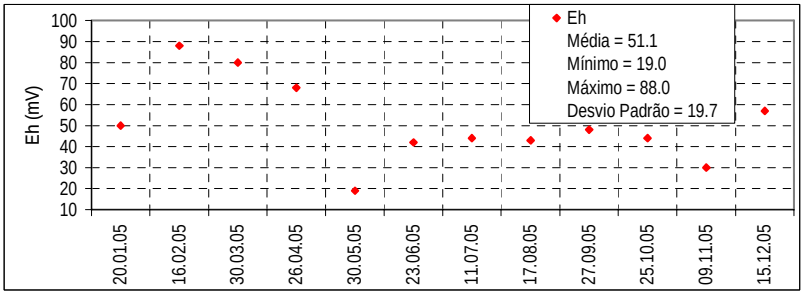
CAPTAÇÃO - AM11d



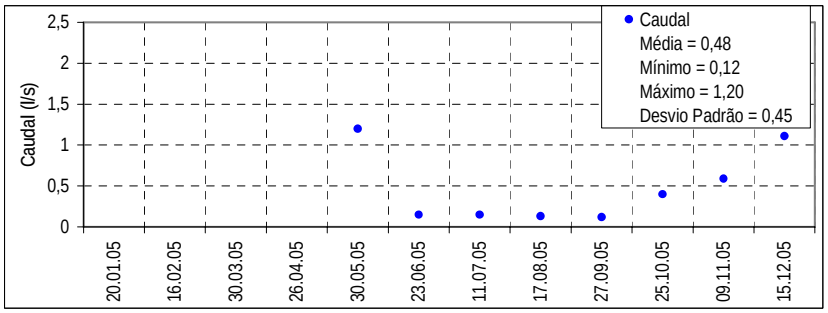


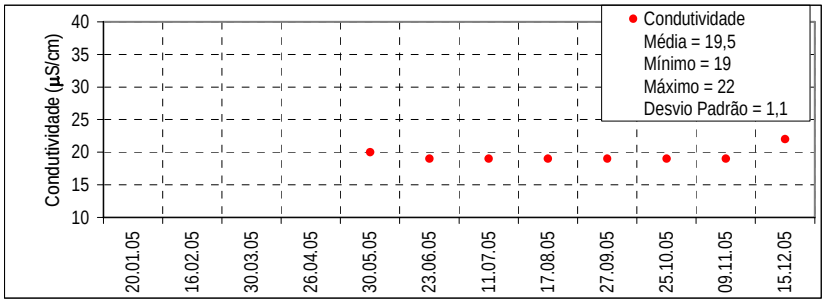


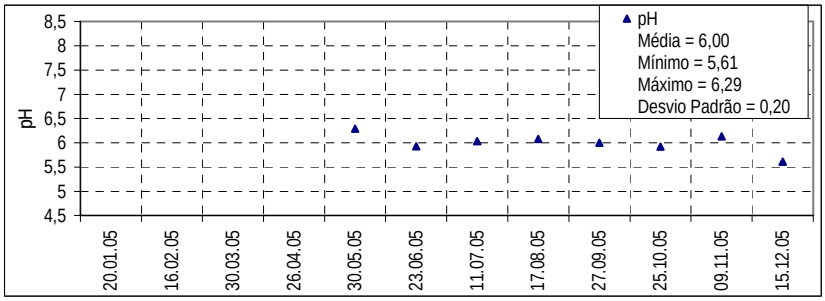


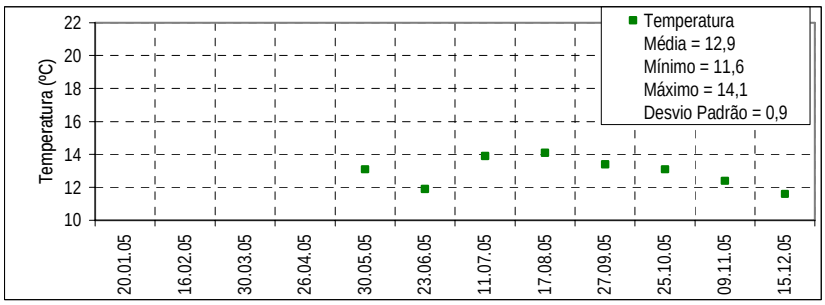


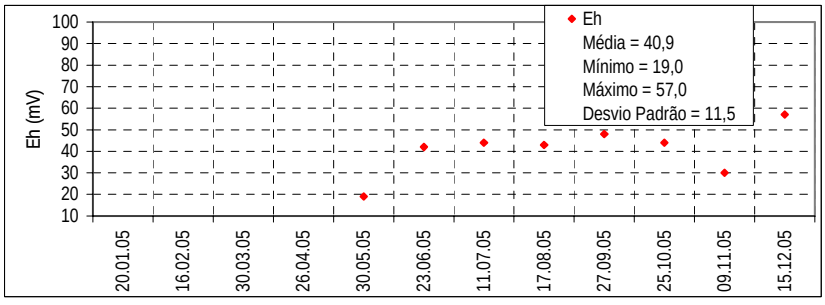
CAPTAÇÃO - AM11d







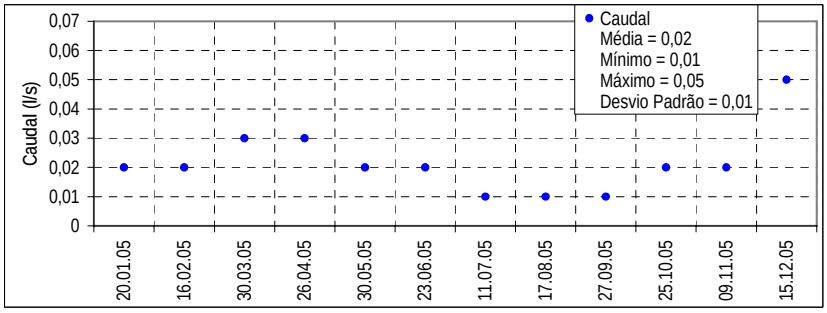


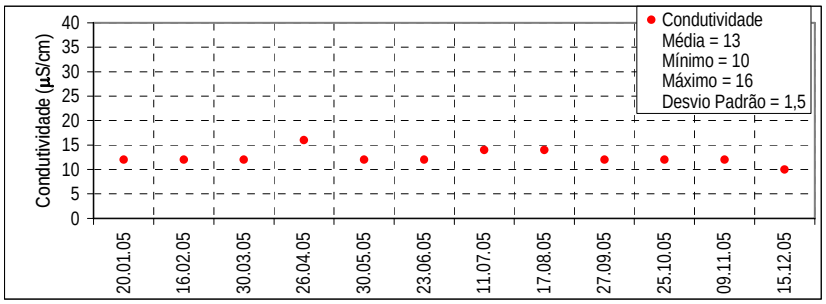


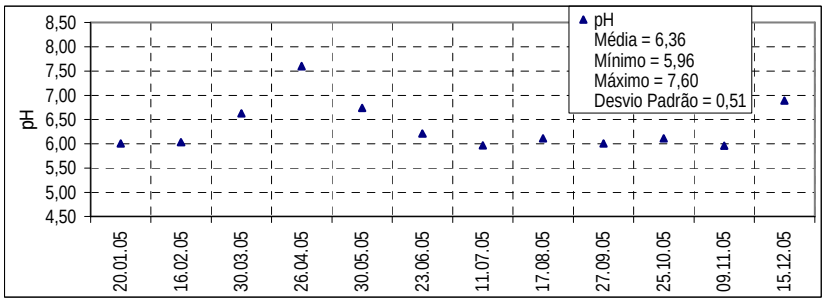
Nota: a monitorização começou a ser efectuada a partir do dia 30.05.05.

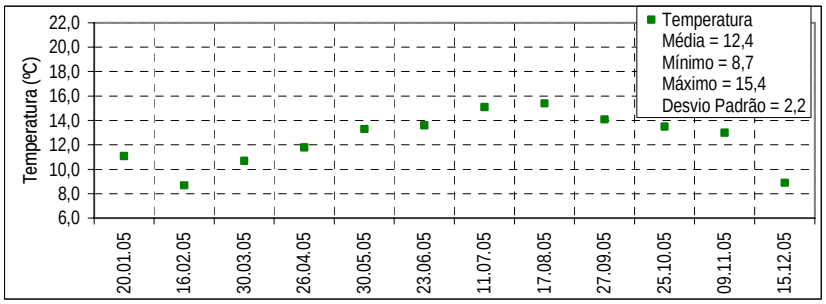
CX

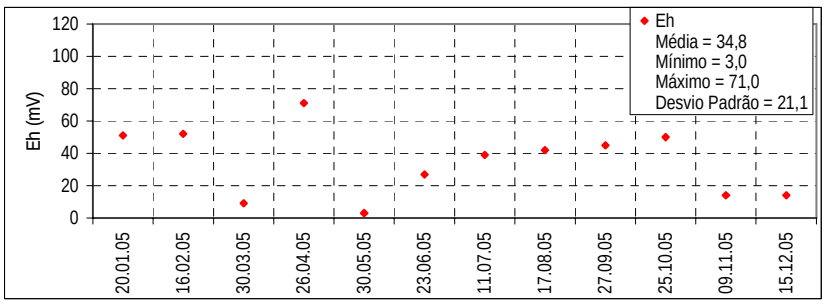
CAPTAÇÃO - AM12n



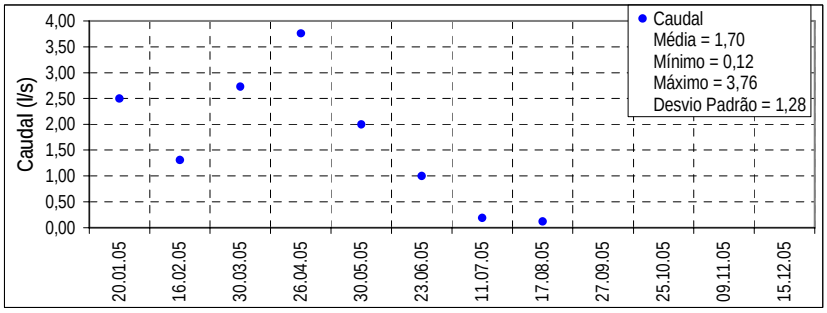


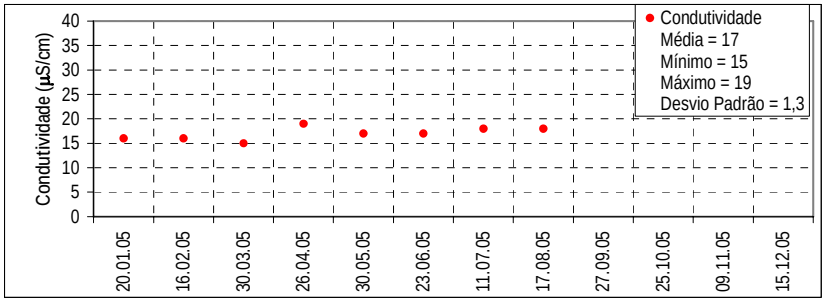


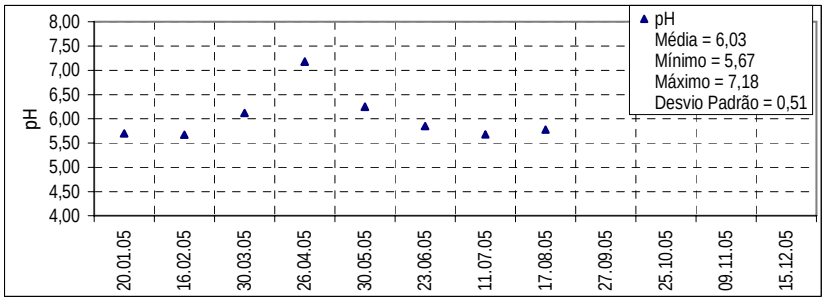


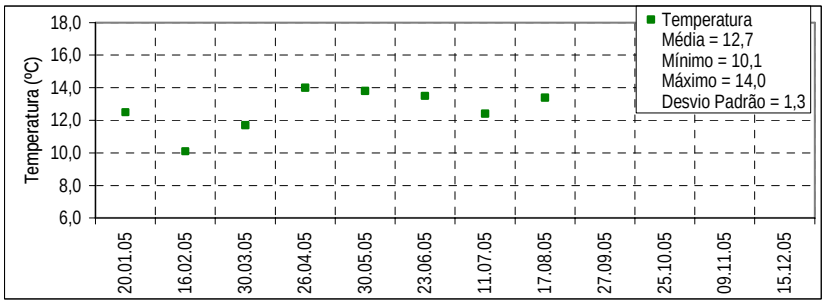


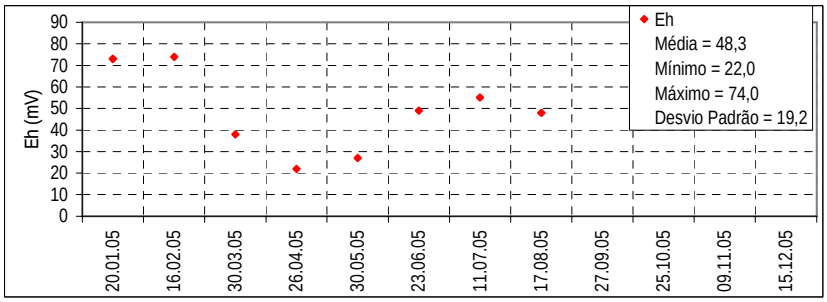
CAPTAÇÃO - AM13d



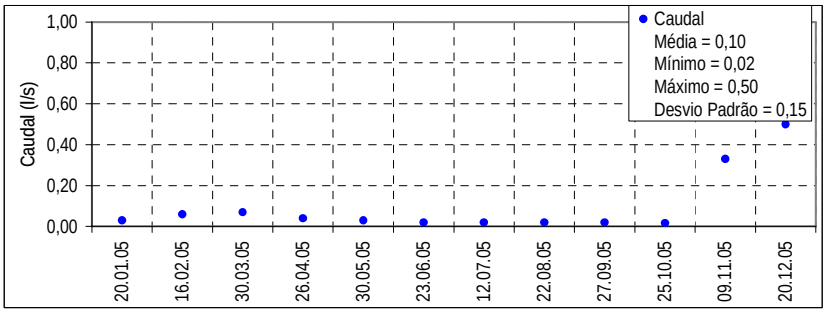


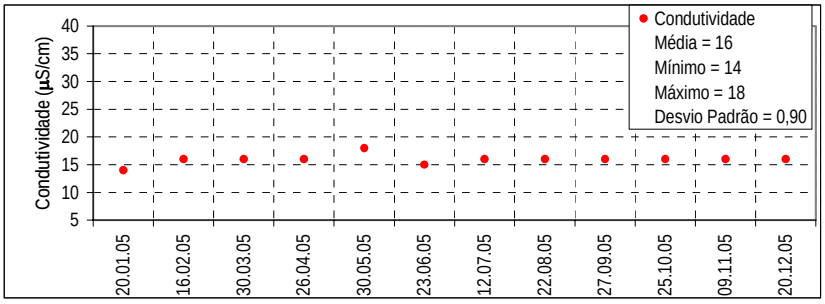


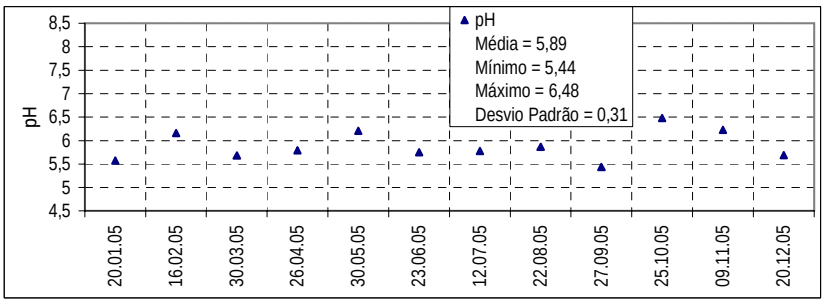


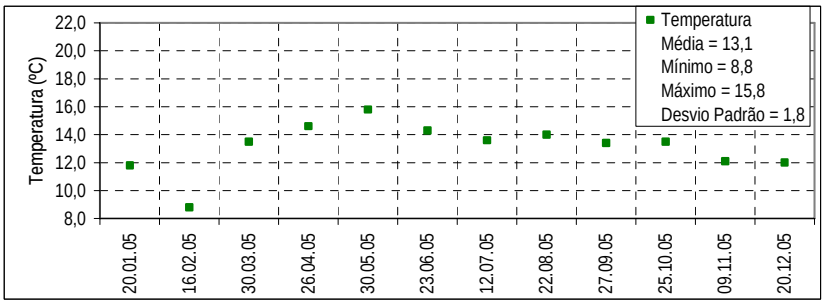


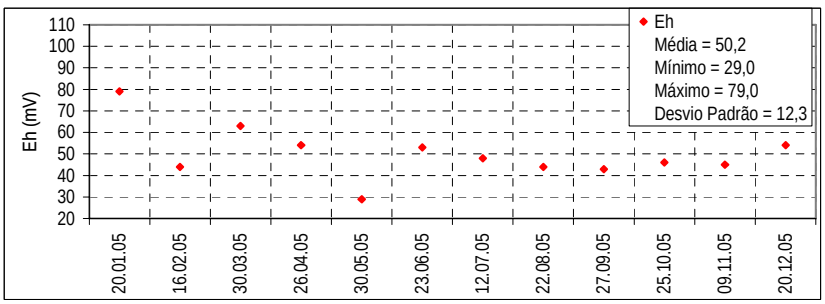
CAPTAÇÃO - VC1m



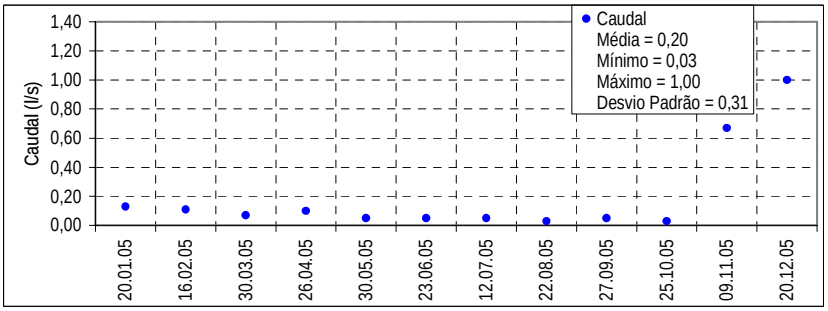


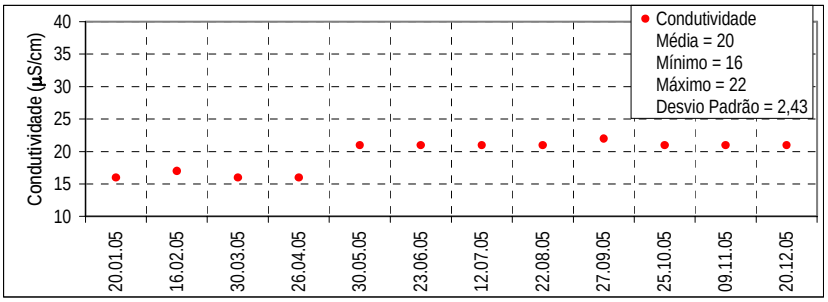


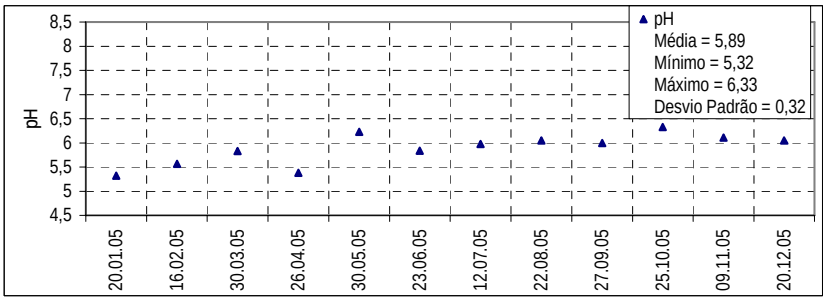


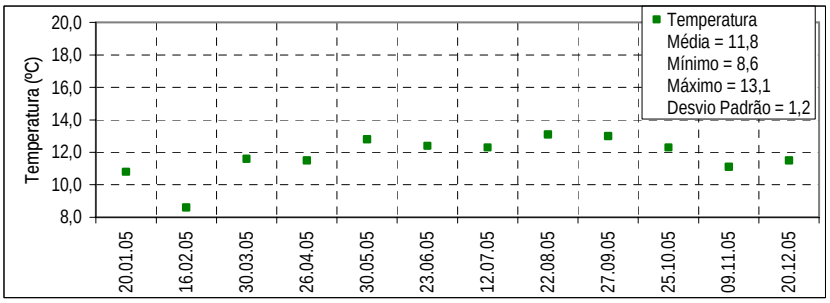


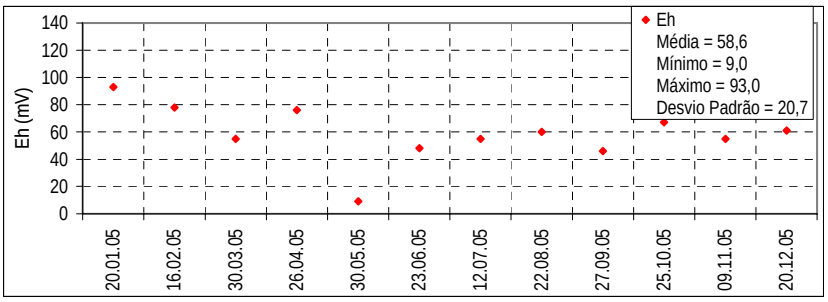
CAPTAÇÃO - VC2m



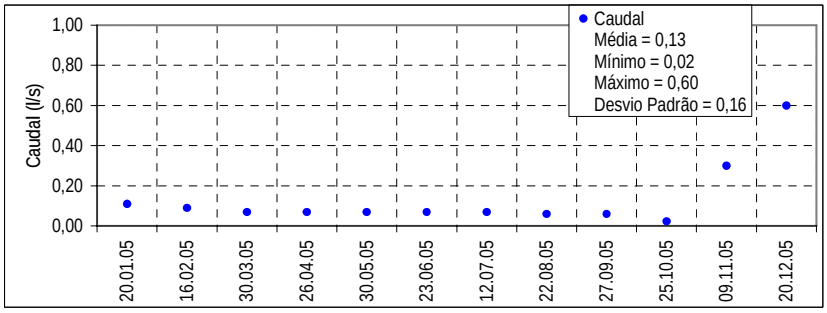


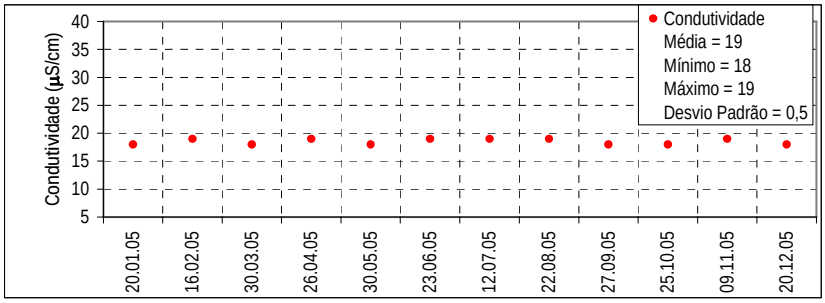


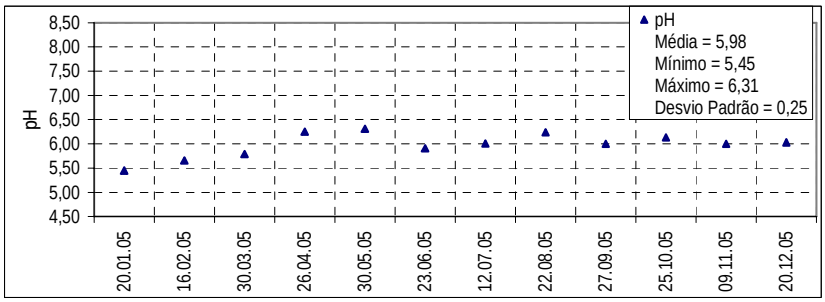


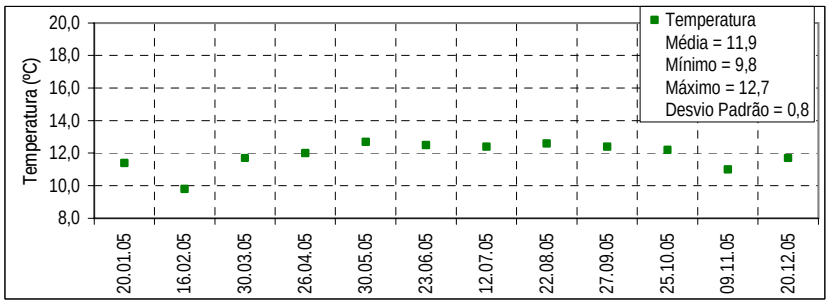


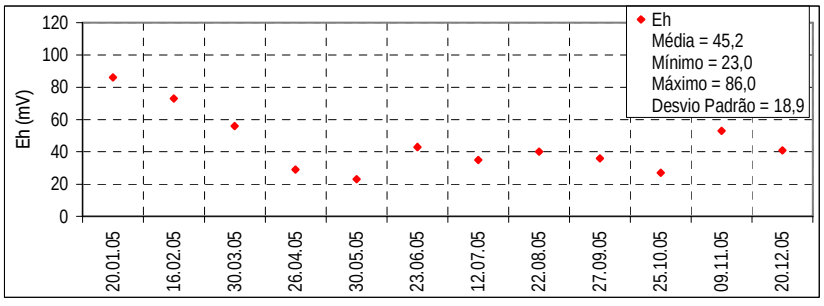
CAPTAÇÃO - VC3m



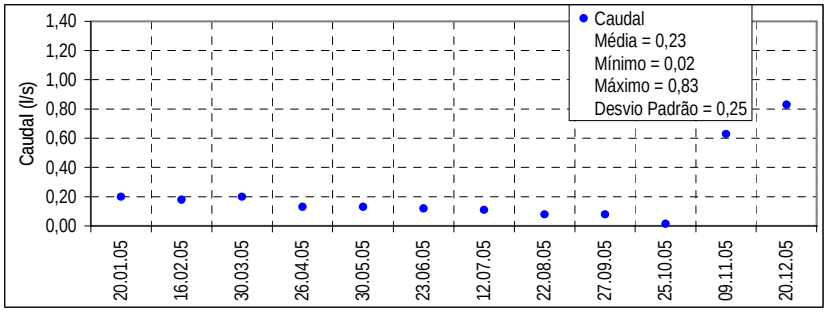


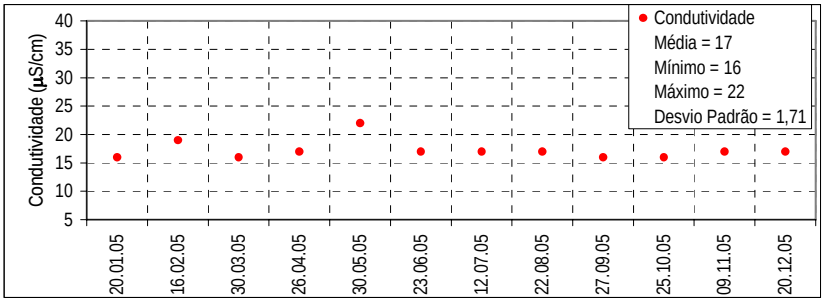


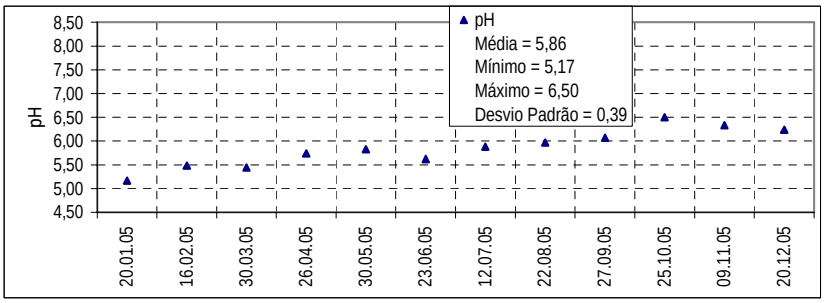


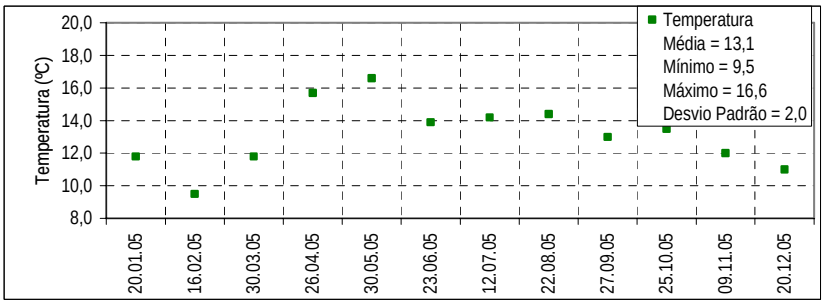


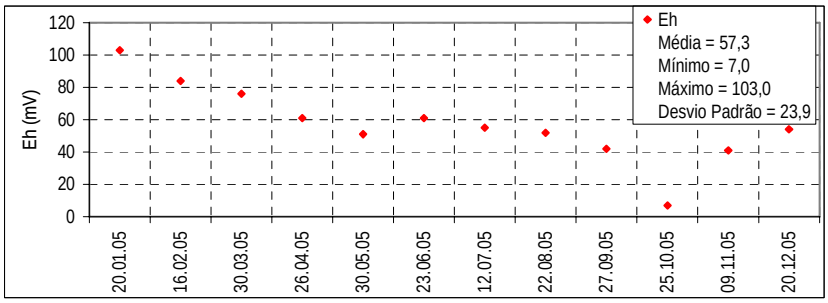
CAPTAÇÃO - VC4m



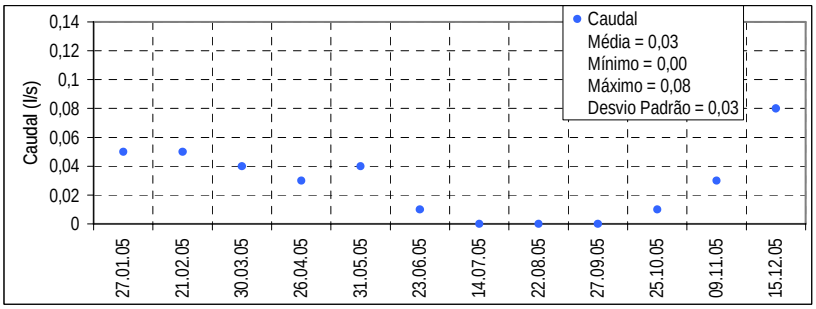


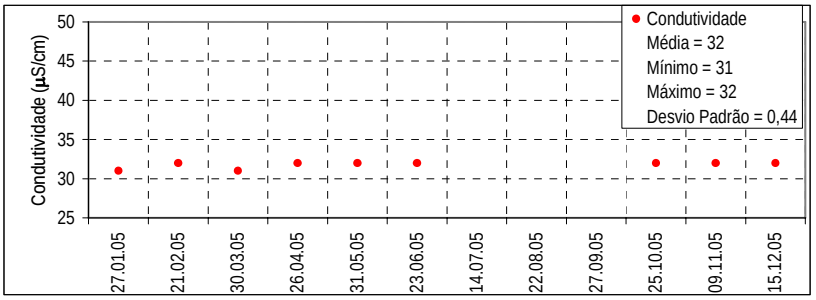


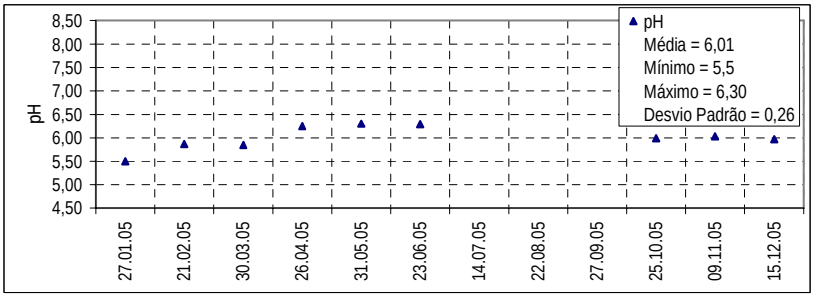


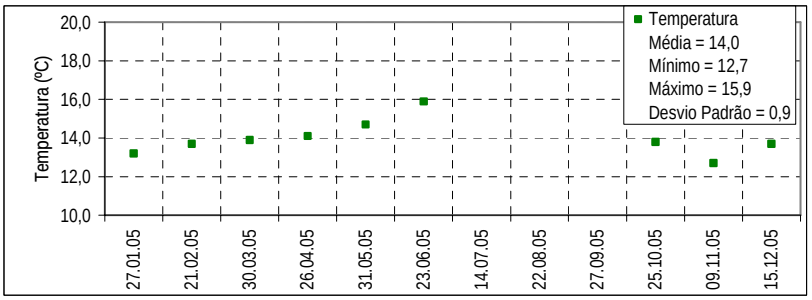


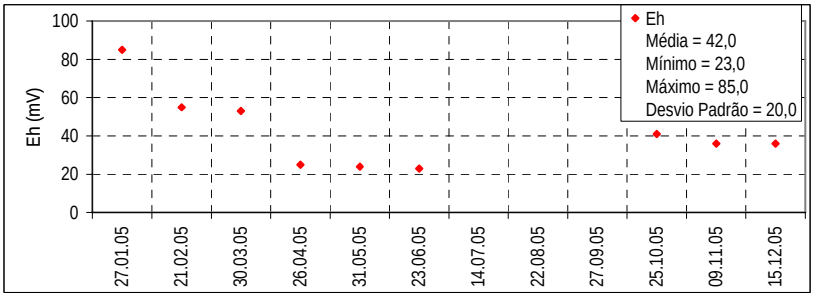
CAPTAÇÃO - T1n





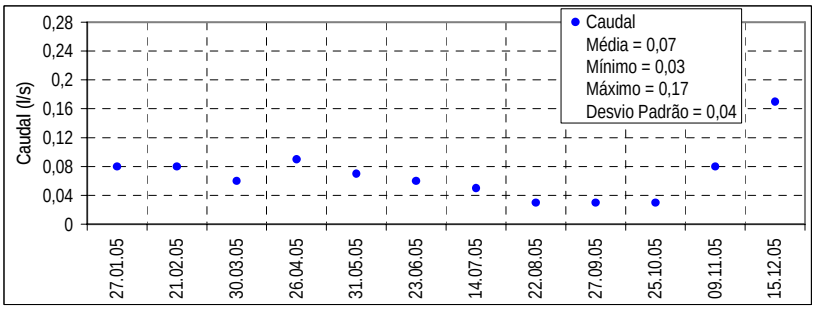


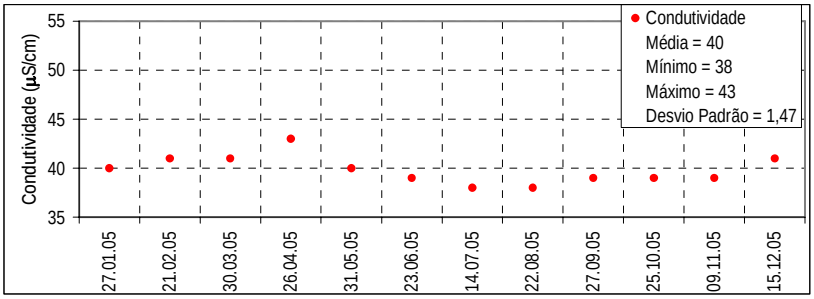


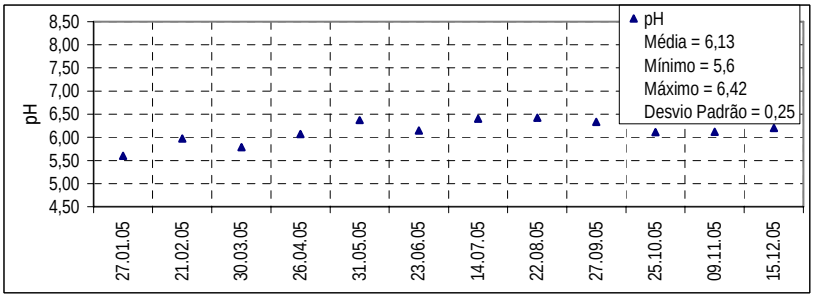


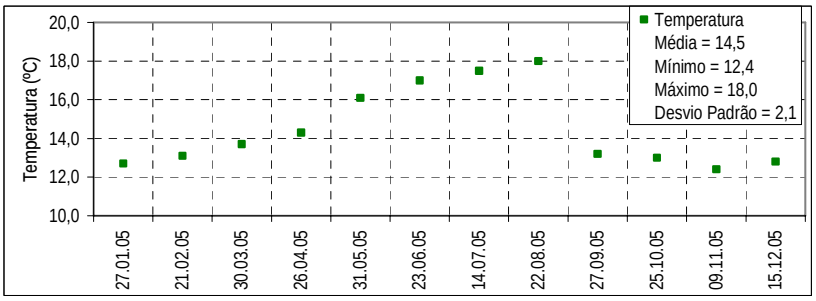
Nota: a captação nos dias 14.07., 22.08 e 27.09. apresentava-se seca.

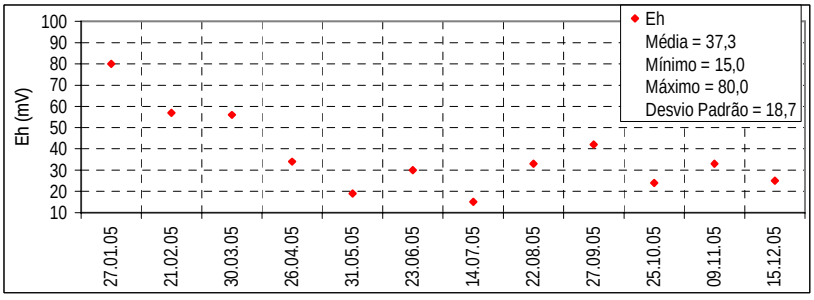
CAPTAÇÃO - T2d



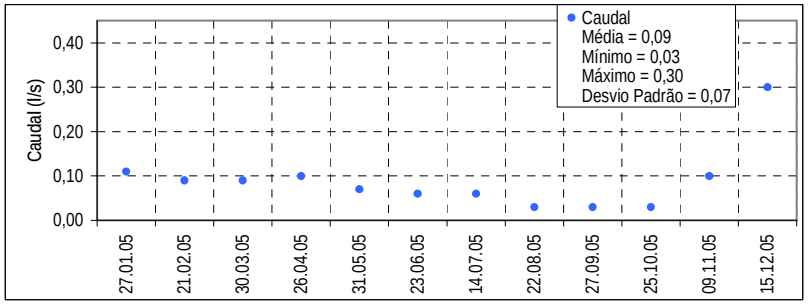


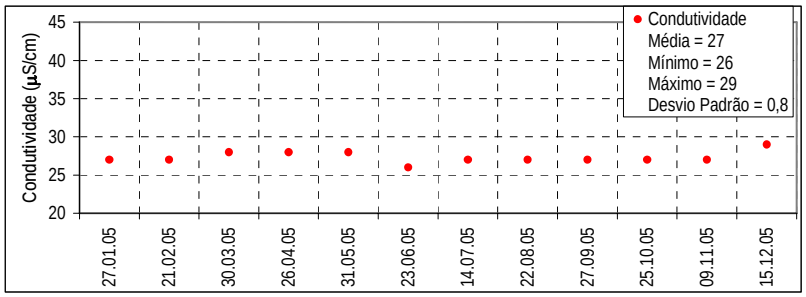


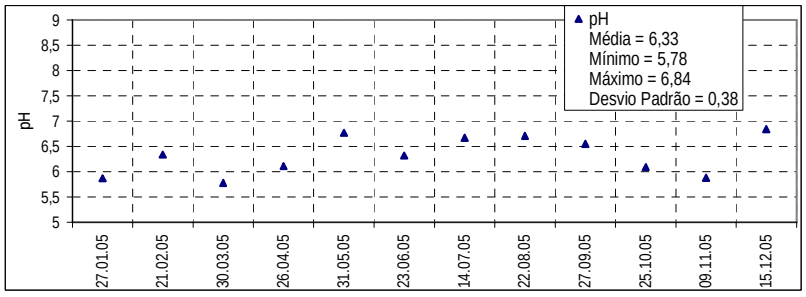


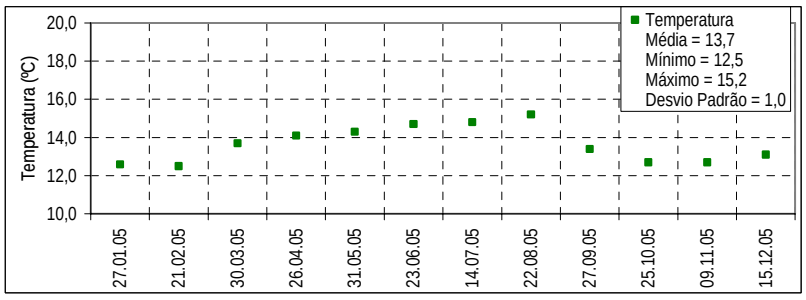


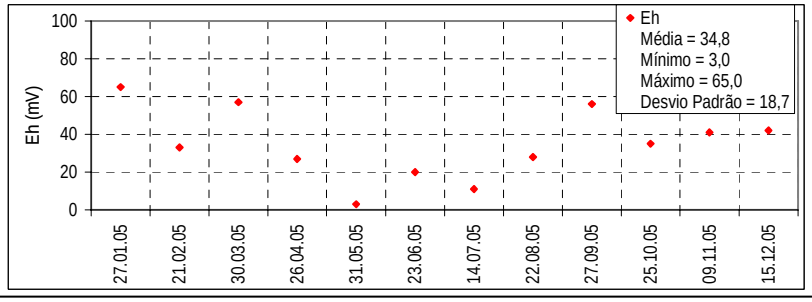
CAPTAÇÃO - T4d



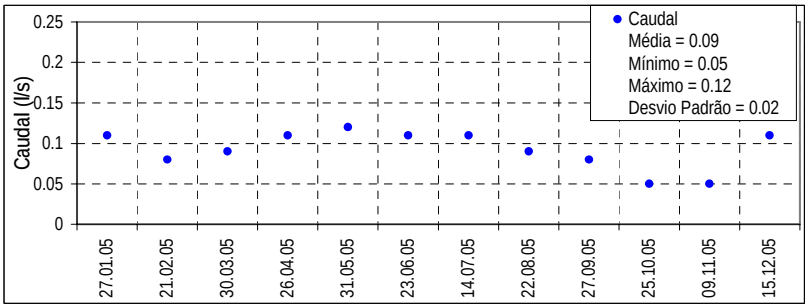


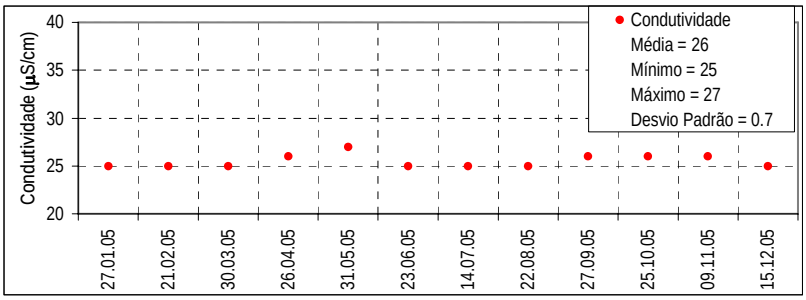


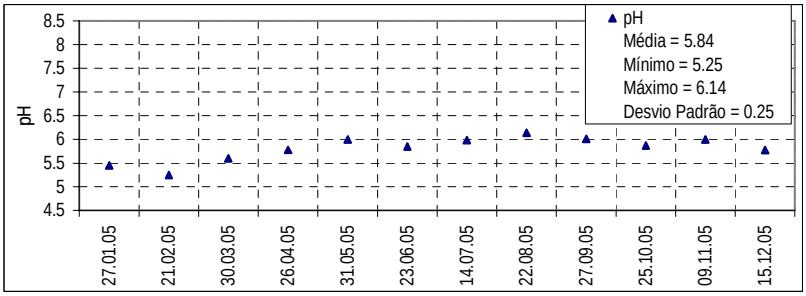


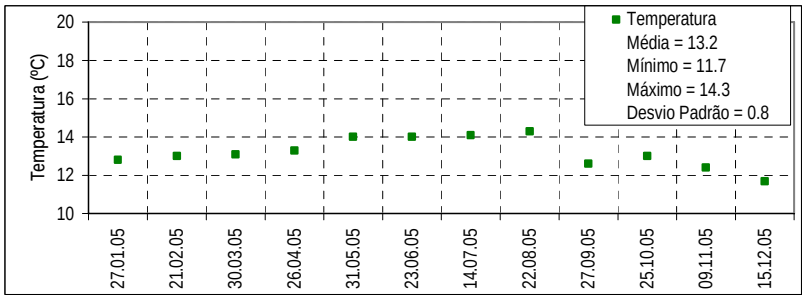


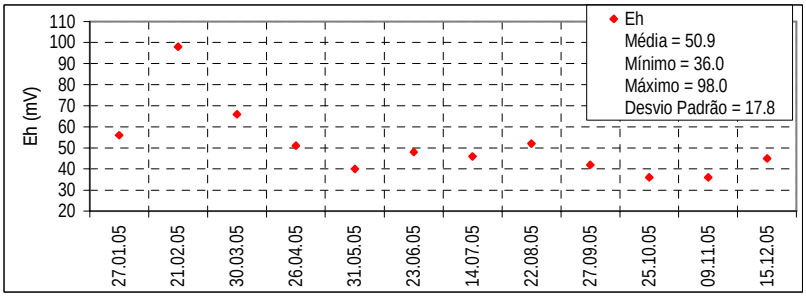
CAPTAÇÃO - T5n



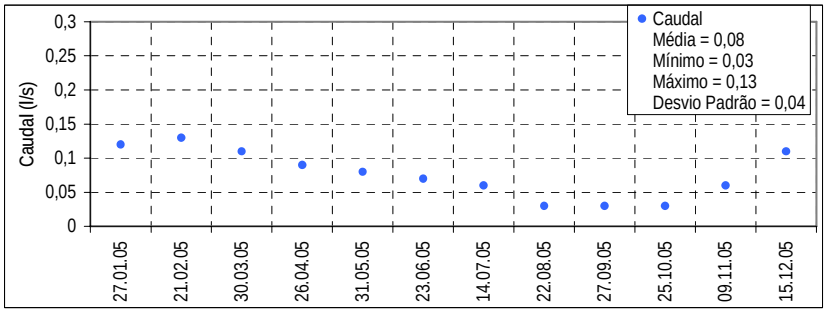


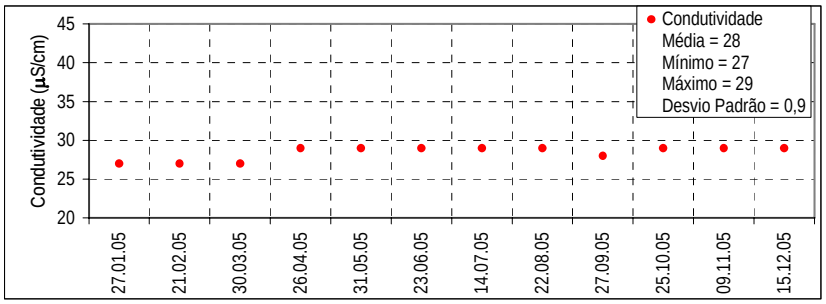


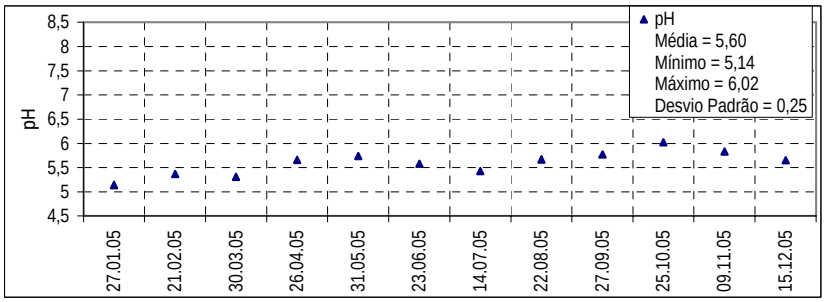


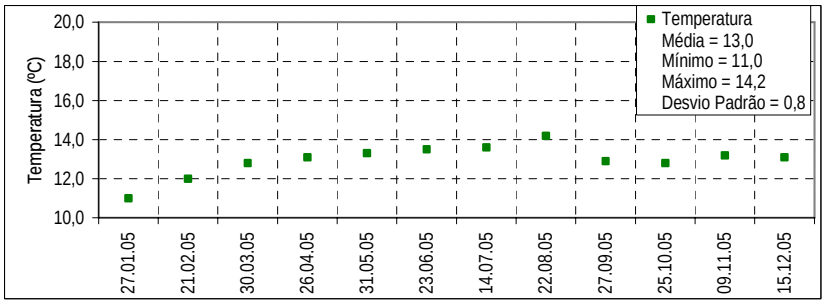


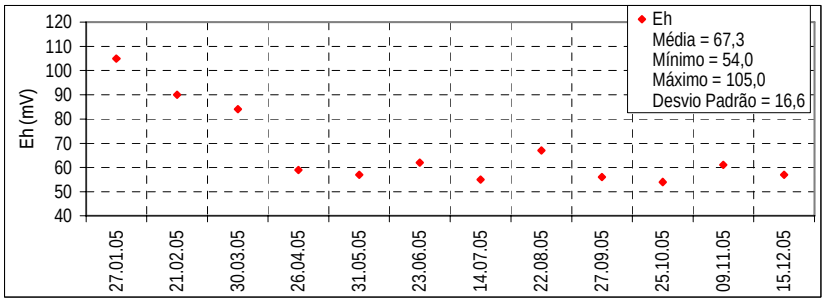
CAPTAÇÃO - T7n



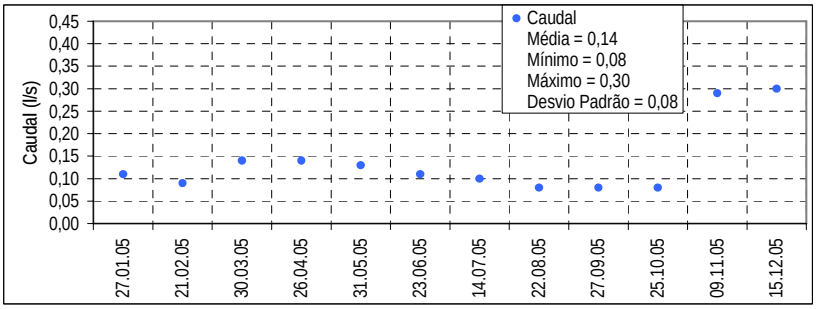


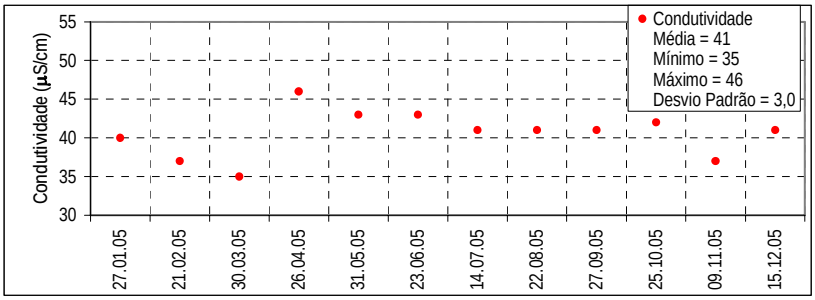


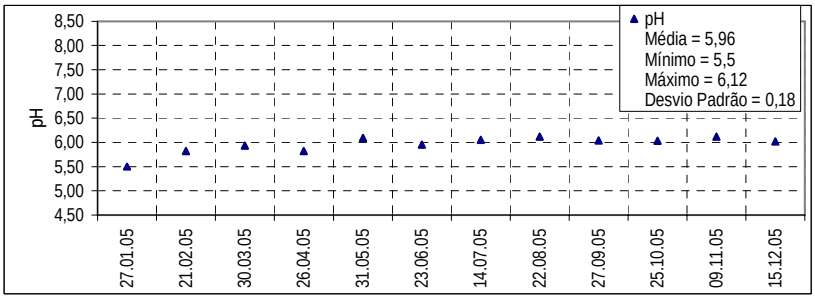


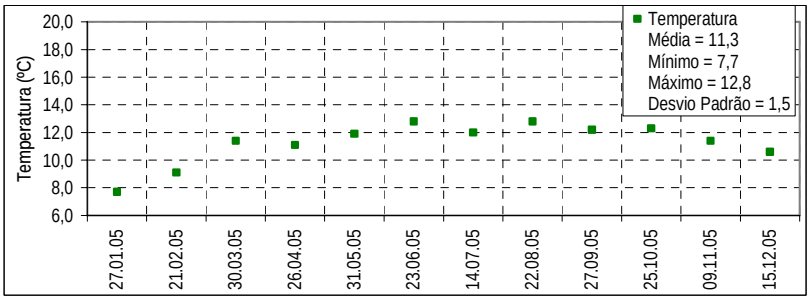


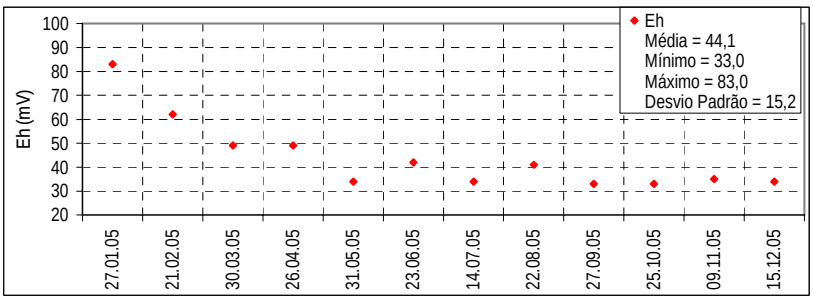
CAPTACÃO – T8f



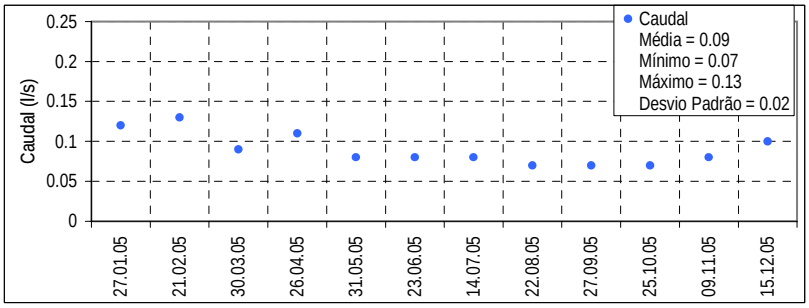


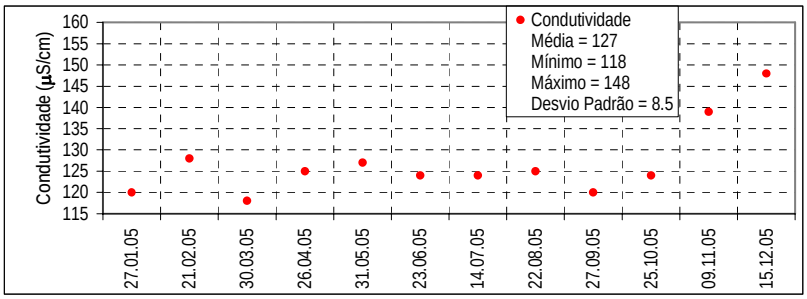


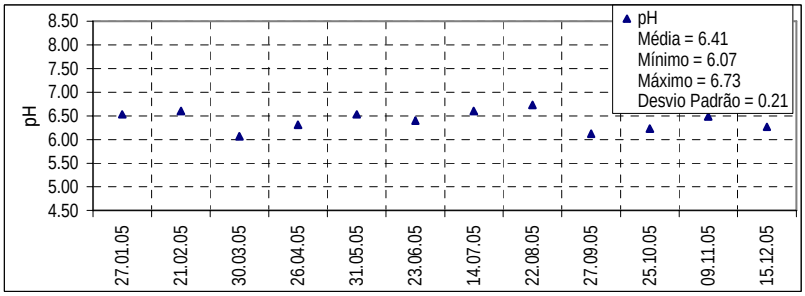


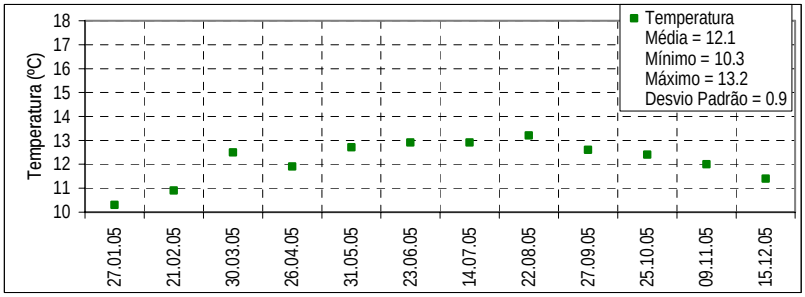


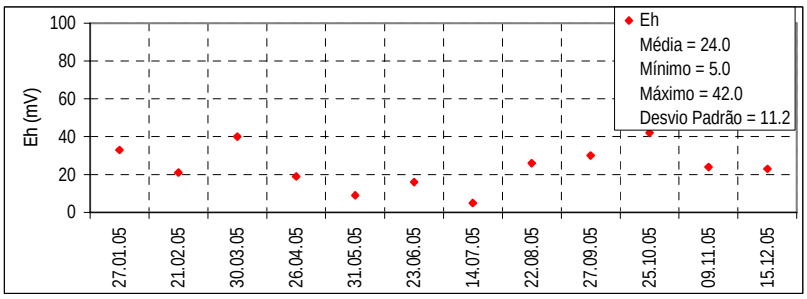
CAPTAÇÃO - T9f



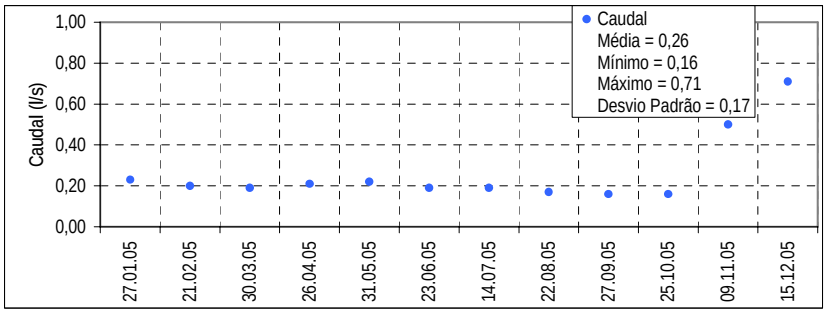


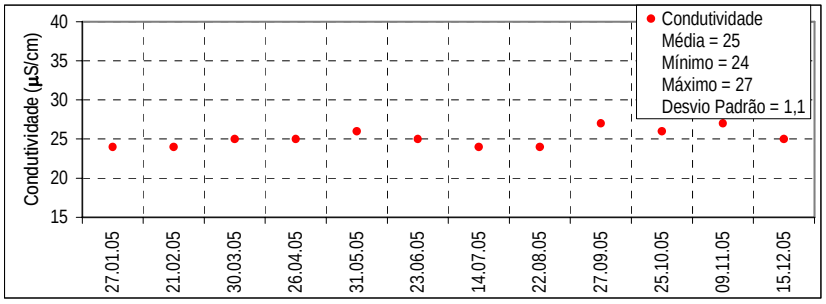


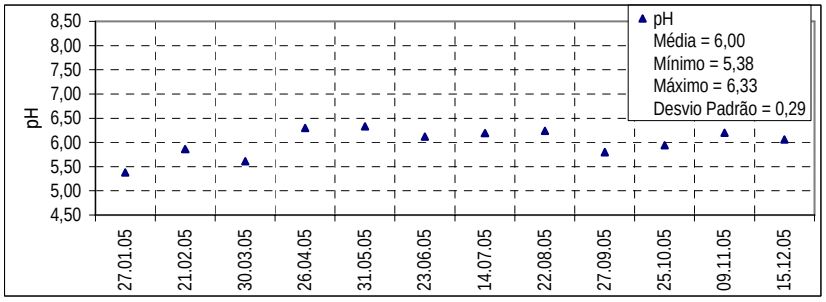


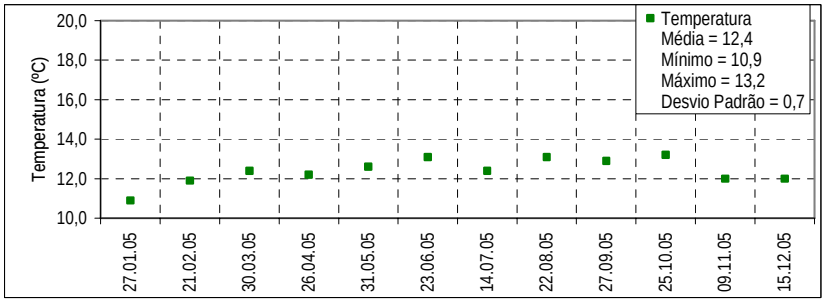


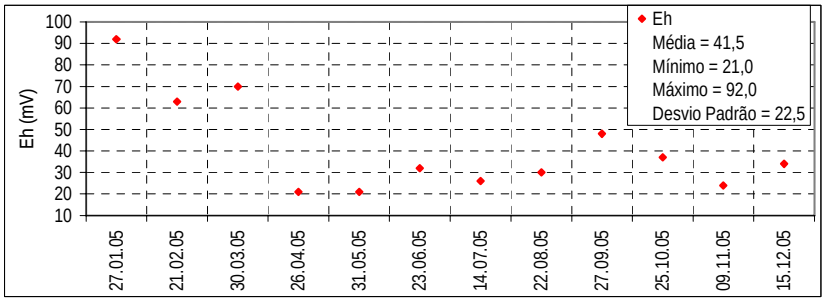
CAPTAÇÃO - T11m



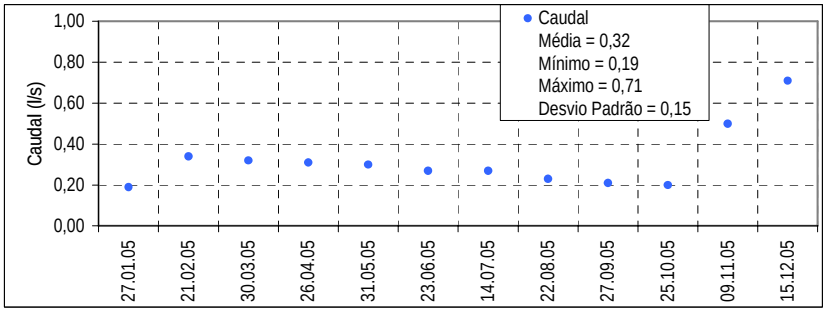


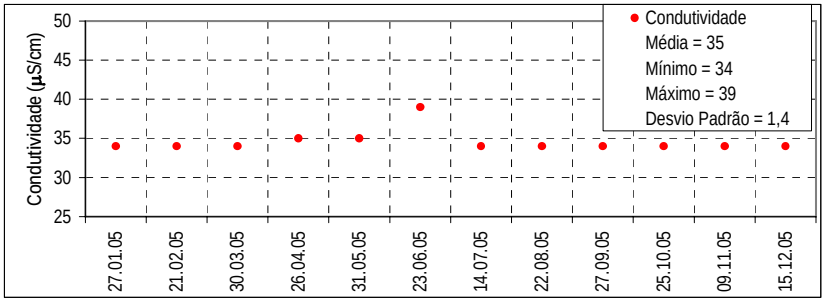


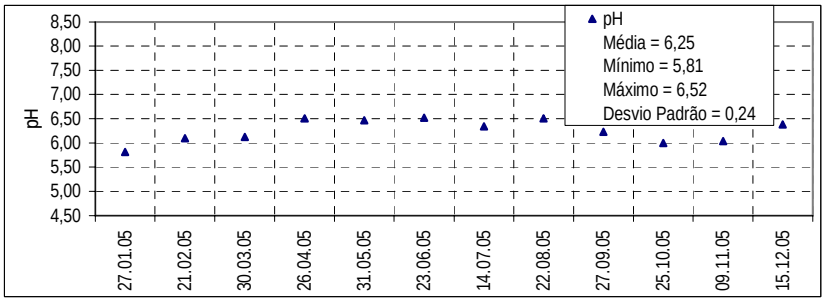


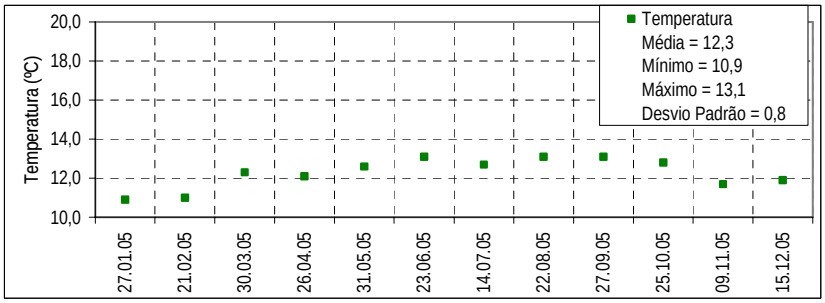


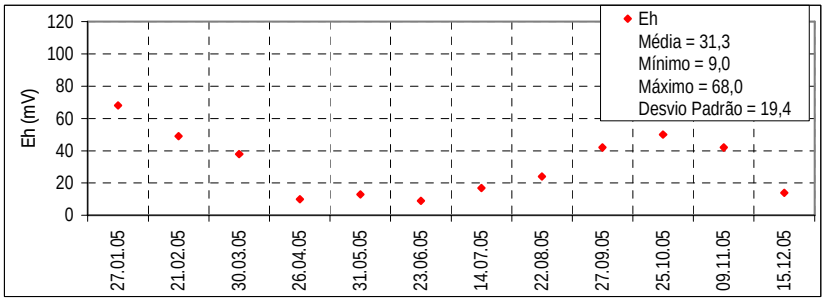
CAPTAÇÃO - T12m











CAPTAÇÃO - T13n

